



ΕΘΝΙΚΟΝ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ & ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

## ΦΥΣΙΚΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΒΟΙΩΤΙΚΟΥ ΑΣΩΠΟΥ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΥΔΑΤΙΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗ ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΚΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ



**Διπλωματική Εργασία Ειδίκευσης**

**ΝΙΚΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ**

**ΑΘΗΝΑ 2014**



ΕΘΝΙΚΟΝ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ & ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

**ΦΥΣΙΚΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ  
ΒΟΙΩΤΙΚΟΥ ΑΣΩΠΟΥ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΥΔΑΤΙΝΗ  
ΑΠΟΡΡΟΗ ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΚΑΙ ΜΕ ΤΗΝ  
ΑΛΛΑΓΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ**

**Διπλωματική Εργασία Ειδίκευσης**

**ΝΙΚΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ**

**Τριμελής Επιτροπή**

**Αναπλ. Καθηγητής Σ.Ε. Πούλος (επιβλέπων)**

**Καθηγητής Θ. Γκουρνέλος**

**Καθηγητής Π. Νάστος**

**ΑΘΗΝΑ 2014**

## Πρόλογος

Στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Του Τμήματος Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος και ειδικότερα στην ειδίκευση Γεωγραφία και Περιβάλλον του οποίου την ευθύνη έχει ο Τομέας Γεωγραφίας και Κλιματολογίας, υλοποίησα την παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Φυσικογεωγραφική μελέτη της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού με έμφαση στην υδάτινη απορροή και στερεοπαροχή σε σχέση και με την αλλαγή του κλίματος», η οποία μου ανατέθηκε από τον Αναπληρωτή Καθηγητή Σ.Ε. Πούλο. Δράττοντας της ευκαρίας, θα ήθελα να του εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες για την αμέριστη συμπαράσταση, τη διαρκή καθοδήγηση και στήριξη στα επιμέρους στάδια της εργασίας, ώστε να παρουσιαστεί άρτια, ολοκληρωμένη και γεμάτη χρήσιμα συμπεράσματα για τη βιωσιμότητα του φυσικού συστήματος που εξετάστηκε.

## Ευχαριστίες

Η ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας δε θα ήταν δυνατή χωρίς τη βοήθεια του Αναπληρωτή Καθηγητή Σεραφείμ Πούλου και του Καθηγητή Παναγιώτη Νάστου, οι οποίοι τόσο με την παροχή στοιχείων όσο και με τις συνεχείς παρατηρήσεις τους, συνέβαλαν καθοριστικά στην αρτιότητα της εργασίας. Επίσης, ευχαριστώ τον Καθηγητή Θεόδωρο Γκουρνέλο τόσο για την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε στην κατανόηση και αφομοίωση χρήσιμων φυσικογεωγραφικών εννοιών, όσο και για την συμμετοχή του στο τελικό στάδιο της εργασίας αυτής. Επίσης, ευχαριστώ την Καθηγήτρια Καλλιόπη Γάκη-Παπαναστασίου για την βοήθεια της στα αρχικά στάδια της εργασίας, την βιβλιογραφική και ηθική της υποστήριξη, τον Καθηγητή Χαμπίκ Μαρουκιάν για την διάθεση που επέδειξε και το χρόνο που αφιέρωσε και ιδιαίτερα σε θέματα εύρεσης βιβλιογραφίας. Επίσης, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην Δρ. Φωτεινή Μπότσου για την πολύτιμη βοήθειά της στην συλλογή στοιχείων για την περιοχή μελέτης.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου, που με τον τρόπο τους, με στήριξαν όλοι μαζί και ο καθένας ξεχωριστά σε αυτή μου την προσπάθεια.

## Πίνακας περιεχομένων

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	1
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Θεωρητική προσέγγιση</b> .....	3
1.1 Επιφανειακή υδρολογία.....	3
1.1.1. Ο υδρολογικός κύκλος.....	3
1.1.2. Το υδατικό ισοζύγιο .....	4
1.1.3. Κατακρημνίσματα .....	7
1.1.4. Εξατμισοδιαπνοή.....	13
1.1.5. Διήθηση-Κατεΐσδυση .....	19
1.1.6. Επιφανειακή Απορροή.....	22
1.2. Στερεοπαροχή.....	27
1.2.1. Ορισμοί.....	27
1.2.2. Μορφές στερεομεταφοράς .....	28
1.2.3. Μέθοδοι προσδιορισμού στερεοπαροχής.....	29
1.2.4. Προσδιορισμός στερεομεταφοράς στον Ελληνικό χώρο .....	41
1.3. Κλιματική αλλαγή .....	42
Εισαγωγή.....	42
1.3.1. Αίτια που προκαλούν μεταβολές στο κλίμα.....	43
1.3.2. Κλιματικές αλλαγές στην τελευταία χιλιετία .....	46
1.3.3. Παγκόσμιες επιπτώσεις από την αλλαγή του κλίματος .....	49
1.4. Προσομοίωση Κλιματικής Αλλαγής.....	55
1.4.1. Κλιματικά πρότυπα προσομοίωσης (models) .....	55
1.4.2. Σενάρια εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου .....	58
1.4.3. Προγράμματα Prudence και Ensembles .....	60
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Περιοχή μελέτης</b> .....	61
Εισαγωγή.....	61
2.1. Μορφολογία .....	62
2.2. Τεκτονική .....	68
2.3. Λιθοστρωματογραφία.....	70

2.4. Εδαφολογικά στοιχεία .....	76
2.5. Σεισμικότητα .....	77
2.6. Υδρογεωλογία .....	79
2.6.1. Η υδροφορία των σχηματισμών .....	79
2.6.2. Υδρογεωλογικές ενότητες .....	83
2.6.3. Υδραυλικές σχέσεις μεταξύ επιφανειακών και υπόγειων υδάτων .....	85
2.6.4. Υδροληπτικά έργα .....	86
2.6.5. Υπόγεια αποθέματα νερού.....	86
2.6.6. Υδροχημεία.....	87
2.7. Κλιματολογικά στοιχεία .....	88
2.8. Χλωρίδα-Πανίδα .....	92
2.8.1. Ζώνη βλάστησης .....	92
2.8.2. Βιοκλιματικά στοιχεία .....	92
2.8.3. Οικοσυστήματα .....	93
2.8.4. Περιοχές οικολογικού ενδιαφέροντος .....	94
2.8.4. Χλωρίδα-Βλάστηση.....	96
2.8.5. Πανίδα .....	98
2.9. Ανθρωπογενές περιβάλλον.....	101
2.9.1. Διοικητική υπαγωγή .....	101
2.9.2. Πληθυσμιακή εξέλιξη της περιοχής μελέτης.....	102
2.9.3. Υποδομές .....	102
2.10. Χρήσεις γης .....	106
2.11. Απασχόληση- Οικονομικά παραγωγικά στοιχεία .....	107
2.11.1. Παραγωγικοί τομείς.....	107
2.12. Υφιστάμενες Πηγές Ρύπανσης στη λεκάνη του Ασωπού .....	111
2.12.1. Βιομηχανία .....	111
2.12.2. Γεωργία.....	118
2.12.3. Κτηνοτροφία.....	119

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Δεδομένα και Μεθοδολογία.....** 120

3.1. Ψηφιοποίηση Χαρτών .....	120
3.2. Προσδιορισμός Επιφανειακής Απορροής .....	124
3.2.1. $1^H$ προσέγγιση της επιφανειακής απορροής: Εξίσωση Υδατικού Ισοζυγίου .....	126

3.2.2. 2 <sup>η</sup> προσέγγιση της επιφανειακής απορροής: Μοντέλο Υδατικού Ισοζυγίου του Thornthwaite.....	130
3.3. Προσδιορισμός Στερεοπαροχής λεκάνης Βοιωτικού Ασωπού .....	137
3.3.1. 1 <sup>ος</sup> τρόπος προσδιορισμού της Στερεοπαροχής : Παγκόσμια Εξίσωση της Εδαφικής Απώλειας και Εξίσωση (1972).....	139
3.3.2. 2 <sup>ος</sup> τρόπος προσδιορισμού της Στερεοπαροχής : Εξίσωση των Jansen & Painter (1973).....	144
3.3.3. 3 <sup>ος</sup> τρόπος προσδιορισμού της Στερεοπαροχής : Εξίσωση των Κουτσογιάννη & Τάρλα (1987).....	147
3.3.4. 4 <sup>ος</sup> τρόπος προσδιορισμού της Στερεοπαροχής : Εξίσωση των Milliman & Syvitski (1992) .....	148
3.3.5. 5 <sup>ος</sup> τρόπος προσδιορισμού της Στερεοπαροχής : Οι εξισώσεις του Probst .....	149
3.3.6. 6 <sup>ος</sup> τρόπος προσδιορισμού της Στερεοπαροχής : Εξίσωση των Poulos & Chronis (1997).....	151
3.4. Εκτίμηση των αναμενόμενων μέσων μηνιαίων κλιματικών χαρακτηριστικών για την τριακονταετία 2021-2050 και 2071-2100 .....	151
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Αποτελέσματα- Συζήτηση .....</b>	<b>156</b>
Εισαγωγή .....	156
4.1. Αποτελέσματα υπολογισμού Επιφανειακής Απορροής .....	156
4.1.1. Μέθοδος Υδατικού Ισοζυγίου .....	156
4.1.2. Μέθοδος Thornthwaite .....	169
4.2. Προσδιορισμός Στερεοπαροχής λεκάνης Βοιωτικού Ασωπού .....	173
4.2.1. Προσδιορισμός της στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού μέσω της Παγκόσμιας Εξίσωσης Εδαφικής Απώλειας (USLE) και της Εξίσωσης Renfro (1972).....	173
4.2.2. Προσδιορισμός της στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού μέσω της Εξίσωσης των Jansen & Painter (1973) .....	177
4.2.3. Προσδιορισμός της στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού μέσω της εξίσωσης των Κουτσογιάννη & Τάρλα (1987) .....	180
4.2.4. Προσδιορισμός της στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού μέσω της εξίσωσης των Milliman & Syvitski (1992) .....	181
4.2.5. Προσδιορισμός της στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού μέσω των εξισώσεων του Probst (1992) .....	182
4.2.6. Προσδιορισμός της στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού μέσω της εξίσωσης των Poulos & Chronis (1997) .....	185

4.3. Εκτίμηση των αναμενόμενων μέσων ετήσιων τιμών Επιφανειακής Απορροής και Στερεοπαροχής για την τριακονταετία 2021-2050 και την τριακονταετία 2071-2100 με βάση το πρόγραμμα ENSEMBLES .....	186
4.3.1. Εκτίμηση των αναμενόμενων μέσων ετήσιων τιμών Επιφανειακής Απορροής	186
4.3.2. Εκτίμηση των αναμενόμενων μέσων ετήσιων τιμών στερεοπαροχής .....	190
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα</b> .....	195
<b>Βιβλιογραφία</b> .....	199
Ελληνική.....	199
Ξενόγλωσση .....	205
Διαδίκτυο.....	215
<b>Παράρτημα Ι</b> .....	216
<b>Παράρτημα ΙΙ</b> .....	221

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας επιχειρήθηκε η φυσικογεωγραφική μελέτη της περιοχής που ορίζεται από την λεκάνη απορροής του Βοιωτικού Ασωπού ποταμού, η οποία έχει έκταση 721,06 km<sup>2</sup> και διατρέχει τα σύνορα των νομών Βοιωτίας και Αττικής, πηγάζει από τον Κιθαιρώνα και εκβάλλει στον Ν. Ευβοϊκό Κόλπο. Καλύπτεται κυρίως από ασβεστολίθους, μάργες και Τεταρτογενείς αποθέσεις. Οι περατοί λιθολογικοί σχηματισμοί ευνοούν τη διήθηση του μεγαλύτερου μέρους των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που σε συνδυασμό με τα μικρά ύψη βροχής οδηγούν σε μικρές ποσότητες υδάτινης απορροής στο μεγαλύτερο μέρος του έτους, εξαιρουμένων των εισροών των βιομηχανικών αποβλήτων. Τα δύο παραπάνω χαρακτηριστικά καθώς και οι μικρές τοπογραφικές κλίσεις έχουν ως αποτέλεσμα μικρά ποσά στερεοαπορροής. Μάλιστα, η υδρολογική κατάσταση του φαίνεται να επιδεινώνεται με την πάροδο των χρόνων, καθώς διαφαίνεται μια μείωση των βροχοπτώσεων, με ταυτόχρονη μείωση της επιφανειακής απορροής και της στερεοαπορροής, γεγονός που θα οδηγούσε σε περαιτέρω επιβάρυνση της περιοχής με ρυπαντικό φορτίο και θα έθετε σε κίνδυνο τις παράκτιες περιοχές του δέλτα.

Ο προσδιορισμός της επιφανειακής απορροής επετεύχθη αφενός μέσω του υπολογισμού των επιμέρους παραμέτρων του υδατικού ισοζυγίου, αφετέρου μέσω λογισμικού που διατίθεται ελεύθερα από το U.S. Geological Survey (USGS) και περιγράφεται αναλυτικά από τους McCabe and Markstrom (2007). Η μέση ετήσια απορροή που αντιστοιχεί σε συντελεστή εξατμισοδιαπνοής 50% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων ισούται με **75,68 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>** (1<sup>η</sup> προσέγγιση) ενώ εκείνη που αντιστοιχεί σε υγρασία εδάφους 175 mm (2<sup>η</sup> προσέγγιση) ισούται με **74,27 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>**.

Η έλλειψη μετρήσεων στερεοπαροχής οδήγησε στην ανάγκη εκτίμησης της παραμέτρου μέσω εμπειρικών σχέσεων, με βάση τις οποίες το αιρούμενο φορτίο εκτιμάται στα **28-93 tones/km<sup>2</sup>** και το ολικό του φορτίο να μην ξεπερνά τους **100 tones/km<sup>2</sup>**.

Τέλος η εκτίμηση των μελλοντικών τιμών επιφανειακής απορροής και στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού στηρίχθηκε στις προσομοιώσεις των μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης και θερμοκρασίας, από το περιοχικό κλιματικό μοντέλο RAMCO-2 (KNMI) 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. Προσδιορίζεται έτσι ότι η επιφανειακή απορροή αναμένεται να μειωθεί κατά 18,35% στο εγγύς μέλλον (2021-2050) και κατά 45,15% στο απώτερο (2071-2100) ενώ η στερεοπαροχή αναμένεται να μειωθεί κατά 2,4 % στο εγγύς μέλλον και κατά 15,7 % στο απώτερο.



## ABSTRACT

Within the framework of this research we attempted the physic-geographical study of the area determined by the drainage basin of Asopos River at Voiotia, the area of which is 721.06 km<sup>2</sup> and runs through the boundaries of Prefectures of Voiotia and Attica, its sources are on Kithaironas Mountain and falls in the Euboean Gulf. It is mostly covered by limestone, marl and Quaternary alluvial deposits. The permeable substrate favours infiltration and percolation of the greatest part of precipitation volumes, which combined with the low level of rainfall, lead to bigger quantities of water runoff during the biggest part of the year, with the exception of influxes of industrial waste. The two aforementioned characteristics, as well as the small topographic slopes result to small amounts of sediment yield. Indeed, its hydrological situation seems to get worse in the course of time, as it is apparent a decrease in rainfall with simultaneous reduction of the surface runoff and sediment yield, a fact that would lead to further aggravation of the area with pollution load and would endanger the coastal areas of the delta.

The determination of surface runoff was achieved on the one hand through the calculation of several parameters of the water balance and on the other hand through software freely available by U.S. Geological Survey (USGS) and which is extensively described by McCabe and Markstrom (2007). The mean annual runoff corresponding to evapotranspiration coefficient 50% of the atmospheric precipitate is equal to **75,68 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>** (1<sup>st</sup> approach) while the one corresponding to soil moisture 175 mm (2<sup>nd</sup> approach) is equal to **74,27 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>**.

The lack of sediment yield measurements led to the need to evaluate the parameter through empirical relations, on the basis of which the risen load is estimated about 28-93 **tones/km<sup>2</sup>** and its total load is not over 100 **tones/km<sup>2</sup>**.

Finally, the estimation of future levels of surface runoff and sediment yield of Asopos at Voiotia was based on simulations of monthly rainfall and temperature levels according to the regional climate model RAMCO-2 (KNMI) from the European Project ENSEMBLES and are related to near future 2021-2050 and distant future 2071-2100 in relation to the reference period 1961-1990. Thus it is determined that the surface runoff is expected to be reduced by 18,35% in near future (2021-2050) and by 45,15% in distant future (2071-2100), while the sediment yield is expected to be reduced by 2,4 % in near future and by 15,7 % in distant future

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το γλυκό νερό συνιστά πολύτιμη και σπάνια πηγή για τον άνθρωπο αφού αποτελεί μόλις το 1/10.000 του συνολικού διαθέσιμου νερού στον πλανήτη. Από αυτό λιγότερο από το 1% αντιστοιχεί στα ποτάμια ύδατα. Παρ' όλη τη μικρή αναλογία των ποτάμιων υδάτων στο σύνολο του όγκου των επιφανειακών νερών, τα ποτάμια αποτελούν σημαντική πηγή γλυκού νερού για τον άνθρωπο. Η κοινωνική, οικονομική και πολιτική εξέλιξη κατά το παρελθόν έχει συσχετισθεί άμεσα με την διαθεσιμότητα και την κατανομή των νερών των ποτάμιων συστημάτων.

Σε όλη τη Μεσόγειο, εκτός από τα μεγάλα ποτάμια συνεχούς ροής (Νείλος, Έβρος Ισπανίας, Ροδανός, Πάδος, Αξιός, Έβρος Ελλάδα κ.ά.), εκβάλλει ένας πολύ σημαντικός αριθμός μικρότερων συστημάτων, με διακοπτόμενη ή εφήμερη ροή. Στην πρώτη περίπτωση πρόκειται για χειμαρρικά συστήματα στα οποία σταματάει η ροή τους εποχικά ή/και περιστασιακά, ενώ έχουν νερό ένα σημαντικό διάστημα του έτους. Όταν η παροχή του νερού περιορίζεται μόνο κατά τη διάρκεια ή αμέσως μετά από περιόδους βροχής ή τήξης του χιονιού, τα ποτάμια συστήματα ονομάζονται εφήμερα.

Έχουν σχετικά μικρής έκτασης λεκάνη απορροής, η οποία χαρακτηρίζεται από σχετικά μεγάλες κλίσεις, μικρό ποσοστό βλαστικής κάλυψης, υπόβαθρο εύκολης διάβρωσης και μικρή ικανότητα συγκράτησης των διαβρωσιγενών ιζημάτων. Μετά από ισχυρές βροχοπτώσεις, εκδηλώνουν σύντομης διάρκειας αλλά μεγάλης έντασης επεισόδια στερεοπαροχής. Η διακοπή της ροής τους αποδίδεται είτε σε φυσική μεταβλητότητα των κλιματικών συνθηκών (μετεωρολογικές ξηρασίες), είτε στην άμεση (εκμετάλλευση υδατικών πόρων) και έμμεση (κλιματική αλλαγή) αλόγιστη επέμβαση του ανθρώπου στη φύση, είτε και στο συνδυασμό και των τριών παραγόντων.

Τα ποτάμια διαλείπουσας ροής κυριαρχούν στη Μεσογειακή Ευρώπη και ειδικά σε περιοχές με ημίξηρες κλιματικές συνθήκες (Estrela et al. 1996). Είναι ευρέως διαδεδομένα σε ξηρά κλίματα, όμως 1ης τάξεως κλάδοι με ασυνεχή ροή απαντώνται και σε πιο υγρά κλίματα (Fritz et al. 2006).

Τα ποτάμια/ρέματα ασυνεχούς ή διακοπτόμενης ροής κυριαρχούν στην Ελλάδα ως αποτέλεσμα κλιματικών και γεωλογικών (καρστικά πετρώματα) χαρακτηριστικών. Έχει υπολογιστεί χοντρικά ότι οι λεκάνες απορροής ασυνεχούς ροής καλύπτουν το 42,5% της επικράτειας (Tzoraki et al. 2007).

Η τρίτη διακυβερνητική επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή συμπέρανε ότι η Γη υπερθερμαίνεται. Η υπερθέρμανση αυτή οφείλεται τόσο στη χρησιμοποίηση ορυκτών

καυσίμων όσο και στην αποψίλωση - καταστροφή των δασών (Houghton et al. 2001). Έρευνες εικάζουν ότι μέχρι το τέλος του 21ου αιώνα η αύξηση της θερμοκρασίας θα κυμαίνεται από 2-5 °C και γενικότερα ότι θα επέλθει ένα ξηρότερο κλίμα παγκοσμίως με μεγαλύτερες μέσες θερμοκρασίες και μείωση των κατακρημνισμάτων.

Στα συμπεράσματα της Επιτροπής Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, στην εργασία «Μελέτη της Κλιματικής Αλλαγής στα επιφανειακά και υπόγεια υδατικά σώματα του Ελλαδικού χώρου» των Στουρνάρα κ.ά (2011), αναφέρεται ότι «η σύγκριση των εκτιμηθεισών μελλοντικών τιμών με τα σημερινά δεδομένα οδηγεί στο συμπέρασμα της μείωσης 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% του υδατικού δυναμικού για την περίοδο 2071-2100, στο σύνολο της 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 διαπίστωση αυτή σε συνδυασμό με την σημερινή εικόνα της αριθμητικής υπεροχής των συστημάτων αυτών έναντι των μεγάλων ποταμών που εκβάλλουν στη Μεσόγειο, οδήγησε τους ερευνητές, ανεξάρτητα από τον αντικειμενικό στόχο της κάθε μελέτης, στην συστηματική μελέτη της πολύπλοκης συμπεριφοράς τους και τη διεξοδική διερεύνηση των λειτουργιών τους.

Ο Βοιωτικός Ασωπός αποστραγγίζει τις σχετικά ξηρές περιοχές της Βοιωτίας και της ΒΑ Αττικής. Η λεκάνη απορροής του έχει έκταση μόλις 721,06 km<sup>2</sup> και αποτελείται κυρίως από ασβεστολιθικά πετρώματα. Κύριο χαρακτηριστικό του είναι η διακοπτόμενη ροή που παρουσιάζεται μόνο μετά από έντονες βροχοπτώσεις. Αυτό σε συνδυασμό με το γεγονός ότι το 1969 με Προεδρικό Διάταγμα επετράπη η εγκατάσταση βιομηχανικών μονάδων στα Οινόφυτα και το 1979 με Διοριστική Απόφαση χαρακτηρίστηκε αποδέκτης αποβλήτων, δημιούργησε έντονα προβλήματα ρύπανσης.

Στα πλαίσια αυτά εντάσσεται και η παρούσα εργασία που ως σκοπό της έχει τον προσδιορισμό της επιφανειακής απορροής και της στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού καθώς και την εκτίμηση των μελλοντικών τους μεταβολών.

### 1.1 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

#### 1.1.1 Ο υδρολογικός κύκλος

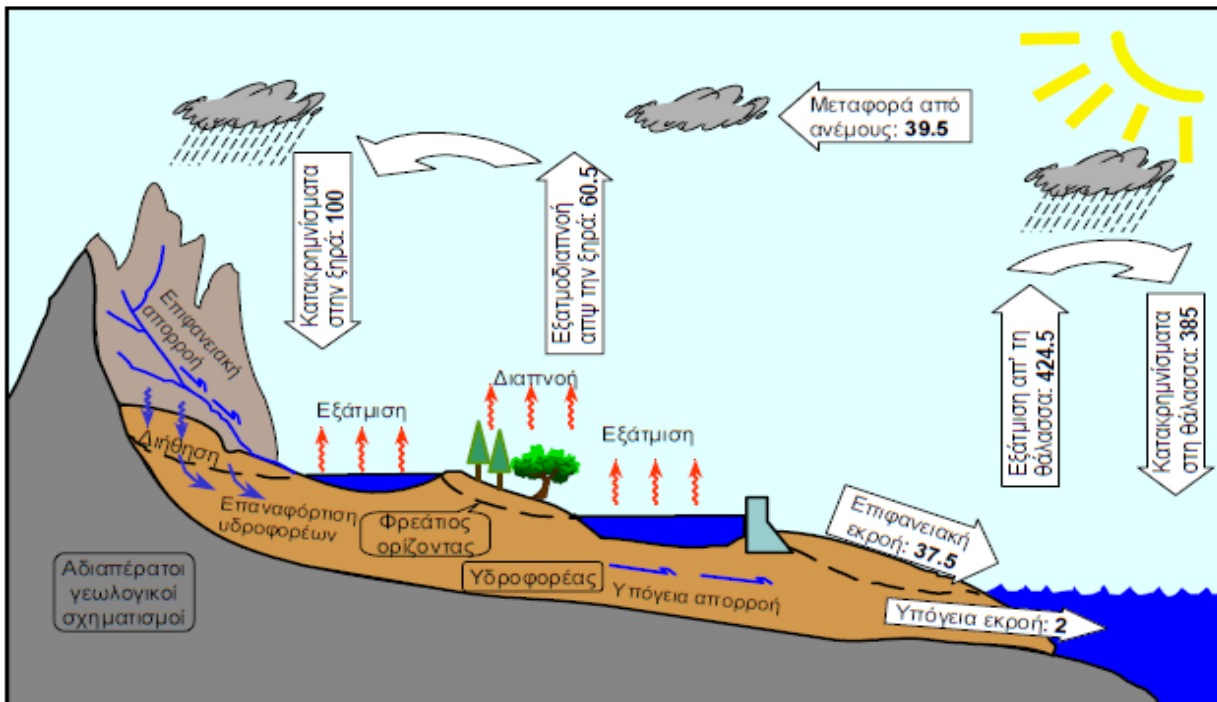
Η κυρίαρχη φυσική λειτουργία της Γης που εξασφαλίζει το συνεχή εφοδιασμό της βιόσφαιρας με νερό είναι ο υδρολογικός κύκλος: η αέναη κίνηση του νερού ανάμεσα στους ωκεανούς, την ατμόσφαιρα και την ξηρά που συνοδεύεται και από αλλαγές ανάμεσα στην υγρή, την αέρια και τη στερεή φάση του (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999). Η διαδικασία της ανακύκλωσης είναι περίπλοκη και περιλαμβάνει πολλούς μικρούς κύκλους μέσα στον γενικότερο υδρολογικό κύκλο (Παπαμιχαήλ 2001).

Έτσι το νερό:

- ⇒ **εξατμίζεται** από την θάλασσα και την ξηρά, ανεβαίνοντας κατακόρυφα, υπό μορφή υδρατμών, στην ατμόσφαιρα, αλλά και κινούμενο οριζόντια υπό την επίδραση των ανέμων
- ⇒ **διαπνέεται** από τα δέντρα και τη βλάστηση, οδηγούμενο και πάλι στην ατμόσφαιρα υπό μορφή υδρατμών
- ⇒ **συμπυκνώνεται** στην ατμόσφαιρα, σχηματίζοντας σύννεφα
- ⇒ **κατακρημνίζεται** από την ατμόσφαιρα στη θάλασσα και την ξηρά, σε διάφορες μορφές (βροχή, χιόνι, χαλάζι)
- ⇒ **κατακρατείται** από τα δέντρα, τη βλάστηση και το έδαφος
- ⇒ **διηθείται** στο έδαφος εμπλουτίζοντας το με εδαφική υγρασία
- ⇒ **επαναφορτίζει** τους ταμιευτήρες υπόγειου νερού
- ⇒ **απορρέει επιφανειακά**, σχηματίζοντας ρέματα καν ποτάμια και καταλήγοντας τελικά στη θάλασσα
- ⇒ **απορρέει υπόγεια**, μέσω των πόρων καν ρωγμών των γεωλογικών σχηματισμών, και είτε **εκφορτίζεται** επιφανειακά μέσω των πηγών, είτε **εκρέει** προς τη θάλασσα.

Αυτή η αχανής καν αέναη “ατμομηχανή” του νερού τροφοδοτείται ενεργειακά από την ηλιακή ενέργεια και οδηγείται από τη βαρύτητα.

Η απορροή (επιφανειακή και υπόγεια), οι κατακρημνίσεις και η εξατμοδιαπνοή αποτελούν τις πιο χαρακτηριστικές διεργασίες του υδρολογικού κύκλου και τα μεγέθη τους ποσοτικοποιούν την εικόνα των υδατικών πόρων μιας περιοχής σε μια πρώτη μακροσκοπική προσέγγιση και σε αδρή χρονική κλίμακα. (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος 1999)



**ΣΧΗΜΑ 1.1:** Σχηματική παράσταση του υδρολογικού κύκλου και του μέσου ετήσιου υδατικού ισοζυγίου της γης. Οι μέσες ετήσιες διακινήσεις νερού έχουν εκφραστεί ως ποσοστό (%) επί της ετήσιας ποσότητας των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στο χερσαίο τμήμα της γης. Μια ποσοστιαία μονάδα αντιστοιχεί σε 1190 KM<sup>3</sup>/έτος ( των Shiklomanov and Sakolov 1983, Dingman 1994) ΠΗΓΗ: Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999

### 1.1.2 Το υδατικό ισοζύγιο

Η μαθηματική έκφραση του υδρολογικού κύκλου μιας λεκάνης απορροής αποτελεί το υδρολογικό (ή υδατικό) της ισοζύγιο. Ο υπολογισμός του υδατικού ισοζυγίου των υδροφόρων σχηματισμών και των υδατικών συστημάτων γενικότερα αποσκοπεί στον προσδιορισμό όλων των εισροών και εκροών νερού στη μονάδα του χρόνου (Γιαννουλόπουλος 2000).

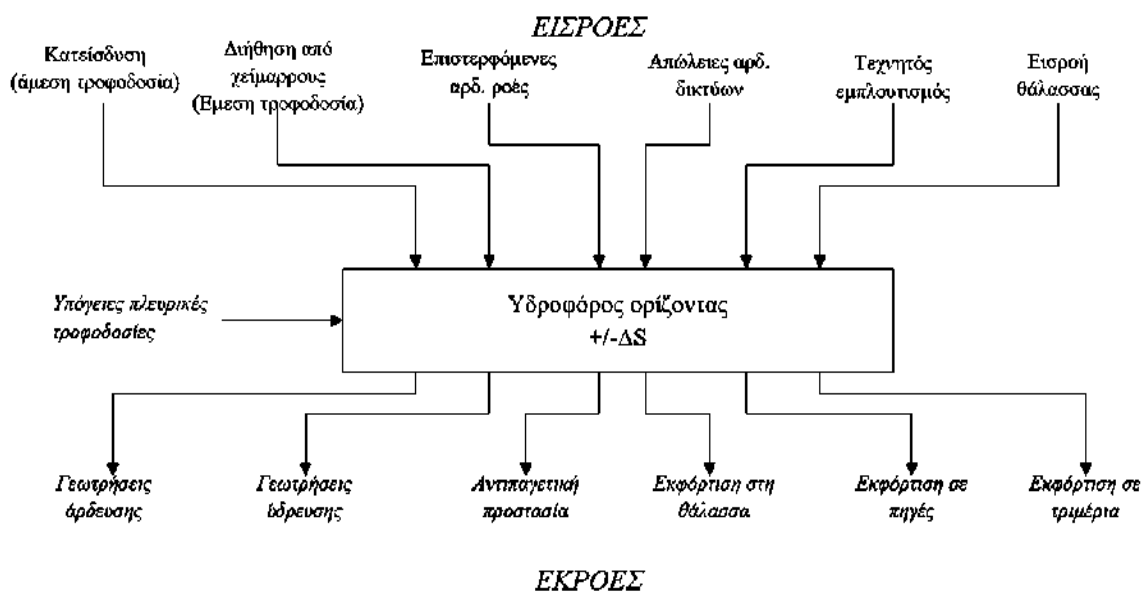
Η εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου στην ουσία εκφράζει τη διατήρηση της μάζας, ότι δηλαδή το αλγεβρικό άθροισμα των διακινήσεων και των μεταβολών αποθήκευσης νερού στον όγκο αναφοράς είναι μηδέν για οποιαδήποτε χρονική διάρκεια. Δηλαδή

$$\Delta S = I - O \quad (1.1)$$

όπου: το  $\Delta S$  συμβολίζει τη διαφορά της αποθήκευσης νερού στον όγκο αναφοράς στη συγκεκριμένη περίοδο, ο παράγοντας I τις συνολικές εισροές και ο παράγοντας O, τις συνολικές εκροές από τον όγκο αναφοράς στην ίδια περίοδο. Και οι τρεις όροι αναλύονται σε διάφορες συνιστώσες αλλά η ανάλυση εξαρτάται πάντα από το συγκεκριμένο όγκο αναφοράς (π.χ. λεκάνη απορροής, τμήμα λεκάνης, υπόγειος υδροφόρος, λίμνη κλπ). Για τους υδροφόρους σχηματισμούς το υδατικό ισοζύγιο περιγράφεται λοιπόν από τη σχέση:

$$\text{Εισροές} = \text{Εκροές} \pm \text{Μεταβολή Αποθεμάτων}$$

ενώ αναλύεται σχηματικά στο Σχήμα 1.2.



ΣΧΗΜΑ 1.2 : Σχηματική απεικόνιση συνιστωσών υδατικού ισοζυγίου. Πηγή: Γιαννουλόπουλος 2000

Οι εισροές νερού προέρχονται συνήθως:

(α) από το νερό της βροχής που εγκαταλείπει την εδαφική ζώνη, (β) από τις διηθήσεις επιφανειακών απορροών και χειμάρρων (loosing streams), (γ) από τις διάφορες υπόγειες πλευρικές τροφοδοσίες από γειτονικούς υδροφόρους σχηματισμούς, (δ) από τις επιστρεφόμενες αρδευτικές ροές, (ε) από τον τεχνητό εμπλουτισμό, καθώς και (στ) από τις απώλειες δικτύων ύδρευσης αποχέτευσης και άρδευσης.

Οι εκροές, στις οποίες περιλαμβάνονται και οι απολήψεις νερού από υδροφόρους σχηματισμούς που υφίστανται οποιοδήποτε είδους εκμετάλλευση, λαμβάνουν χώρα:

(α) είτε από διάφορα τεχνητά έργα όπως γεωτρήσεις, (β) είτε από φυσικά σημεία εξόδου όπως οι πηγές, η θάλασσα, τα ποτάμια (gaining stream) και (γ) προς άλλους γειτονικούς

υδροφόρους σχηματισμούς ανάλογα πάντοτε με τις εκάστοτε υδροδυναμικές και οριακές συνθήκες που επικρατούν.(Παπαδοπούλου 2008)

Οι βασικές συνιστώσες του υδατικού ισοζυγίου στα περισσότερα υδρογεωλογικά περιβάλλοντα είναι η βροχόπτωση (P), η εξατμισοδιαπνοή (δυναμική: PE και πραγματική: AE), η επιφανειακή απορροή (Q), και η κατείδυση (I). Εξέχουσας επίσης σημασίας, ανάλογα με το υδρογεωλογικό περιβάλλον, είναι συνιστώσες όπως οι πλευρικές τροφοδοσίες, οι παροχές πηγών και χειμάρρων καθώς και οι απολήψεις νερού για διάφορες χρήσεις όπως άρδευση, ύδρευση, βιομηχανική χρήση κλπ. (Παπαδοπούλου 2008)

Οι παραπάνω συνιστώσες ρυθμίζονται από αρκετούς παράγοντες όπως τα κλιματικά, γεωλογικά, εδαφικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής, η κάλυψη και χρήση γης, ανθρωπογενείς παράγοντες κ.α.

Ο υπολογισμός της κατείδυσης του πλεονάζοντος νερού των βροχοπτώσεων και των αρδεύσεων, σε ελεύθερους υδροφόρους σχηματισμούς αποτελεί μια από τις πιο ενδιαφέρουσες συνιστώσες του υδατικού ισοζυγίου των υδροφόρων σχηματισμών, γιατί συμβάλλει άμεσα όχι μόνο στην εκτίμηση των ανανεώσιμων υδατικών αποθεμάτων τους αλλά και στην αποσαφήνιση των μηχανισμών λειτουργίας τους και συνεπώς τη διαχείριση τους. Σε γενικές γραμμές, η κατείδυση (βαθιά διήθηση) υπολογίζεται αν από το ύψος νερού της βροχής και των αρδεύσεων αφαιρεθούν η πραγματική εξατμισοδιαπνοή, οι επιφανειακές απορροές και ληφθούν υπόψη οι μεταβολές σε υγρασία της εδαφικής ζώνης. (Γιαννουλόπουλος 2000)

Για λόγους εύκολης κατανόησης θεωρούμε μια “απλή” υδρολογική λεκάνη, όπου (α) έχει σχετικά μικρή έκταση και παρουσιάζει σχετική ομοιομορφία τόσο ως προς την τοπογραφία και γεωλογία, όσο και ως προς τις υδροκλιματικές συνθήκες· (β) βρίσκεται σε φυσική κατάσταση, χωρίς αξιόλογα έργα αξιοποίησης του υδατικού δυναμικού της που να επηρεάζουν την υδρολογική δίαιτα· (γ) δεν έχει αξιόλογους υπόγειους υδροφορείς ούτε παρουσιάζει υπόγειες εισροές ή εκροές από ή προς γειτονικές λεκάνες· (δ) δεν παρουσιάζει αξιόλογες χιονοπτώσεις κατά τη διάρκεια του χειμώνα.(Κουτσογιάννης & Ξανθοπούλος 1999)

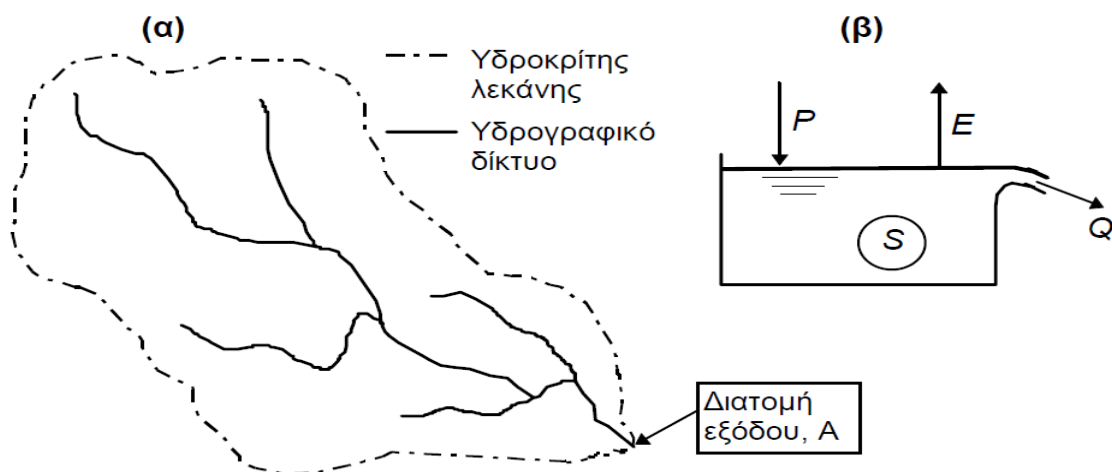
Θεωρούμε ότι ο όγκος αναφοράς ορίζεται προς τα πάνω από την επιφάνεια της λεκάνης, πλευρικά από μια κατακόρυφη κυλινδρική επιφάνεια γύρω από τον υδροκρίτη της λεκάνης, και προς τα κάτω από ένα οριζόντιο επίπεδο αρκετά χαμηλότερα από την επιφάνεια της λεκάνης. Η μοναδική εισροή στο συγκεκριμένο όγκο αναφοράς είναι η βροχόπτωση P, ενώ η εκροή έχει δύο συνιστώσες: την (πραγματική) εξατμοδιαπνοή AE και την επιφανειακή απορροή Q, η οποία εξέρχεται από τη διατομή εξόδου A. Η μοναδική αποθήκευση νερού

στον όγκο αναφοράς είναι η αποθήκευση στο έδαφος, υπό μορφή εδαφικής υγρασίας, την οποία συμβολίζουμε με  $S$ . Σημειώνουμε ότι η προσωρινή αποθήκευση νερού υπό μορφή εδαφικής υγρασίας έχει πάντα σημαντικό ρόλο τόσο από πλευράς υδρολογίας, όσο και για τις ζωτικές λειτουργίες της χλωρίδας, και δεν μπορεί να αγνοηθεί στην εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου, ακόμα και στην απλή περίπτωση που εξετάζουμε, όπου δεν έχουμε ανάπτυξη αξιόλογων υπόγειων υδροφορέων. (Κουτσογιάννης & Ξανθοπουλος 1999)

Με αυτά τα δεδομένα, η εξίσωση ισοζυγίου (1.1) για το συγκεκριμένο όγκο αναφοράς γράφεται

$$\Delta S = P - AE - Q \quad (1.2)$$

Από τους τέσσερις όρους της (1.2), μπορεί να μετρηθεί σχετικά εύκολα ο όρος  $P$  και κάπως δυσκολότερα ο όρος  $Q$ . Κατά συνέπεια, υπάρχουν στην καλύτερη περίπτωση (δηλαδή όταν είναι γνωστά τα  $P$  και  $Q$ ) δύο άγνωστοι ( $\Delta S$ ,  $AE$ ) οι οποίοι προφανώς δεν μπορούν να υπολογιστούν από μία εξίσωση. Ωστόσο, στην ειδική περίπτωση όπου η περίοδος που μας ενδιαφέρει είναι ένα ή περισσότερα έτη, μπορούμε να υποθέσουμε ότι  $\Delta S = 0$ , δεδομένου ότι οι διακυμάνσεις  $S$  έχουν εποχιακό χαρακτήρα. Αν μας ενδιαφέρει μικρότερη περίοδος, π.χ. μηνιαία, τότε θα πρέπει να καταφύγουμε στη χρήση μοντέλων προσομοίωσης των υδρολογικών διεργασιών όπως είναι π.χ. το απλό μοντέλο υδατικού ισοζυγίου του Thornthwaite. (Κουτσογιάννης & Ξανθοπουλος, 1999)



**ΣΧΗΜΑ 1.3:**(α) Σκαρίφημα απλής υδρολογικής λεκάνης και (β) απλοποιημένο μοντέλο της, βασισμένο σε μια λεκάνη (Κουτσογιάννης & Ξανθοπουλος 1999).

### 1.1.3 Κατακρημνίσματα

Ο όρος κατακρημνίσματα χρησιμοποιείται για να περιγράψει μαζικά τις μετρήσιμες ποσότητες νερού που φτάνουν στην επιφάνεια της γης ως συνέπεια της υγροποίησης ατμοσφαιρικών υδρατμών. (Μιμίκου & Μπαλτάς 2003) Στην Ελλάδα κυριαρχούν τρεις



κύριες μορφές κατακρημνισμάτων: α) Βροχή: είναι το συνηθέστερο φαινόμενο, υπερέχει ποσοτικά πολύ των άλλων μορφών κατακρημνισμάτων και δημιουργεί τα σημαντικότερα φαινόμενα επιφανειακής απορροής β) Χιόνι: είναι η κυριότερη πηγή της εαρινής και θερινής απορροής και γ) Χαλάζι: έχει καταστροφικά αποτελέσματα, ιδίως στη γεωργία. (Μαμάσης & Κουτσογιάννης 2000)

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις βροχοπτώσεις είναι οι ακόλουθοι:

- το γεωγραφικό πλάτος
- η απόσταση από τη θάλασσα
- η μέση ετήσια θερμοκρασία
- η διεύθυνση του αέρα
- η μορφολογία του αναγλύφου
- η υγρασία του εδάφους και του αέρα και
- η πυκνότητα της βλάστησης

Η μέτρηση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί με ικανοποιητική ακρίβεια, με τη χρήση διαφόρων οργάνων και την εφαρμογή σύγχρονων επιστημονικών μεθόδων. Ενδεικτικά τα κυριότερα όργανα μέτρησης είναι: τα βροχόμετρα, οι βροχογράφοι, τα ραντάρ και οι δορυφόροι. Ανάλογα με τα όργανα που χρησιμοποιούνται εφαρμόζονται και διαφορετικές επιστημονικές μέθοδοι, από απλές παρατηρήσεις με τη χρήση του βροχόμετρου, έως και σύγχρονες καταχωρήσεις και τηλεμετάδοση με τη βοήθεια αισθητήρων και χρήση H/Y. (Τσακίρης 1995)

Εκείνο που ενδιαφέρει ιδιαίτερα, είναι η ποσότητα του νερού που πέφτει σε μία επιφάνεια. Αυτή εκφράζεται από το *ύψος βροχής* που ορίζεται ως εκείνο στο οποίο θα έφτανε η στάθμη του νερού της βροχής αν έπεφτε πάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια, αποκλείοντας τους παράγοντες : διαρροή, απορρόφηση και εξάτμιση. Διεθνώς μονάδα μέτρησης του ύψους βροχής είναι το mm, ή cm. (Μακρογιάννης & Σαχσαμανόγλου 2004).

Η σημειακή βροχομετρική πληροφορία αποκτά ιδιαίτερη υδρολογική βαρύτητα (π.χ. στην εκτίμηση υδατικού ισοζυγίου), όταν ολοκληρωθεί στο σύνολο της επιφάνειας S μιας λεκάνης απορροής. Η ολοκλήρωση μπορεί να γίνει με διάφορες μεθοδολογίες, οι οποίες εμπίπτουν σε δύο γενικές κατηγορίες: άμεσης ολοκλήρωσης, στις οποίες γίνεται άμεση χρήση των σημειακών μετρήσεων, και προσαρμογής επιφάνειας, στις οποίες πριν την επιφανειακή ολοκλήρωση γίνεται αναπαράσταση της γεωγραφικής μεταβολής της βροχόπτωσης. Οι πρώτες μέθοδοι είναι απλούστερες, αλλά οι δεύτερες έχουν το σημαντικό πλεονέκτημα να αναδεικνύουν τη γεωγραφική μεταβλητότητα της βροχής. (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999)

Ανεξάρτητα από τη μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί, η αξιοπιστία του τελικού αποτελέσματος εξαρτάται πρωτίστως από την πυκνότητα της σημειακής πληροφορίας. (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999)

### Μέθοδοι άμεσης ολοκλήρωσης

Οι μέθοδοι αυτής της κατηγορίας εκτιμούν την επιφανειακή βροχόπτωση μιας λεκάνης (ή γενικότερα μιας περιοχής) ως γραμμικό συνδυασμό των σημειακών βροχοπτώσεων στα σημεία των βροχομετρικών σταθμών που βρίσκονταν μέσα (ή και πολύ κοντά) στη λεκάνη, με βάση τη σχέση:

$$h_s = \sum_{i=1}^k w_i \times h_i \quad (1.3)$$

όπου  $h_s$ , το επιφανειακό ύψος βροχής,  $h_i$  ( $i=1, \dots, k$ ) το σημειακό ύψος για τους  $k$  σταθμούς της λεκάνης ή περιοχής, και  $w_i$  ο συντελεστής βάρους για το σταθμό με αριθμό  $i$ . Υπάρχουν διάφορες θεωρήσεις για την εκτίμηση των συντελεστών βάρους, οπότε προκύπτουν αντίστοιχα διαφορετικές μέθοδοι άμεσης ολοκλήρωσης, οι κυριότερες από τις οποίες είναι οι εξής (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999):

1. **Μέθοδος μέσου όρου:** Πρόκειται για την απλούστερη μέθοδο, σύμφωνα με την οποία τα βάρη όλων των σταθμών λαμβάνονται ίσα,  $w_i = 1 / k$ . Η μέθοδος λόγω της απλότητας της μπορεί να χρησιμοποιείται για πρώτες χονδρικές εκτιμήσεις. Η ακρίβειά της είναι ανεκτή μόνο όταν η περιοχή είναι σχετικά επίπεδη, οι σταθμοί ομοιόμορφα κατανομημένοι σε αυτή και τα ύψη βροχής δεν διαφέρουν πολύ από σταθμό σε σταθμό.
2. **Μέθοδος Thiessen:** Σύμφωνα με αυτή την κλασική μέθοδο, η συνολική επιφάνεια  $S$  χωρίζεται γεωμετρικά σε ζώνες επιρροής  $S_i$ , μία για κάθε σταθμό, έτσι ώστε:

$$\sum_{i=1}^k S_i = S \quad (1.4)$$

Ο συντελεστής βάρους θεωρείται ανάλογος του εμβαδού της ζώνης επιρροής του σταθμού, δηλαδή  $w_i = S_i / S$ . Οι ζώνες επιρροής προσδιορίζονται έτσι ώστε κάθε σημείο της ζώνης του σταθμού  $i$  να απέχει από τη θέση του σταθμού  $i$  λιγότερο απ' όση 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. Προκύπτουν έτσι τα γνωστά πολύγωνα Thiessen. Η μέθοδος είναι η δημοφιλέστερη, λόγω της απλότητας στην εφαρμογή της, με ή χωρίς χρήση υπολογιστή, και των αξιόπιστων εκτιμήσεων της, που συχνά (σε ετήσια ή υπερετήσια κλίμακα) συγκρίνονται με αυτές των πιο σύγχρονων μεθόδων βέλτιστης ολοκλήρωσης και βέλτιστης παρεμβολής· βεβαίως οι εκτιμήσεις της μεθόδου είναι τόσο καλύτερες όσο

πυκνότερο είναι το δίκτυο των βροχομετρικών σταθμών και όσο μεγαλύτερη είναι η χρονική κλίμακα μελέτης . Επιπλέον, σε αυτή την μέθοδο οι τοπογραφικές ανωμαλίες που παρουσιάζονται στο ανάγλυφο και που συχνά είναι αιτία διαφοροποίησης της βροχόπτωσης, δεν λαμβάνονται υπόψη.

3. **Μέθοδος δύο αξόνων του Bethlahmy:** Πρόκειται για μια πιο πρόσφατη μέθοδο, που προτάθηκε από τον Bethlahmy (1976). Σύμφωνα με αυτή, οι συντελεστές βάρους είναι ανάλογοι των γωνιών επιρροής, με τις οποίες οι σταθμοί "βλέπουν" τη λεκάνη. Για να οριστούν αυτές οι γωνίες χαράσσεται ένας κύριος άξονας της λεκάνης, σε τρόπο ώστε τα όρια της λεκάνης να αποκόπτουν το μεγαλύτερο δυνατό μήκος ευθυγράμμου τμήματος επί του κύριου άξονα. Κατόπιν, χαράσσεται η μεσοκάθετος αυτού του ευθύγραμμου τμήματος, που ορίζει το δευτερεύοντα άξονα της λεκάνης. Με τον τρόπο αυτό ορίζονται τέσσερα σημεία στο όριο της λεκάνης, δύο επί του κύριου άξονα (A1, A2) και δύο επί του δευτερεύοντα (B1, B2). Τέλος, από κάθε θέση σταθμού χαράσσονται δύο ευθείες, μια που ενώνει τη θέση του σταθμού με το πιο απομακρυσμένο από τα σημεία (A1, A2) και μία που ενώνει τη θέση του σταθμού με το πιο απομακρυσμένο από τα σημεία (B1, B2), και μετριέται η γωνία επιρροής  $\alpha_i$ , που ορίζουν αυτές οι ευθείες, η οποία πάντα είναι μικρότερη των  $90^\circ$ . Ο συντελεστής βάρους είναι:

$$w_i = \frac{\alpha_i}{\sum_{j=1}^k \alpha_j} \quad (1.5)$$

Η μέθοδος αυτή θεωρείται ικανοποιητικής ακρίβειας (Court & Bare 1984). Το σημαντικό πλεονέκτημα της έγκειται στο γεγονός ότι η γωνία επιρροής καθενός σταθμού δεν επηρεάζεται από τους άλλους σταθμούς και γι' αυτό τυχόν προσθήκη ή αφαίρεση άλλων σταθμών δεν δημιουργεί την ανάγκη επαναπροσδιορισμού των γωνιών επιρροής.

4. **Μέθοδος βέλτιστης ολοκλήρωσης (kriging):** Η μέθοδος αυτή ανήκει στη γενικότερη κατηγορία των γεωστατιστικών μεθόδων ή μεθόδου kriging (Matheron 1971). Βασίζεται στην υπόθεση ότι η διακύμανση μιας μεταβλητής (εν προκειμένω της βροχόπτωσης) στο χώρο είναι τυχαία, οπότε χρησιμοποιεί στατιστικές μεθοδολογίες για οποιαδήποτε εκτίμηση απορρέει από σημειακές μετρήσεις της μεταβλητής. Σημαντικό πλεονέκτημα των μεθόδων αυτών είναι το γεγονός ότι ποσοτικοποιούν και τελικά ελαχιστοποιούν το σφάλμα εκτίμησης, πράγμα που δεν συμβαίνει με τις προηγούμενες εμπειρικές μεθόδους. Ωστόσο, είναι αρκετά πολύπλοκες στην εφαρμογή τους.

### Μέθοδοι προσαρμογής επιφάνειας

Πριν την επιφανειακή ολοκλήρωση γίνεται αναπαράσταση της γεωγραφικής μεταβολής της βροχόπτωσης και ορίζεται έτσι η τιμή του ύψους βροχής σε οποιοδήποτε σημείο της περιοχής που ενδιαφέρει. Η απεικόνιση της καμπύλης “επιφάνειας” που ορίζουν οι τιμές του ύψους βροχής στα σημεία της περιοχής γίνεται με δύο τρόπους: με τις ισουΐτιες καμπύλες και με την ψηφιδωτή διαμέριση. (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999)

Η ισουΐτια καμπύλη ορίζεται από τον γεωμετρικό τόπο των σημείων στα οποία το ύψος βροχής παίρνει μια δεδομένη τιμή. Αφού χαραχτούν οι ισουΐτιες καμπύλες, για να προκύψει η επιφανειακά μέση βροχόπτωση της περιοχής εμβαδομετρούνται οι επιφάνειες  $F_r$  μεταξύ των διαδοχικών καμπυλών που αντιστοιχούν σε υψόμετρα  $h_r$  και  $h_{r-1}$  ( $= h_r - \Delta h$ ). Η επιφανειακά μέση βροχόπτωση της περιοχής θα είναι:

$$h_s = \sum \frac{h_r + h_{r-1}}{2} \times \frac{F_r}{S} \quad (1.6)$$

όπου το άθροισμα όλων των  $F_r$  ταυτίζεται με τη ολική επιφάνεια  $S$  της περιοχής.

Σύμφωνα με τη μέθοδο της ψηφιδωτής διαμέρισης, η υπόψη περιοχή διαμερίζεται σε ισομεγέθη στοιχειώδη κύτταρα ή ψηφίδες με την εφαρμογή ενός ορθογωνικού καννάβου με δεδομένη ισαποχή των οριζόντιων και κατακόρυφων γραμμών του. Στη συνέχεια, για κάθε κύτταρο, υπολογίζεται η τιμή του ύψους βροχής, η οποία αντιστοιχεί στο κέντρο του κυττάρου αλλά θεωρείται σταθερή για όλη την επιφάνεια του κυττάρου. Η τιμή  $h_s$  προκύπτει, τότε, ως ο μέσος όρος των τιμών όλων των κυττάρων. (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999)

Ανεξάρτητα από τον τρόπο παρουσίασης του τελικού πεδίου μεταβολής της βροχόπτωσης, ο προσδιορισμός του ύψους βροχής στο τυχόν σημείο της υπόψη περιοχής μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους παρεμβολής ή εξομάλυνσης. Ειδικότερα, οι μέθοδοι παρεμβολής προσαρμόζουν μια επιφάνεια, η οποία διέρχεται ακριβώς από τα σημεία γνωστού ύψους βροχής (δηλαδή τις θέσεις των βροχομετρικών σταθμών). Αντίθετα, στις μεθόδους εξομάλυνσης, η προσαρμοζόμενη επιφάνεια προσεγγίζει προς τα γνωστά ύψη βροχής χωρίς να ταυτίζεται, αποκτώντας πιο ομαλό σχήμα, το οποίο έχει δεδομένη μαθηματική έκφραση. Παρακάτω γίνεται αναφορά σε ορισμένες απ' αυτές τις μεθόδους. (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999)

i. **Μέθοδος γραφικής χάραξης των ισουΐτιων:** Πρόκειται για μια συνηθέστατη μέθοδο, στην οποία ο μελετητής χαράσσει τις ισουΐτιες γραφικά πάνω σε χάρτη, στον οποίο έχει προηγουμένως σημειώσει τις θέσεις των βροχομετρικών σταθμών και τα ύψη βροχής σε

αυτές. Για τη χάραξη των καμπυλών χρησιμοποιεί κατά βάση γραμμική παρεμβολή πάνω στα ευθύγραμμα τμήματα που ορίζονται από τις θέσεις γειτονικών σταθμών.

ii. **Μέθοδος υπολογιστικής γραμμικής παρεμβολής:** Η πιο πάνω διαδικασία γραμμικής παρεμβολής μπορεί εύκολα να γίνει και με τη χρήση υπολογιστή, χωρίς φυσικά την υποκειμενική παρέμβαση του μελετητή.

iii. **Μέθοδος της αντίστροφης απόστασης:** Αποτελεί γενίκευση της μεθόδου του αριθμητικού μέσου, με τη διαφορά ότι εδώ λαμβάνονται υπόψη για τη στάθμιση των επιμέρους υψών βροχής τα αντίστροφα των αποστάσεων των σταθμών υψωμένα σε κατάλληλη δύναμη. Συνεπώς το ύψος βροχής του σταθμού Y υπολογίζεται από την σχέση:

$$h_Y = \sum_{i=1}^k w_i \times h_i \quad (1.7)$$

όπου  $w_i$ : συντελεστής βάρους που δίνεται από την σχέση  $w_i = \frac{d_i^{-b}}{\sum_{j=1}^k d_j^{-b}}$  και  $d_i$  η απόσταση του σταθμού i από το σταθμό Y και b σταθερά.

iv. **Μέθοδος πολυτετραγωνικής παρεμβολής:** Όπως και η μέθοδος της αντίστροφης απόστασης, η μέθοδος της πολυτετραγωνικής παρεμβολής για τον προσδιορισμό του ύψους βροχής στο τυχόν σημείο της επιφάνειας χρησιμοποιεί τις αποστάσεις του σημείου από τους γειτονικούς σταθμούς. Ειδικότερα, η εξίσωση της επιφάνειας της βροχόπτωσης προκύπτει ως άθροισμα των επιρροών των γειτονικών σταθμών, όπου κάθε επιρροή περιγράφεται μαθηματικά από μια ορθή κωνική επιφάνεια με κατακόρυφο άξονα τοποθετημένο στη θέση καθενός σταθμού.

v. **Μέθοδος ελάχιστων τετραγώνων με πολυώνυμα:** Η μέθοδος στηρίζεται στην επιλογή ενός πολυωνύμου δεδομένου βαθμού, το οποίο εκφράζει το ύψος βροχής συναρτήσει των τοπογραφικών συντεταγμένων  $x$  και  $y$  των σημείων της περιοχής. Η εκτίμηση των συντελεστών του πολυωνύμου γίνεται σε τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται το σφάλμα προσαρμογής στα σημεία γνωστού ύψους βροχής· κατά συνέπεια πρόκειται για μια μέθοδο εξομάλυνσης.

vi. **Μέθοδος πολυωνύμων Lagrange:** Πρόκειται για μέθοδο παραπλήσια με την προηγούμενη, αλλά με τη διαφορά ότι ο αριθμός των πολυωνυμικών όρων είναι ίσος με τον αριθμό των βροχομετρικών σταθμών, οπότε η πολυωνυμική έκφραση διέρχεται ακριβώς από τα σημεία γνωστού ύψους βροχής· κατά συνέπεια η μέθοδος πραγματοποιεί παρεμβολή και όχι εξομάλυνση.

vii. **Μέθοδος προσαρμογής splines:** Αντί της προσαρμογής μιας ενιαίας πολυωνυμικής έκφρασης σε όλη την περιοχή μελέτης, προσαρμόζονται τοπικές πολυωνυμικές εκφράσεις

παρεμβολής μικρού βαθμού, αποφεύγοντας έτσι το πρόβλημα των πολύ υψηλών διακυμάνσεων της επιφάνειας.

viii. **Μέθοδος βέλτιστης παρεμβολής (kgiging)**: Σε αντίθεση με το ντετερμινιστικό χαρακτήρα των προηγούμενων μεθόδων, η μέθοδος της βέλτιστης παρεμβολής θεωρεί τη μεταβολή του ύψους βροχής ως τυχαία· εκφράζει το άγνωστο ύψος βροχής στο τυχόν σημείο ως γραμμική έκφραση των γνωστών υψών βροχής στις θέσεις των βροχομετρικών σταθμών και χρησιμοποιεί τη στατιστική μεθοδολογία προκειμένου να εκτιμήσει τους συντελεστές της γραμμικής έκφρασης.

#### **1.1.4 Εξατμισοδιαπνοή**

Με τον γενικευμένο όρο της **εξατμισοδιαπνοής** εννοούμε το σύνολο των διαδικασιών με τις οποίες εξατμίζεται το νερό από υγρές επιφάνειες, διαπνέεται από τα φυτά ή χρησιμοποιείται από αυτά για τη δημιουργία φυτικής ουσίας (Σακκάς 2004). Αποτελεί σημαντική παράμετρο του υδρολογικού ισοζυγίου και αντιπροσωπεύει τις ποσότητες του νερού που επανέρχονται στην ατμόσφαιρα με τη συνδυασμένη δράση της εξάτμισης και της διαπνοής.

Εξάτμιση είναι η διαδικασία μεταφοράς του νερού από την επιφάνεια της γης στην ατμόσφαιρα. με τη μορφή υδρατμών, με ταυτόχρονη κατανάλωση ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία προμηθεύει την απαιτούμενη ενέργεια για την αλλαγή της καταστάσεως του νερού από υγρή σε αέρια. Η διαδικασία αυτή εξαρτάται επίσης από τη φύση της επιφάνειας που εξατμίζεται και από την ποιότητα και τη διαθέσιμη ποσότητα του εξατμιζομένου νερού. Η ποιότητα του εξατμιζομένου νερού, όπως αυτή καθορίζεται από τα εν διαλύσει περιεχόμενα άλατα, επιδρά στην εξάτμιση με την ελάττωση της τάσεως των υδρατμών του. Για σταθερή θερμοκρασία του νερού, η εξάτμιση είναι ανάλογη της ταχύτητας του ανέμου.

Η "εξάτμιση" του υπόγειου νερού μπορεί να γίνει έως το βάθος του 1 m από την επιφάνεια σε αμμούχα εδάφη και έως 3 m από την επιφάνεια σε αργιλούχα εδάφη (Καλλέργης 1999).

Η εξάτμιση, ως εξαρτώμενη κυρίως από την ηλιακή ακτινοβολία, ποικίλει με το γεωγραφικό πλάτος, την εποχή του έτους, το υψόμετρο, την ώρα της ημέρας και τη νέφωση (Σακκάς 2004).

Η εξάτμιση μετριέται σε ισοδύναμο πάχος του εξατμιζομένου υδατίνου στρώματος σε mm ανά ορισμένο χρονικό διάστημα.

Με τον όρο "**διαπνοή**" εννοούμε τις διαδικασίες εκείνες με τις οποίες το νερό μεταβαίνει από την υγρή στην αέρια φάση διά μέσου του σώματος των φυτών. Μικρό μόνο

μέρος του αντλούμενου νερού από το έδαφος χρησιμοποιείται για την κατασκευή του σώματος των φυτών. Το περισσότερο διαβιβάζεται στην ατμόσφαιρα, με τη μορφή υδρατμών, από την επιδερμίδα των φύλλων των φυτών. (Μανδηλαράς 2005)

Η διαπνοή εξαρτάται από τους ίδιους παράγοντες που επηρεάζουν και την εξάτμιση (θερμοκρασία εδάφους – αέρα, ηλιακή ακτινοβολία, ταχύτητα του ανέμου, τάση των υδρατμών, βαρομετρική πίεση, υγρασία εδάφους - αέρα, υψόμετρο), αλλά εξαρτάται επίσης και από άλλους παράγοντες που αφορούν το έδαφος (πορώδες, λιθολογία, κοκκομετρία) και το φυτό (είδος της χλωρίδας, ανάπτυξη του φυλλώματος, βάθος των ριζών και πυκνότητα της φυτοκαλύψεως). (Μανδηλαράς 2005)

Την μεγαλύτερη επίδραση στην εξατμισοδιαπνοή από όλους τους παραπάνω παράγοντες έχουν η μέση ετήσια θερμοκρασία και η υγρασία.

Η δυναμική εξατμισοδιαπνοή αντιπροσωπεύει την ποσότητα του νερού που θα εξατμιζόταν ή θα χρησιμοποιούταν από τα φυτά για τη διεργασία της διαπνοής, αν τα αποθέματα σε νερό ήταν αρκετά για να αντισταθμίσουν τις μέγιστες απώλειες. Πρόκειται δηλαδή για έναν κλιματικό δείκτη που δείχνει το όριο της εξατμισοδιαπνοής σε μια περιοχή, αν η προσφορά του νερού κάλυπτε τις απώλειες από την εξάτμιση και τη διαπνοή. Στη φύση η πραγματική καταναλισκόμενη ποσότητα νερού είναι συνήθως μικρότερη της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής (PE). (Μανδηλαράς 2005)

Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή (AE) θεωρείται υδρολογική απώλεια και περιλαμβάνει δύο συνιστώσες, την άμεση και την εδαφική εξατμισοδιαπνοή. Η άμεση εξατμισοδιαπνοή αναφέρεται στον ταχύ μετασχηματισμό μέρους της βροχόπτωσης σε απώλειες λόγω εξάτμισης, ενώ η εδαφική εξατμισοδιαπνοή αναφέρεται στην ικανοποίηση του ελλείμματος της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής μέσω της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας (Γιαννουλόπουλος 2000).

Η εξατμισοδιαπνοή, δυνητική ή πραγματική, εξαρτάται, όπως είπαμε, από το είδος της φυτοκάλυψης και τα χαρακτηριστικά της (ύψος, φύλλωμα, στάδιο ανάπτυξης, κ.ά.). Για λόγους τυποποίησης των υπολογισμών έχει εισαχθεί η έννοια της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (reference crop evapotranspiration), η οποία ορίζεται ως ο ρυθμός εξάτμισης (mm/d) από μια επιφάνεια γρασιδιού ύψους 0,12 m, αντανακλαστικότητας 0,23 , επιφανειακής αντίστασης 69 s/m και απεριόριστης διαθεσιμότητας εδαφικού νερού. (Θεοδωρακόπουλος 2009)

Δυστυχώς, η εξατμισοδιαπνοή από φυτοκαλυμμένες περιοχές και η εξάτμιση από ελεύθερες επιφάνειες νερού είναι από τις λιγότερο κατανοητές συνιστώσες του υδρολογικού

κύκλου και επομένως η ακριβής εκτίμησή τους σε εκτεταμένες περιοχές παραμένει δύσκολη.

Ένα μοντέλο που θα περιλαμβάνει όλες τις διεργασίες της ροής του νερού μέσα από το σύστημα έδαφος-φυτό-ατμόσφαιρα και θα βασίζεται σε καταξιωμένες φυσικές αρχές θα μπορεί να εφαρμόζεται παγκόσμια για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής. Όμως η δημιουργία ενός τέτοιου μοντέλου δεν είναι εφικτή αφ' ενός μεν γιατί όλες οι διεργασίες της ροής του νερού δεν είναι εξ' ολοκλήρου κατανοητές και αφετέρου εάν ήταν κατανοητές η μαθηματική τους παρουσίαση θα απαιτούσε έναν μεγάλο αριθμό παραμέτρων στον υπολογιστή. (Παπαϊωάννου 1995). Επομένως η διαδικασία υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής θα πρέπει να είναι πιο κατανοητή και λιγότερο σύνθετη και γι' αυτό το λόγο τα μοντέλα προσομοίωσής της ποικίλουν, ανάλογα με το υπόβαθρο. Έτσι υπάρχουν τα πιο σύνθετα μοντέλα τα οποία χρησιμοποιούν φυσικό υπόβαθρο και αναφέρονται στις φυσικές διεργασίες που διέπουν την εξατμισοδιαπνοή και πιο απλά μοντέλα που βασίζονται σε συσχετίσεις της εξατμισοδιαπνοής με μια μόνο παράμετρο. Τα πρώτα μοντέλα που βασίζονται στις διεργασίες της εξατμισοδιαπνοής και χρησιμοποιούν μεθόδους συνδυασμού δίνουν ακριβέστερα αποτελέσματα σε σχέση με τα πιο απλά εμπειρικά μοντέλα που βασίζονται σε μια ατμοσφαιρική παράμετρο για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής. (Θεοδωρακόπουλος 2009)

### **Εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής με μεθόδους συνδυασμού**

Ονομάζονται έτσι γιατί βασίζονται στο συνδυασμό του ενεργειακού ισοζυγίου και της αεροδυναμικής μεταφοράς των υδρατμών.

#### **➤ Μέθοδος Penmann**

Ο **Penman** (1948) ήταν ο πρώτος που έκανε εφικτή την εκτίμηση της εξάτμισης από μετρήσεις θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας και ταχύτητας ανέμου σε μία μόνο στάθμη της ατμόσφαιρας, μέσα από το συνδυασμό των δύο γνωστών τρόπων εκτίμησής της (εξίσωση μεταφοράς και εξίσωση ενεργειακού ισοζυγίου). Ως τότε η εκτίμηση της εξάτμισης προϋπέθετε τη μέτρηση όλων αυτών των παραγόντων σε δύο επίπεδα (επιφάνεια και ατμόσφαιρα). Η εξίσωση **Penman** κανονικά εφαρμόζεται για την εκτίμηση της εξάτμισης από υδάτινη επιφάνεια. Μια βασική παραδοχή για την ανάπτυξή της, η οποία ευσταθεί για υδάτινη επιφάνεια, είναι ότι οι υδρατμοί κοντά στην επιφάνεια είναι κορεσμένοι. Η παραδοχή αυτή δεν ευσταθεί στην περίπτωση της διαπνοής, όπου οι υδρατμοί δεν είναι κορεσμένοι στην επιφάνεια των φύλλων. Παρόλη την αδυναμία της αυτή, η μέθοδος



**Penman** έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως και για την εκτίμηση της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής από εδαφικές επιφάνειες (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999).

Η εξίσωση του **Penman** είναι:

$$E' = \frac{(\Delta \times R_n)}{(\Delta + \gamma)} \times \lambda + \frac{(\gamma \times F(u) \times D)}{(\Delta + \gamma)} \quad (1.8)$$

όπου  $\Delta$ : η κλίση της καμπύλης κορεσμού υδρατμών,  $R_n$ : η ολική καθαρή ενέργεια ακτινοβολίας,  $\gamma$ : ψυχομετρικός συντελεστής,  $\lambda$ : λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης,  $D$ : το έλλειμμα κορεσμού στην ατμόσφαιρα και είναι ίσο με:

$$D = e \times T_a \times (1 - U)$$

$F(u)$ : η συνάρτηση ανέμου και υπολογίζεται από τη σχέση:  $F(u) = 0,13 + 0,14u$ .

#### ➤ Μέθοδος **Penman-Monteith**

Για να αντιμετωπίσει την παραπάνω αδυναμία της μεθόδου **Penman**, ο **Monteith** (1965) αναδιατύπωσε τη μέθοδο εισάγοντας την επιφανειακή αντίσταση των στομάτων ( $r_s$ ) των φυλλωμάτων στην εξάτμιση. Προέκυψε έτσι η αποκαλούμενη μέθοδος **Penman-Monteith**, η οποία είναι κατάλληλη για την εκτίμηση της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής των φυτών και ειδικότερα της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς. Η ίδια μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, με τη διαφορά ότι δεν αρκούν πλέον τα τυπικά για τη μέθοδο **Penman** μετεωρολογικά δεδομένα αλλά χρειάζονται και μετρήσεις της επιφανειακής αντίστασης των φυλλωμάτων. Η χρήση της μεθόδου **Penman-Monteith** τείνει να γενικευτεί τα τελευταία χρόνια σε εκτιμήσεις εξατμισοδιαπνοής, λόγω της ακριβέστερης περιγραφής του φαινομένου (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999).

Ο **Monteith** κατέληξε λοιπόν στην ακόλουθη τροποποιημένη σχέση **Penman**, γνωστή ως εξίσωση **Penman-Monteith** :

$$E' = \frac{(\Delta \times R_n)}{(\Delta + \gamma')} \times \lambda + \frac{(\gamma' \times F(u) \times D)}{(\Delta + \gamma')} \quad (1.9)$$

Όπου  $\gamma' = \gamma \times (1 + r_s/r_a)$  και  $F(u) = \frac{E \times P_a}{p \times r_a}$

#### ➤ Μέθοδος **Doorenbos and Pruitt**

Το 1977 οι **Doorenbos and Pruitt** πρότειναν ελαφρές τροποποιήσεις της μεθόδου **Penman**, για να την κάνουν κατάλληλη για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς. Η μέθοδος αυτή συνοψίζεται στην εξίσωση:

$$E' = c \left[ \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot \frac{R_n}{\lambda} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} \cdot F(u) \cdot D \right] \quad (1.10)$$

Παρατηρούμε ότι μια τροποποίηση στη μέθοδο αυτή είναι η εισαγωγή του συντελεστή αναγωγής  $c$ , ο οποίος λαμβάνει υπόψη τις διαφορές των μετεωρολογικών συνθηκών που

επικρατούν σε ένα τόπο μεταξύ ημέρας και νύχτας. Μια δεύτερη τροποποίηση αφορά στη συνάρτηση ανέμου, η οποία εδώ είναι:

$$F(u) = 0.27 \cdot (1 + 0,86u) \quad (1.11)$$

Από τη δεκαετία του 1970 μέχρι πρόσφατα η μέθοδος **Doorenbos and Pruitt** αποτέλεσε το διεθνές πρότυπο, γνωστό και ως πρότυπο F.A.O (Food and Agriculture Organization), εκτίμησης των υδατικών αναγκών των καλλιεργειών. Ως αποτέλεσμα όλων των τροποποιήσεων της μεθόδου **Penman**, η μέθοδος **Doorenbos and Pruitt** παρουσιάζει την τάση υπερεκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999).

#### ➤ Μέθοδος **Priestley and Taylor**

Η υπολογιστική πολυπλοκότητα των παραπάνω μεθόδων οδήγησε πολλούς ερευνητές στην αναζήτηση απλοποιήσεων της, χρησιμοποιώντας κατά το δυνατό λιγότερα δεδομένα πρωτογενών μετρήσεων. Μια αρκετά διαδεδομένη, εύχρηστη και ικανοποιητικά ακριβής απλοποίηση είναι αυτή των **Priestley and Taylor** (1972) που περιγράφεται από την εξίσωση:

$$E' = a_e \times \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \times \frac{R_n}{\lambda} \quad (1.12)$$

όπου  $a_e$  αριθμητική σταθερά (λαμβάνεται ίση με 1.3).

Παρατηρούμε ότι η εξίσωση **Priestley - Taylor** χρησιμοποιεί μόνο τον ενεργειακό όρο της εξίσωσης **Penman**, τον οποίο επαυξάνει κατά 30%, παραλείποντας τελείως τον όρο μεταφοράς. Κατά συνέπεια για την εφαρμογή της δε χρειάζεται να είναι γνωστή η ταχύτητα ανέμου και τα παρεπόμενα μεγέθη (τραχύτητα, επιφανειακή αντίσταση κλπ.). Η μέθοδος έχει προταθεί ως εφαρμόσιμη τόσο για την εξατμηση από υδάτινες επιφάνειες όσο και για τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή εδαφών (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999).

### **Εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής με εμπειρικές μεθόδους**

#### ➤ Μέθοδος **Blaney - Criddle**

Στην αρχική της μορφή (Blaney & Criddle 1950) εκτιμά τη μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή μιας καλλιέργειας με βάση την ακόλουθη απλή σχέση, η οποία έχει μοναδικό μετεωρολογικό δεδομένο εισόδου τη θερμοκρασία:

$$E_p = 0,254 \times k_c \times p \times (32 + 1,8 \times T_a) \quad (1.13)$$

όπου  $E_p$ : η δυνητική εξατμισοδιαπνοή σε mm/μήνα,  $K_c$ : συντελεστής καταναλωτικής χρήσης (φυτικός συντελεστής),  $T_a$ : θερμοκρασία σε °C,  $p$  = ποσοστό (%) των ωρών ημέρας του συγκεκριμένου μήνα σε σχέση με το σύνολο των ωρών ημέρας του έτους.

Η μέθοδος αυτή έχει χρησιμοποιηθεί ευρύτατα σε πολλές χώρες και ειδικότερα στην Ελλάδα για την εκτίμηση των αρδευτικών αναγκών (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999).

#### ➤ Μέθοδος Thornthwaite

Η εμπειρική μέθοδος του **Thornthwaite** έχει χρησιμοποιηθεί στην πράξη περισσότερο από κάθε άλλη, διεθνώς αλλά και στην Ελλάδα, λόγω των μικρών απαιτήσεων της σε δεδομένα εισόδου (μόνο μέση θερμοκρασία) αλλά και της παλαιότητας της (1948). Βασίζεται στην εξίσωση:

$$ET = 16 \times (10^{T_a/I})^a \times \left( \frac{\mu N}{360} \right) \quad (1.14)$$

όπου ET : η δυνητική εξατμισοδιαπνοή σε mm/μήνα ,  $T_a$  :η μέση θερμοκρασία του μήνα σε °C,  $\mu$  :ο αριθμός των ημερών του μήνα, N: η μέση αστρονομική διάρκεια ημέρας, I: εμπειρικός συντελεστής που ονομάζεται ετήσιος θερμικός δείκτης και  $a$ : άλλος εμπειρικός συντελεστής, συνάρτηση του I.

Οι δύο εμπειρικοί συντελεστές υπολογίζονται με βάση τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες των 12 μηνών του έτους (που συμβολίζονται με το δείκτη  $j=1,2,\dots,12$ ), από τις εξισώσεις:

$$I = \sum_{i=1}^{12} i_j$$

$$i_j = 0,09 \times T a_j^{3/2}$$

$$a = 0,016 \times I + 0,5$$

Οι δύο τελευταίες εξισώσεις, γνωστές ως εξισώσεις του **Serra**, αποτελούν απλοποιήσεις των αρχικών εξισώσεων του **Thornthwaite**. (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999)

#### ➤ Μέθοδος Turc

Επινοήθηκε από τον **Turc** το 1951 και προσδιορίζει την μέση ετήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή (σε mm) με την απλή σχέση που ακολουθεί:

$$E = \frac{P}{\sqrt{0,90 + (P/L)^2}} \quad (1.15)$$

όπου ET η μέση ετήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή σε mm/έτος ,

$$L = 300 + 25 \times T + 0,05 \times T^3$$

και T η μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα (σε °C). (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999)

#### ➤ Μέθοδος Hargreaves

Είναι μια σχετικά πρόσφατη εμπειρική μέθοδος εκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς, που απαιτεί μόνο θερμοκρασιακά δεδομένα εισόδου και βασίζεται στην απλή εξίσωση:

$$E_{rc} = 0,0023 \times \left( \frac{S_0}{\lambda} \right) \times (T_a + 17,8) \times (T_{max} - T_{min})^{0,5} \quad (1.16)$$

όπου  $E_{rc}$ : η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς σε mm/d,  $S_0$ : η εξωγήινη ακτινοβολία σε kJ / (m<sup>2</sup>d),  $\lambda$ : η λανθάνουσα θερμότητα εξατμίσεως σε kJ/Kg,  $T_a$ : η μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα σε °C,  $T_{max}$ -  $T_{min}$ : η διαφορά της μέγιστης και της ελάχιστης θερμοκρασίας σε °C

Η μέθοδος αυτή φαίνεται ότι δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα με σφάλμα της τάξης του 10 - 15% ή του 1 mm/d (το μεγαλύτερο από τα 2) και συστήνεται ως μια ανεκτή προσέγγιση για την περίπτωση που τα μόνα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα είναι τα θερμοκρασιακά (Shuttleworth 1993, Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999).

### 1.1.5 Διήθηση-Κατείσδυση

**Διήθηση** είναι η φυσική διεργασία της εισχώρησης νερού στο έδαφος που προέρχεται από βροχόπτωση, τήξη χιονιού ή άρδευση (Rawls et al 1993). Ο ρυθμός διήθησης εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα του νερού για διήθηση και από τις ιδιότητες του εδάφους ως προς τη δυνατότητα κίνησης του νερού σε αυτό. Η διήθηση και η κίνηση του νερού στο έδαφος παίζουν σημαντικό υδρολογικό ρόλο και επηρεάζουν την επιφανειακή απορροή, την εξατμισοδιαπνοή, την επαναφόρτιση των υδροφορέων αλλά και τη μεταφορά διαλυμένων ουσιών στο έδαφος (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999).

Ποσοτικά, ο ρυθμός διήθησης είναι μεταβλητός χωρικά και χρονικά. Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται είναι (α) η ένταση και η διάρκεια των βροχοπτώσεων, (β) οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους, (γ) η κατάσταση του επιφανειακού εδαφικού καλύμματος, (δ) η παρουσία ή απουσία χλωρίδας, (ε) η περιεκτικότητα του επιφανειακού εδάφους σε υγρασία πριν την έναρξη της βροχόπτωσης, (στ) η θερμοκρασία, (ζ) η ποιότητα του βρόχινου νερού, (η) η περιεκτικότητα του εδάφους σε αέρα, (θ) το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα και (ι) τα τριχοειδή φαινόμενα (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999).

Ένα μέρος του νερού της βροχής που κατέρχεται στο έδαφος (περίσσεια βροχόπτωσης), εφόσον το έδαφος δεν έχει κορεστεί, αποθηκεύεται ως εδαφική υγρασία. Όταν το έδαφος κορεστεί, η ποσότητα που δεν μπορεί πλέον να αποθηκευτεί απορρέει επιφανειακά. Εφόσον, η βροχόπτωση είναι μικρότερη από τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή, ένα μέρος της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας εξατμίζεται (εδαφική εξατμισοδιαπνοή). Η κατείσδυση (βαθιά διήθηση) αναφέρεται στο νερό, εκτός από αυτό που εξατμίζεται ως εδαφική εξατμισοδιαπνοή και αποθηκεύεται ως εδαφική υγρασία, το οποίο διηθείται μέσα στα

πετρώματα και κατεισδύει στους υπόγειους υδροφορείς εμπλουτίζοντάς τους (Μαγγούτα 2011).

Παρά την αρκετά πλήρη κατανόηση των μηχανισμών της διήθησης και της κίνησης του νερού στο έδαφος, και την πρόοδο στα μαθηματικά μοντέλα ακόρεστης ροής στο έδαφος, οι μεθοδολογίες ποσοτικής εκτίμησης της διήθησης ακόμη δεν προσφέρουν τον επιθυμητό συνδυασμό ακρίβειας και ευκολίας εφαρμογής. Το σημαντικό πρόβλημα που αντιμετωπίζει κάθε μεθοδολογία ποσοτικής εκτίμησης της διήθησης είναι η ισχυρή ανομογένεια και ανισοτροπία των εδαφών. (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999).

Στην ποσοτική περιγραφή της διήθησης ενδιαφέρει η μεταβολή στο χρόνο  $t$  της αθροιστικής ποσότητας νερού  $F$  που διηθείται σε ένα σημείο ή σε μια επιφάνεια, μετρημένης σε ισοδύναμο ύψος (τυπικές μονάδες: mm).

Γενικά, οι υπάρχουσες μεθοδολογίες ποσοτικής προσέγγισης της διήθησης κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999):

- Απ' ευθείας μετρήσεις με διηθησόμετρα: Δίνουν μόνο σημειακές, στο χώρο και στο χρόνο, τιμές της διήθησης, που δύσκολα επεκτείνονται χωροχρονικά, αλλά και δεν αντιστοιχούν στις φυσικές τιμές της διήθησης.
- Έμμεσες συνολικές εκτιμήσεις από το ισοζύγιο των υπόγειων υδροφορέων: Είναι εφαρμόσιμες μόνο όταν μπορούν να εκτιμηθούν με ακρίβεια οι μεταβολές όγκου, οι απολήψεις και οι διαφυγές των υπόγειων υδροφορέων
- Ημιεμπειρικές αναλυτικές σχέσεις: Πρόκειται για σχετικά απλές αναλυτικές σχέσεις αρκετά εύχρηστες αλλά με δύσκολα προσδιοριζόμενες παραμέτρους.
- Πληρέστερες θεωρητικές προσεγγίσεις: Στηρίζονται στην επίλυση των διαφορικών εξισώσεων ακόρεστης ροής σε πορώδες μέσο. Γενικά είναι δύσχρηστες αλλά επιδέχονται απλοποιήσεις, οι οποίες όμως, προσκρούουν στα προβλήματα της ισχυρής ανισοτροπίας και ανομογένειας των εδαφών.

### **Ημιεμπειρικές σχέσεις εκτίμησης της διήθησης**

Πρώτος ο Horton (1930) κατέληξε σε μαθηματική διατύπωση της εξέλιξης της έντασης διήθησης στο χρόνο. Το μοντέλο Horton ισχύει σε συνθήκες επιφανειακής κατάκλυσης του εδάφους και προβλέπει εκθετικά φθίνουσα μορφή της εξέλιξης της έντασης διήθησης  $f(t)$  με ασυμπτωτική κατάληξη  $f_c$ :

$$f = f_c + (f_0 - f_c) e^{-kt} \quad (1.17)$$

όπου  $f_0$  η αρχική ένταση διήθησης (στο χρόνο 0) και  $k$  συντελεστής μείωσης με το χρόνο. Η εφαρμογή απαιτεί τον πειραματικό προσδιορισμό των τριών παραμέτρων  $f_c$ ,  $f_0$  και  $k$ , ο

οποίος παρουσιάζει σημαντικές δυσκολίες στην πράξη (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999).

### Προσεγγιστικές θεωρητικές σχέσεις εκτίμησης της διήθησης

Οι θεωρητικές προσεγγίσεις της διήθησης βασίζονται στο νόμο κίνησης νερού σε πορώδη μέσα του Darcy, ο οποίος στην περίπτωση της κατακόρυφης ακόρεστης ροής γράφεται  $q = \frac{-k\theta(\psi+z)}{\theta_z}$  (1.18)

όπου  $q$ : η παροχή ανά μονάδα οριζόντιας επιφάνειας στη στάθμη  $z$ , με διαστάσεις ταχύτητας, γνωστή ως ειδική παροχή,  $K$ : συντελεστής με διαστάσεις ταχύτητας, γνωστός ως υδραυλική αγωγιμότητα και  $\psi$ : η ανά μονάδα βάρους ενέργεια του νερού που οφείλεται στις δυνάμεις μύζησης, γνωστή ως ύψος μύζησης, με διαστάσεις μήκους (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999).

➤ Μέθοδος Philip: Ο Philip (1957) κατόρθωσε να υπολογίσει το ύψος διήθησης, προσεγγίζοντας το με την απλή εξίσωση

$$F = S\sqrt{t} + kt \quad (1.19)$$

όπου  $S$ : παράμετρος γνωστή ως απορροφητικότητα.

➤ Μέθοδος Green-Ampt: Το 1911, οι Green-Ampt βασισμένοι σε ένα πιο απλουστευμένο θεωρητικό μοντέλο της διήθησης και προσεγγίζοντας τη διαφορική εξίσωση του Darcy με μια εξίσωση διαφορών, κατόρθωσαν να δώσουν μια αρκετά πλήρη μαθηματική περιγραφή του φαινομένου. Με νεότερες συμβολές αρκετών ερευνητών από τη δεκαετία του 1970 (Viessman et al 1989), το μοντέλο έχει ισχυροποιηθεί και η χρήση του διαδόθηκε, ιδίως μετά την ενσωμάτωση του σε υδρολογικά υπολογιστικά πακέτα. Η εξίσωση Green-Ampt σε διαφορική μορφή γράφεται

$$\frac{dF}{dt} = k \left( 1 + \frac{\psi\Delta\theta}{F} \right) \quad (1.20)$$

όπου  $\Delta\theta$ : το έλλειμμα υγρασίας και συγκεκριμένα  $\Delta\theta = n - \theta_i \frac{dF}{dt}$ ,  $n$ : το πορώδες του εδάφους και  $\theta$ : η αρχική εδαφική υγρασία.

Η παραπάνω σχέση επιλύεται αναλυτικά και καταλήγει στην σχέση των Chow et al (1988):

$$F = Kt + \psi\Delta\theta \ln \left( 1 + \frac{\psi\Delta\theta}{F} \right) \quad (1.21)$$

### **1.1.6 Επιφανειακή απορροή**

Ένα μέρος του νερού που φθάνει στην επιφάνεια της γης από τις ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις κινείται στην επιφάνεια του εδάφους και ένα άλλο διηθείται στο έδαφος. Μέρος από το διηθούμενο νερό κινείται πλευρικά και επανεμφανίζεται στην επιφάνεια του εδάφους ή σε υδατορρέυματα σε χαμηλότερα υψόμετρα ενώ ένα άλλο καταλήγει σε βαθύτερα στρώματα και εμπλουτίζει τους υπόγειους υδροφορείς, που με τη σειρά τους πολλές φορές τροφοδοτούν κάποιο επιφανειακό υδατόρρευμα. Το μέρος των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων που φθάνει με κάποιο τρόπο σε ένα υδατόρρευμα αποτελεί γενικά την απορροή (runoff). (Μπέλλου 2005)

Σε κάθε διατομή ενός υδατορρέυματος διέρχονται τα νερά που προέρχονται από συγκεκριμένη επιφάνεια η οποία ονομάζεται λεκάνη απορροής. (Μπέλλου 2005)

Με βάση τα παραπάνω η απορροή μπορεί να εμφανιστεί με διάφορες μορφές. Έτσι παρατηρούμε (Θεοδωρακοπουλος 2009):

- την άμεση απορροή που οφείλεται στην ύπαρξη διαπερατών σχηματισμών, μέσω των οποίων ποσοστό της βροχής απορρέει άμεσα,
- την επίγεια ροή που είναι μια ταχεία απόκριση που οφείλεται στον κορεσμό του εδάφους,
- την υποδερμική ροή που είναι μια αργή απόκριση που οφείλεται στην πλευρική (οριζόντια) κίνηση του νερού που εισχωρεί στο έδαφος και
- τη βασική ροή, δηλαδή την απόκριση των κατώτερων εδαφικών στρωμάτων (υδροφορείς), μέσω πηγών.

Συχνά με τον όρο απορροή εννοείτε η επιφανειακή απορροή. Αυτό συμβαίνει διότι στην υδρολογία η επιφανειακή απορροή ενδιαφέρει περισσότερο από κάθε άλλη συνιστώσα του υδρολογικού κύκλου, τόσο γιατί δίνει το μεγαλύτερο μέρος των εκμεταλλεύσιμων υδατικών πόρων, όσο και γιατί δημιουργεί σημαντικούς φυσικούς κινδύνους στην περίπτωση των πλημμυρών (Θεοδωρακοπουλος 2009). Η επιφανειακή απορροή εξαρτάται από:

- Τη διαπερατότητα των πετρωμάτων ή γεωλογικών σχηματισμών της λεκάνης απορροής
- Την ένταση, τη διάρκεια και την κατανομή των βροχοπτώσεων
- Τη βλάστηση
- Το μέγεθος και την κλίση της υδρολογικής λεκάνης
- Τη γεωμετρία του υδρογραφικού δικτύου
- Την εποχή του χρόνου
- Το βάθος της ελεύθερης επιφάνειας του υπόγειου νερού

- Ανθρώπινες επεμβάσεις

Η απορροή είναι δυνατόν να είναι επιφανειακή ή υπόγεια και μετρείται συνήθως σε  $m^3/s$ ,  $m^3/μέρα$ ,  $hm^3/μήνα$  κ.ά. ( $1 hm^3 = 10^6 m^3$ ). Ειδική απορροή είναι η απορροή ανά μονάδα επιφανείας  $m^3/s/km^2$  (Μπέλλου 2005).

Η επιφανειακή απορροή σε μια συγκεκριμένη θέση κατά μήκος ενός ρεύματος μπορεί να υπολογιστεί με δύο τρόπους: (i) με άμεση μέτρηση του εμβαδού της υγρής της διατομής και της μέσης ταχύτητας του ρεύματος οπότε η παροχή προκύπτει από το γινόμενο της ταχύτητας επί το αντίστοιχο εμβαδόν και (ii) με την έμμεση μέτρηση της παροχής μέσω της στάθμης του νερού όταν υπάρχει υπολογισμένη σχέση στάθμης-παροχής ή άλλων υδραυλικών μεθόδων υπολογισμού. Το σημείο κατά μήκος του ρεύματος όπου γίνονται οι μετρήσεις ονομάζεται περιοχή μέτρησης (gauging site), ή σταθμός μέτρησης (gauging station) (Μπέλλου 2005)

Εμπειρικοί και αναλυτικοί τύποι αποκτούν χρησιμότητα μόνο στις περιπτώσεις, που δεν υπάρχει άλλη δυνατότητα προσδιορισμού της παροχής. Η αξιοπιστία τους αυξάνεται, όταν κατά την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων λαμβάνονται υπόψη και δεδομένα παροχών από παρακείμενα ή από ανάλογα ρεύματα, για τα οποία υπάρχουν μετρήσεις ή και αξιόπιστες εκτιμήσεις. Εάν δεν υπάρχουν τέτοια δεδομένα, τα αποτελέσματα τους μπορούν να ελεγχθούν χονδρικά κατά τον Bergthaler (1975), ως εξής:

- σε ρεύματα με στερεοπαροχή μικρότερη του 20% της υδατοπαροχής, η μέγιστη υδατοπαροχή με περίοδο επανάληψης 50 - 100 έτη αντιστοιχεί περίπου σε:

$$Q = (4 \text{ έως } 12) \times F^{2/3} \quad (1.22)$$

όπου  $F$  : η επιφάνεια της λεκάνης ( $km^2$ )

- σε ρεύματα με στερεοπαροχή μεγαλύτερη του 20% της υδατοπαροχής, η μέγιστη παροχή του ρεύματος είναι τόσο πιο μεγάλη από το παραπάνω όρια, όσο εντονότερη είναι η στερεομεταφορά.

Πάντως, η χρήση των εμπειρικών και αναλυτικών τύπων στη χώρα μας πρέπει να γίνεται γενικά με επιφύλαξη, επειδή η διατύπωση τους έγινε σε άλλες χώρες κάτω από διαφορετικές συνθήκες κλίματος, ανάγλυφου, γεωλογικού υποθέματος και βλάστησης (Κωτούλας 2001).

### **Εμπειρικοί τύποι**

Στους παρακάτω τύπους το σύμβολο  $F$  εκφράζει το μέγεθος της λεκάνης απορροής ( $km^2$ ), ενώ τα λοιπά ειδικά σύμβολα αναλύονται για κάθε τύπο χωριστά. Το αποτελέσματα



τους παρέχουν συνήθως την ειδική απορροή  $q$  ( $m^3/s, km^2$ ). Οι εμπειρικοί τύποι έχουν ως εξής (Παπαριζος & Χατζημηριάδης 2010):

**Αλεξόπουλος:**  $Q_{max} = 14\sqrt{F}\log_{10} F$  για ελλαδικά ρεύματα, με λεκάνες έκτασης 5-200 $km^2$

**Friedrich:**  $Q_{max} = 24,12 \cdot F^{0,516}$

**Klement-Wunderlich:**  $Q_{max} = 5,5 \cdot F^{5/6}$  (ισχύει για έντονα ορεινές περιοχές)

**Wundt:**  $Q_{max} = 13,8 \cdot 0,6F$

**Coutagne:**  $Q_{max} = a \cdot 0,5F$

**Valentini:**  $q_{max} = 30/0,5F$

**Kürsteiner:**  $q_{max} = A/F^{2/3}$  για μεγάλες  $A=9$ , για μικρές λεκάνες  $A=12-15$

**Henry Boot:**  $Q_{max} = a \cdot 0,75F$ , για ελλαδικά ρεύματα,  $a=3,3-6,7$

**Hoffbauer:**  $q_{max} = a \cdot [40/(100 \cdot F)^{1/6}]$  προϋπόθεση:  $F > 10 km^2$

- για ημιορεινές περιοχές  $a=3,3-0,5$
- για ορεινές περιοχές  $a=0,5-0,7$

**Melli:**  $q_{max} = a \cdot [40/(100 \cdot F)^{1/6}]$  ισχύει για  $F < 150 km^2$ , όπου  $a=0,4$  (μέση τιμή)

**Kresnik:**  $q_{max} = a \cdot [32/(0,5 + F^{1/2})]$ ,  $a=0,6-2,0$

**Müller:**  $q_{max} = y_m \cdot (40/F^{1/3})$ ,  $y_m = (F_1 y_1 + F_2 y_2)/F$ , όπου:

$F_1$ : δασοσκεπής έκταση

$F_2$ : λιβαδική ή αγροκαλλιεργούμενη έκταση

$y_1, y_2$ : συντελεστές απορροής

**Melli-Müller:**  $Q_{max} = y \cdot 43 \cdot F^{2/3}$

Σε περίπτωση που υποδιαιρείται η ορεινή λεκάνη σε περισσότερα τμήματα, ισχύει:

$$\psi_m = \frac{\sum_i \psi_i \Delta F_i}{\sum_i \Delta F_i} \text{ όπου } \sum_i \Delta F_i = F \text{ και } Q_{max} = \psi_m \times 43 \times F^{2/3}$$

όταν η κλίση της λεκάνης είναι  $> 50\%$ , ο συντελεστής απορροής  $\psi_m$  πολλαπλασιάζεται επί 1,1, ενώ όταν είναι  $< 20\%$ , πολλαπλασιάζεται επί 0,9.

**Meli-Müller (κατά Zeller):**  $Q_{\max} = \psi_m = \lambda \cdot F^{2/3}$

όπου  $\lambda$  είναι ο συντελεστής, ο οποίος δίνεται σε συνάρτηση με την ένταση της ωριαίας βροχής με περίοδο επανάληψης 100 ετών  $i_{1,100}$

**Iszkowski:**  $q_{\max} = ah \cdot m \cdot H$

όπου  $H$  είναι το μέσο ετήσιο ύψος βροχής (μόνο σε μέτρα). Ο τύπος ισχύει μόνο για  $H > 1.000\text{mm}$ . Το  $ah$  είναι ο συντελεστής διαμόρφωσης της λεκάνης. Το  $m$  είναι συντελεστής που δίνεται ανάλογα με το εμβαδό της λεκάνης.

**Possenti:**  $Q_{\max} = (a \cdot I_N / L) \cdot [E_H + (E_N / 3)]$  'όπου:

$a = 700$  (μέση τιμή)

$L =$  μήκος της διαδρομής του ρεύματος έως το απώτατο σημείο (km)

$E_H, E_N =$  έκταση λεκάνης στην ορεινή και πεδινή περιοχή ( $\text{km}^2$ )

**Ορθολογική μέθοδος:**  $Q_{\max} = 0,278 \cdot c \cdot i \cdot F$ , όπου:

$c =$  συντελεστής απορροής

$i =$  ένταση βροχής (mm/h)

**Fuller max:**  $Q_N = Q_1 \cdot (1 + \beta \cdot \log_a T) \cdot [1 + (2,66 / F^{0,30})]$

Ο τύπος δίνει απ' ευθείας τη μέγιστη παροχή ορισμένης χρονικής περιόδου επαναφοράς. όπου  $Q_1$  είναι η μέση παροχή των πλημμυρικών υδάτων με περίοδο επανάληψης ενός έτους,  $\text{m}^3$  και η οποία υπολογίζεται συνήθως από την σχέση:  $Q_1 = 1,80 \cdot F^{0,8}$  όπου  $\beta = 0,8$  και  $T =$  περίοδος επαναφοράς.

Οι συντελεστές που περιέχονται στους παραπάνω εμπειρικούς τύπους, αποτελούν στην ουσία συντελεστές απορροής, οι οποίοι ποικίλλουν μέσα σε ευρέα όρια. Γενικά, όσο μικρότερη και πιο απότομη είναι μια λεκάνη, όσο μεγαλύτερα τα υψόμετρα της και όσο μικρότερο το ποσοστό δάσωσης και η διαπερατότητα της τόσο αυξάνεται ο συντελεστής απορροής. Με βάση τα κριτήρια αυτά γίνεται και η επιλογή του.

Οι περισσότεροι από τους τύπους που αναφέρθηκαν, προσδιορίζουν αρχικά την ειδική απορροή  $q$  ( $\text{m}^3/\text{s}, \text{km}$ ). Η ανεύρεση της αντίστοιχης συνολικής παροχής γίνεται στην συνέχεια με τη βοήθεια της σχέσης:

$$Q = q \cdot F \quad (1.23)$$

### Αναλυτικοί (προσδιοριστικοί) τύποι

(Παπαριζος & Χατζημηλιάδης 2010):

$$\mathbf{Turazza:} \quad Q_{\max} = 11,57 \cdot \alpha \cdot K \cdot F \cdot [h_p / (t_p + t_c)] ,$$

όπου  $\alpha$ : συντελεστής απορροής (εκτιμάται)

$K$ : συντελεστής αιχμής,  $K = 2$

$t_p$ : η διάρκεια της βροχής σε ημέρες. Θεωρείται ότι  $t_p = t_c$

$t_c$ : μέγιστος χρόνος συγκέντρωσης της απορροής (ημέρες)

$t_c = t_c' / 24$ , όπου  $t_c'$  ο χρόνος  $t_c$  εκφρασμένος σε ώρες

$$t'_c = \frac{4\sqrt{F} + 1.5 \times L}{0.8\sqrt{Z}}$$

$L$ : μήκος κεντρικής κοίτης (km)

$Z$ : διαφορά μεταξύ μέσου και ελάχιστου υψομέτρου.

$h_p$ : μέγιστο ύψος βροχής με διάρκεια ίση με  $t_p$  (m)

$$h_p = h' / 1000$$

$h'$ : ύψος βροχής με διάρκεια  $t_p$  (mm)

$$h' = \left[ a - \left( \frac{a}{72} \times t_p \right) \times \sqrt{t'_p} \right]$$

όπου  $a$  είναι συντελεστής και προσδιορίζεται από τον τύπο  $a = h / 3,27$

και  $t'_p$  είναι ο χρόνος  $t_p$  σε ώρες

$$\mathbf{Giandotti:} \quad Q_{\max} = (0,277 \cdot P \cdot F) / t_c'$$

όπου  $P$ : ύψος βροχής σε χρόνο  $t_c'$  (mm)

$$P = h \times \sqrt{\frac{t'_c}{24}}$$

$h$ : μέγιστο ύψος βροχής 24ωρου (mm)

$t_c'$ : μέγιστος χρόνος συγκέντρωσης απορροής (ώρες)

$$t'_c = \frac{4 \times \sqrt{F} + 1.5 \times L}{0.8 \times \sqrt{Z}}$$

L: μήκος κύριας κοίτης (km)

Z: διαφορά μεταξύ μέσου και ελάχιστου υψομέτρου (m)

## 1.2 ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗ

### 1.2.1. Ορισμοί

Η στερεοαπορροή (sediment flux),  $S_Y$ , είναι το φυσικό μέγεθος που μπορεί να εκφράσει και τις τρεις σχετικές φυσικές διεργασίες (εδαφική διάβρωση, στέρεομεταφορά και απόθεση). Εκφράζει τη συνολική μάζα των φερτών υλικών που παροχετεύονται από μια διατομή ενός υδατορεύματος στη μονάδα του χρόνου ανηγμένη στη μονάδα επιφάνειας της ανάντη λεκάνη απορροής (μάζα / χρόνος / επιφάνεια) (Vanoni 1977, ASCE 1982).

Η στερεοπαροχή (sediment discharge),  $Q_s$ , ακολούθως εκφράζει τη συνολική μάζα των φερτών υλικών που παροχετεύονται από μια διατομή ενός υδατορεύματος στη μονάδα του χρόνου χωρίς αναφορά στη λεκάνη απορροής (μάζα / χρόνος). Η ολική διάβρωση (gross erosion) περιγράφει την ποσότητα του υλικού, το οποίο αποκολλάται από την επιφάνεια του εδάφους λόγω της δράσης της βροχής ανά μονάδα χρόνου και ανά μονάδα επιφάνειας (μάζα / χρόνος / επιφάνεια). Η καθαρή διάβρωση (net erosion) είναι το μέγεθος που εκφράζει το ποσοστό των φερτών υλικών που αποκολλούνται από το εδαφικό στρώμα και τα οποία δεν εναποτίθενται μέσα στην ίδια μονάδα επιφάνειας (Παναγούλια κ.ά. 2006).

Αντίστοιχα, ο συντελεστής στερεοαπορροής είναι ο λόγος της στερεοαπορροής προς την ολική διάβρωση και εκφράζει το ποσοστό των φερτών υλικών που αποκολλήθηκαν από το έδαφος και τα οποία μεταφέρθηκαν μέσω της επιφανειακής απορροής μέχρι την υπόψη θέση του υδατορεύματος. Ο αριθμός αυτός λαμβάνει υπόψη το ποσοστό των φερτών υλικών τα οποία αποτέθηκαν είτε στην επιφάνεια της ανάντη λεκάνης απορροής, είτε στις βάσεις των κλιτύων, είτε στην κοίτη και στις όχθες του υδρογραφικού δικτύου πριν μεταφερθεί στην υπόψη διατομή. Εξάλλου σε μεγάλες λεκάνες απορροής σημαντικό ρόλο παίζει και ο χρόνος που θα χρειαστεί ώστε η εδαφική διάβρωση καταλήξει τελικά στην έξοδο. Ανάλογα με την επιφανειακή απορροή, η εδαφική διάβρωση μπορεί να μεταφερθεί για κάποιο διάστημα έπειτα να αποτεθεί στη λεκάνη απορροής και με την επόμενη πλημμύρα να ξεκινήσει η ίδια διαδικασία έως ότου καταλήξει στην έξοδο της λεκάνης. Η μετρημένη

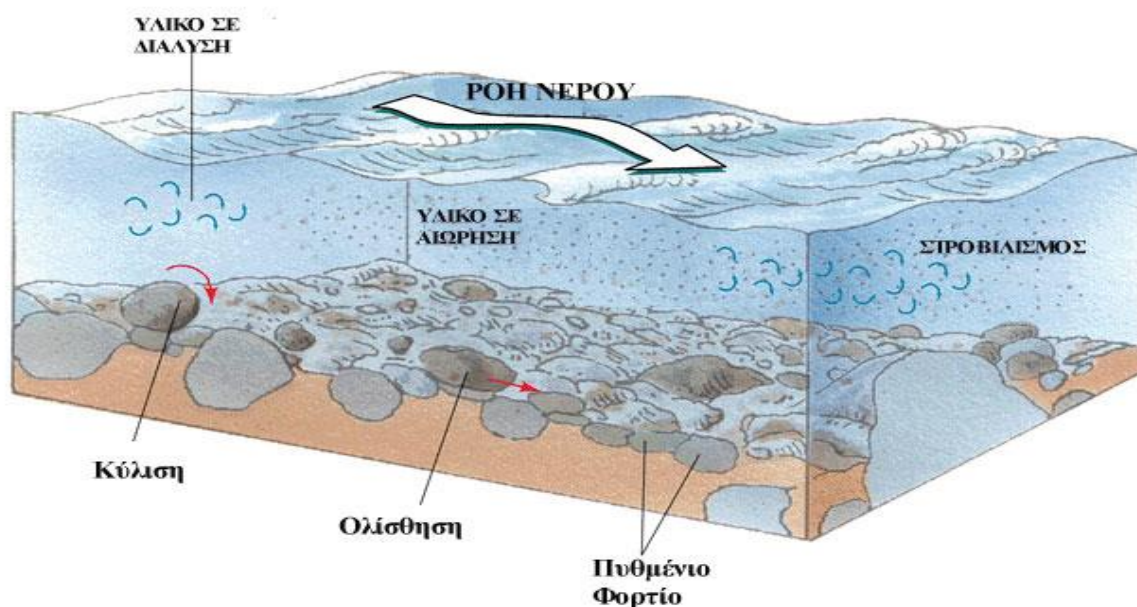
στερεοπαροχή μια δεδομένη χρονική στιγμή,  $t$ , μπορεί να περιλαμβάνει φερτά υλικά που είχαν αρχικά διαβρωθεί μέχρι και αρκετά χρόνια πριν. Είναι προφανές ότι ο συντελεστής στερεοαπορροής είναι αδιάστατο μέγεθος και πάντα μικρότερος της μονάδας. Για μέσες ετήσιες τιμές τουλάχιστον, ο συντελεστής στερεοαπορροής μπορεί να αποτελέσει ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τον υπολογισμό της στερεοαπορροής αφού εξομαλύνονται σε μεγάλο βαθμό οι ετήσιες διακυμάνσεις ενώ δεν μπορεί να είναι χρήσιμος για την εκτίμηση της στερεοαπορροής σε περιπτώσεις μεμονωμένων πλημμυρικών επεισοδίων. Σε κάθε περίπτωση η ακρίβεια της εκτίμησης του συντελεστή στερεοαπορροής αυξάνεται όσο μειώνεται η επιφάνεια της λεκάνης απορροής (Παναγούλια κ.ά. 2006).

### *1.2.2 Μορφές στερεομεταφοράς*

Η διάκριση των φερτών υλικών μπορεί να γίνει ως προς δύο παράγοντες: (α) ως προς τον τρόπο μεταφοράς τους και (β) ως προς την προέλευση τους. Ως προς τον τρόπο μεταφοράς διακρίνεται (i) το υλικό σε διάλυση που μπορεί να μεταφέρεται αθέατο με την μορφή ιόντων (ii) το φορτίο σε αιώρηση (suspended load), όταν τα στερεά υλικά μεταφέρονται με την τύρβη χωρίς καμία επαφή με την κοίτη για μεγάλο χρονικό διάστημα, και το φορτίο σε σύρση (bed load), όταν τα στερεά υλικά μεταφέρονται σχεδόν σε απόλυτη επαφή με την κοίτη. Τα χονδρότερα υλικά όπως αυτά των κροκαλών, των χαλίκων και της άμμου μεταφέρονται ολισθαίνοντας και καταρακυλώντας πάνω στον πυθμένα της κοίτης του ποταμού με τη μορφή πυθμένου φορτίου. Αντίθετα τα λεπτότερα υλικά της ιλύος και της αργίλου μεταφέρονται σε αιώρηση μέσα στην μάζα του νερού (Σχήμα 1.4.). Η διάκριση αυτή δεν μπορεί να είναι απόλυτη και μοναδική αφού φερτά υλικά του ίδιου μεγέθους και της ίδιας ορυκτολογικής σύστασης μπορεί να μεταφερθούν είτε σε αιώρηση είτε σε σύρση ανάλογα με τα υδραυλικά χαρακτηριστικά της περιβάλλουσας ροής (π.χ. ταχύτητα ροής, τύρβη). Οι μορφές αυτές στερεομεταφοράς και οι μαθηματικές τους εκφράσεις περιγράφονται αναλυτικά στα πολύ γνωστά εγχειρίδια (Graf 1971, Vanoni 1977, Bogardi 1978, Ξανθόπουλος 1990). Χονδροειδώς μπορεί να θεωρηθεί ότι ως φερτά υλικά σε σύρση είναι εκείνα με μέγεθος άνω των 0.85 mm, διάκριση που βασίζεται στο κριτήριο που αναφέρει ότι η ταχύτητα καθίζησης γίνεται ίση με τη συρτική ταχύτητα (Bagnold 1966, Παναγούλια κ. ά 2006)

Ως προς την προέλευση τους, τα φερτά υλικά μπορούν να διακριθούν σε φορτίο κοίτης (bed material load) και σε φορτίο απόπλυσης (wash load). Το φορτίο κοίτης, το οποίο μπορεί να είναι είτε σε αιώρηση είτε σε σύρση, αναφέρεται σε φερτά υλικά τα οποία ήδη βρίσκονται στις κοίτες του υδρογραφικού δικτύου και αποτελεί τη μοναδική πηγή φερτών

υλικών σε ξηρές περιόδους ενώ το φορτίο απόπλυσης παράγεται μόνο κατά τη διάρκεια πλημμυρικών γεγονότων και προέρχεται από τη διάβρωση της λεκάνης απορροής. Το φορτίο απόπλυσης λόγω του ότι μεταφέρεται μέσω της πλημμυρικής απορροής συνήθως είναι φορτίο σε αιώρηση και είναι πιο εύκολο να μετρηθεί στο πεδίο καθώς είναι ομοιόμορφα κατανεμημένο στη διατομή της κοίτης του ποταμού. Η στερεοπαροχή του φορτίου απόπλυσης σε ένα τμήμα ενός υδατορεύματος εξαρτάται από το ρυθμό που τα φερτά υλικά είναι διαθέσιμα στη λεκάνη απορροής και όχι από τη στερεομεταφορική ικανότητα της ροής. Το φορτίο απόπλυσης ιδιαίτερα στις Μεσογειακές χώρες αποτελεί το συντριπτικό ποσοστό της συνολικής στερεοαπορροής της λεκάνης και μεταφέρεται κατά τη διάρκεια λίγων έντονων πλημμυρικών επεισοδίων το χρόνο (Παναγούλια κ.ά. 2006)



ΣΧΗΜΑ 1.4: Σχηματική παράσταση των μορφών στερεομεταφοράς

### 1.2.3 Μέθοδοι προσδιορισμού στερεοπαροχής

Η ανάγκη της κατά το δυνατόν ακριβούς προβλέψεως και εκτιμήσεως φερτών υλών σε υδρολογίες λεκάνες, οδήγησε στην ανάπτυξη διαφόρων μοντέλων διαβρώσεως, διαφορετικού βαθμού ακρίβειας και πολυπλοκότητας. Η ανάγκη αυτή υπαγορεύτηκε τόσο εξαιτίας των σοβαρών συνεπειών της διαβρώσεως των εδαφών στα τεχνικά έργα όσο και από την απαίτηση για τον εντοπισμό περιοχών για λήψη μέτρων αντιδιαβρωτικής προστασίας, ανάλογα με την επικινδυνότητα στη διάβρωση (Παγώνας 2009).

Ανάλογα με το ζητούμενο αποτέλεσμα, καθώς και από την επιθυμητή ακρίβεια, τα μοντέλα διαβρώσεως χωρίζονται κύρια σε δύο κατηγορίες: (i) τα εμπειρικά και (ii) τα γενικής σύνθεσης.

Με τα **εμπειρικά μοντέλα** εκτιμάται η μέση εδαφική απώλεια ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους και ανά μονάδα χρόνου. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα μοντέλα του Musgrave (1974), η Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας (U.S.L.E.), των Wischmeier & Smith (1978), κ.ά.(Παγώνας 2009).

Τα **μοντέλα γενικής σύνθεσης** στηρίζονται στην περιγραφή του συνόλου σχεδόν των συνιστωσών του φυσικού προβλήματος. Τα μοντέλα αυτά συνήθως χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση των συνεπειών ενός γεγονότος βροχής, στην επιφάνεια του εδάφους μιας περιοχής, περικλείουν δε το μετασχηματισμό της βροχόπτωσης σε επιφανειακή απορροή. Η συνήθης μορφή των αποτελεσμάτων περιλαμβάνει τα υδρογραφήματα συνολικής απορροής και στερεοπαροχής στην έξοδο της εξεταζόμενης έκτασης, που αντιστοιχούν σε μεμονωμένο επεισόδιο βροχής (συνήθως μεγάλης έντασης και μικρής διάρκειας). Στην κατηγορία αυτή υπάγονται τα μοντέλα ANSWERS, MODANSW, SEM, EUROSEM, κ.ά.

Τέλος υπάρχει και μία τρίτη κατηγορία μοντέλων που ανήκουν μεν στα γενικής συνθέσεως, πλην όμως αναφερόντα, σε μέση χρονική κλίμακα (μήνα, έτος), όπως τα εμπειρικά και όχι σε στιγμιαίες χρονικές συνθήκες (πρώτα, λεπτά, ώρες).(Παγώνας 2009)

### **Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας, (Universal Soil Loss Equation, USLE)**

Η συνήθης ποσοτική εκτίμηση της εδαφικής απώλειας (soil loss), που οφείλεται στην επιφανειακή διάβρωση, στην περίπτωση που δεν υπάρχουν στοιχεία μετρήσεων, γίνεται με τη Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας (Universal Soil Loss Equation/Wischmeier & Smith 1978). Με τον όρο εδαφική απώλεια, εκφράζεται η διαφορά της ποσότητας του εδαφικού υλικού που διαβρώθηκε μείον την ποσότητα που αποτέθηκε ξανά στην ίδιο εδαφική έκταση σε δεδομένο χρόνο.

Η εξίσωση γράφεται ως ακολούθως :

$$SL= 2,242*R*K*LS*C*P \quad (1.24)$$

όπου **SL**: εδαφική απώλεια σε t/ha/έτος, **R**: συντελεστής διαβρωτικότητας βροχής (rainfall erosivity factor), **K**: συντελεστής διαβρωσιμότητας εδάφους (soil erodibility factor), **LS**: συντελεστής ανάγλυφου ή τοπογραφικός συντελεστής (topographic factor), που αποτελείται από το γινόμενο του μήκους κλιτύος **L** (slope-length factor) και του συντελεστή κλίσης κλιτύος **S** (slope-gradient factor), **C**: συντελεστής φυτοκάλυψης (Vegetation cover factor) και **P**: συντελεστής ελέγχου διάβρωσης (support practice factor).

### Συντελεστής διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης R

Ο συντελεστής αυτός είναι συνάρτηση της συνολικής κινητικής ενέργειας της βροχής καθώς επίσης και της μέγιστης τιμής της έντασης βροχής διάρκειας τουλάχιστον 30 λεπτών. Υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$R = 5,9 \times 10^{-4} \times EI_{30} \quad (1.25) \text{ όπου:}$$

$$E = 3,79 \times \sum_j (3,14 + \ln(I_j)) \times I_j \times \Delta t_j \quad (1.26)$$

όταν E: συνολική κινητική ενέργεια της βροχής ανά μονάδα επιφάνειας ( $J/m^2$ ),  $I_{30}$ : μέγιστη ένταση βροχής διάρκειας 30 min (mm/h) και  $\Delta t_j$ : υποδιαίρεση χρόνου βροχής με αντίστοιχη ένταση / (h).

Οι δύο παραπάνω εξισώσεις αφορούν ένα μεμονωμένο επεισόδιο βροχής. Στην πράξη ενδιαφέρει η μέση ετήσια τιμή του R για μια χρονοσειρά N ετών, όπου χρειάζεται να υπολογιστούν οι επιμέρους ετήσιες τιμές του R και να προκύψει ο μέσος όρος αυτών, (πρέπει να ληφθούν υπόψη όλα τα επεισόδια βροχής διάρκειας 30 min κάθε έτους). Η παραπάνω διαδικασία είναι και χρονοβόρα και επίπονη, για αυτό το λόγο η τιμή του R τελικά προσδιορίζεται είτε από χάρτες (isoerodent maps), είτε από πίνακες.

Στην πράξη μπορούν ακόμη να χρησιμοποιηθούν απλές σχέσεις, που συσχετίζουν το μέσο ετήσιο ύψος βροχής P (mm), με την ετήσια τιμή του R όπως αυτή των Kirkby και Morgan (1980):

$$R = a \times P \quad (1.27)$$

όπου:  $a = 0,1 \pm 0,05$  για εύκρατα κλίματα.

### Συντελεστής διαβρωσιμότητας εδάφους - K

Εξαρτάται κυρίως από τη μηχανική σύσταση του εδάφους (ποσοστά σε άμμο, ιλύ και άργιλο). Όταν το ποσοστά ιλύος και λεπτής άμμου δεν υπερβαίνει το 70%, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εξίσωση:

$$K = 2,1 \times M^{1,14} \times 10^{-6} \times (12 - a) + 0,0325 \times (b - 2) + 0,025 \times (c - 3) \quad (1.28)$$

Όπου  $M = P_s \times (100 - P_c)$  όταν, **M**: η παράμετρος μεγέθους κόκκων, **P<sub>s</sub>**: ποσοστό ιλύος και πολύ λεπτής άμμου στο έδαφος (%), ( $0,002 < c < 0,1 \text{ mm}$ ], **P<sub>c</sub>**: ποσοστό αργίλου στο έδαφος (%), [ $d < 0,002 \text{ mm}$ ], **a**: ποσοστό οργανικού εδαφικού υλικού, (%), **b**: κωδικός εδαφικής δομής, **c**: κωδικός διαπερατότητας εδάφους.

Στη γενικότερη περίπτωση, ο συντελεστής K προσδιορίζεται από το νομογράφημα του Wischmeier & Smith (1978). Το νομογράφημα αυτό είναι απλό στη χρήση του, χρειάζεται δε η γνώση της ποσοστιαίας αναλογίας σε άμμο, ιλύ και άργιλο, ο τύπος της δομής



(κοκκώδης, τεμαχισμένη, πλακώδης κλπ), καθώς και ο βαθμός διαπερατότητας (υψηλή, μέση, χαμηλή) του εδάφους.

### Συντελεστής ανάγλυφου LS

Προκύπτει από την παρακάτω εξίσωση :

$$LS = (x/22,13)^m \times (65,41 \times \sin^2\theta + 4,56 \times \sin\theta + 0,065) \quad (1.29)$$

όπου, **x**: κεκλιμένο μήκος κλιτύος (m), δηλ. η απόσταση από το σημείο αφετηρίας της επιφανειακής ροής, μέχρι το σημείο συγκεντρώσεως της στο υδατόρευμα, **θ**: γωνία κλίσης εδάφους, ( $\sin\theta = s/(10^4 + s^2)^{1/2}$ ), όταν s η κλίση, (%). Η τιμή του εκθέτη **m**, ανάλογα με την κλίση του εδάφους s υπολογίζεται από κατάλληλους πίνακες.

### Συντελεστής φυτοκάλυψης C

Οι τιμές του συντελεστή φυτοκάλυψης C υπολογίζονται από πίνακες που έχουν τιμές για αγροτολιβαδικές και δασικές εκτάσεις αντίστοιχα. Ακόμα υπάρχουν πίνακες που δίνουν τις τιμές του C ανάλογα με τον τύπο και το ύψος της βλάστησης, το ποσοστό κάλυψης της εδαφικής επιφάνειας από χαμηλά φυτά χωρίς φύλλωμα, καθώς και το αντίστοιχο ποσοστό θαμνώδους και δενδρώδους βλάστησης σε κάθετη προβολή. Επίσης μπορούμε να βρούμε σε άλλους κατάλληλους πίνακες τιμές του C για δασώδεις εκτάσεις, ανάλογα με το συνολικό ποσοστό κάλυψης.

Σε περίπτωση καλλιεργούμενων εκτάσεων, η τιμή του C καθορίζεται από το είδος και το πρόγραμμα της καλλιέργειας και μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του έτους ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης των φυτών.

### Συντελεστής ελέγχου διάβρωσης P

Οι τιμές του συντελεστή ελέγχου διάβρωσης P, εξαρτώνται από τις εφαρμοζόμενες πρακτικές ενίσχυσης του εδάφους έναντι της διάβρωσης. Συγκεκριμένα, ανάλογα με την κλίση της επιφάνειας του εδάφους και την εφαρμοζόμενη τεχνική ενίσχυσης. Ο συντελεστής P εισάγεται και αυτός μετά από την μελέτη των κατάλληλων πινάκων.

Για εντελώς γυμνό και άγονο έδαφος, χωρίς καμία τεχνική ενίσχυσης έναντι της διάβρωσης και οι δυο παραπάνω συντελεστές παίρνουν την τιμή 1 (Τσακίρης 1995).

### Η μέθοδος MUSLE

Η μέθοδος MUSLE (Modified Universal Loss Equation) παρέχει το φορτίο φερτών υλών που παράγει μια ορεινή λεκάνη ή υπολεκάνη απορροής κατά τη διάρκεια μιας

συγκεκριμένης βροχόπτωσης λόγω της γενικής διάβρωσης ή υποβάθμισης. Προέρχεται από τροποποίηση της μεθόδου USLE, η οποία συνίσταται στην αντικατάσταση του συντελεστή διαβρωτικότητας R με δύο άλλους παράγοντες, δηλ. με τον όγκο V και με την μέγιστη τιμή q της επιφανειακής απορροής (Willians 1995). Παρέχεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Y_0 = 9,05 \times (V \times q_p)^{0,56} \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1.30)$$

όπου **Y<sub>0</sub>**: βάρος των παραγομένων φερτών υλικών (t) κατά μια ορισμένη βροχόπτωση από μια επιφάνεια ή από μια λεκάνη απορροής, το οποίο φθάνει στην έξοδο της (χωρίς την ύπαρξη άλλων υπολεκανών, δηλ. χωρίς παραδοχή ενδιάμεσης απόθεσης υλικών). Για την αναγωγή του βάρους σε φαινόμενο όγκο χρησιμοποιείται το φαινόμενο ειδικό βάρος ( $\gamma_p = 1,40 + 2,10 V m^3$ ), **V**: όγκος της επιφανειακής απορροής κατά τη συγκεκριμένη βροχόπτωση ( $m^3$ ), **q<sub>p</sub>**: μέγιστη, επιφανειακή απορροή, η οποία εκφράζεται ως παροχή ( $m^3/s$ ) και δίνεται από τη σχέση:  $q_p = 0,278 \times (F_L/T_A)$  ( $m^3/s$ ) (1.31)

Οι παράγοντες **K, LS, C, P** υπολογίζονται, όπως και στην μέθοδο USLE. Ο όγκος V της επιφανειακής απορροής υπολογίζεται με τη βοήθεια της σχέσης:

$$V = 10^3 \times h_{NE} \times F_L \quad (m^3) \quad (1.32)$$

όπου **F<sub>L</sub>**: επιμέρους επιφάνεια της λεκάνης απορροής ( $km^2$ ), **Q**: απορροϊκό ύψος βροχής (mm) το οποίο υπολογίζεται με τον τύπο Anderl, που αναφέρθηκε, ως εξής:

$$h_{NE} = (h_{NE} - A_v) \times c + \frac{c}{a_0} \times [e^{-\kappa(N-A_v)} - 1] \quad (mm) \quad (1.33)$$

όπου **N**: ύψος βροχής (mm), **A<sub>v</sub>**: αρχικές απώλειες λόγω υδατοσυγκράτησης, διείδυσης στο έδαφος και επιφανειακής υδατοσυγκράτησης πριν από την έναρξη της απορροής (mm), **c**: μέγιστος, τελικός συντελεστής απορροής μετά από πολύ μακρά διάρκεια βροχόπτωσης. Εξαρτάται από τον τύπο και τη χρήση του εδάφους,  $\kappa$ : συντελεστής αναλογίας σε I/ mm, που δίνεται, ως εξής:  $\kappa = P_I \times e^{-2,0/Wz} \times e^{-2,0/q_B}$  (1.34)

όπου **P**: ειδική, τοπική παράμετρος, **W<sub>z</sub>**: αριθμός της εβδομάδας, που χαρακτηρίζει την εποχή του έτους, **q<sub>B</sub>**: βασική απορροή ως μέτρο, το οποίο υποκαθιστά την υγρασία του εδάφους πριν από την έναρξη της βροχής ( $I/s * km^2$ )

Η μέθοδος προσδιορίζει την ποσότητα των παραγομένων φερτών υλικών (φορτίο) κυρίως λόγω επιφανειακής διάβρωσης και γενικά λόγω εκτατικών χειμαρρικών φαινομένων σε μικρή λεκάνη απορροής (έως  $26 km^2$ ), η οποία εμφανίζεται στη βάση της (θέση εξόδου) κατά την διάρκεια μιας μεμονωμένης βροχόπτωσης, σε αντίθεση με τη μέθοδο USLE, που παρέχει την μέση ετήσια, γενική διάβρωση για τους ίδιους λόγους σε μια εδαφική επιφάνεια κατά κανόνα γεωργικά καλλιεργούμενη. Συνεπώς, με τη μέθοδο δεν υπολογίζονται τα

παραγόμενα υλικά από τις εστίες φερτών υλών που οφείλονται σε εντατικά χειμαρρικά φαινόμενα. Για αυτό, η μέθοδος προσφέρεται για υπολογισμούς σε λεκάνες απορροής χειμαρρικών ρευμάτων των λοφωδών περιοχών. Τέλος, η εφαρμογή της μεθόδου σε δασωμένες λεκάνες είναι δυσχερής, διότι στις επιφάνειες με δασοκάλυψη δεν σχηματίζεται επιφανειακή υδαταπορροή, επειδή το νερό απορρέει βραδέως και διαμέσου του εδάφους (Κωτούλας 2001).

### Η διαχωριστική μέθοδος USLE

Η μέθοδος παρέχει την γενική ετήσια διάβρωση ή υποβάθμιση μιας ευρύτερης εδαφικής επιφάνειας π.χ. μιας μικρής λεκάνης ή μιας υπολεκάνης απορροής, θεωρώντας, ότι η διαδικασία της γενικής διάβρωσης της USLE, την οποία αυτή αποδέχεται, διαχωρίζεται σε δύο επιμέρους διαδικασίες, ως εξής: (α) την μικρή χαραδρωτή και αυλακωτή διάβρωση και (β) την επιφανειακή διάβρωση μεταξύ των μικρών χαραδρών και αυλακιών, κάθε μία από τις οποίες υπολογίζεται χωριστά.

Συνεπώς, η μέθοδος παίρνει υπόψη της μόνο τα έκτακτα χειμαρρικά φαινόμενα, τα οποία αναπτύσσονται κυρίως σε λυτά (γεωργικά καλλιεργούμενα) εδάφη (λεκάνες των λοφωδών περιοχών) και παράγουν λεπτόκοκκα υλικά (αιωροϋλικά).

Η εξίσωση με την οποία αποδίδει την γενική διάβρωση με την διαχωριστική μέθοδο έχει ως εξής :

$$A = \frac{K_r \times (R_R) \times (430 \times s^2) \times \frac{\lambda}{\lambda_\mu} \times C_r \times P_r + K_j \times R_{st} \times (30 \times s + 43) \times C_i \times P_i}{6,574} \quad (1.35)$$

όπου **A**: βάρος μέσου ετήσιου φορτίου γενικής διάβρωσης ( $t/m^2$ , έτος). Η αναγωγή σε φαινόμενο όγκο και κατά επέκταση σε μέσο ετήσιο πάχος παρασυρθέντος στρώματος εδάφους γίνεται με την βοήθεια του φαινόμενου ειδικού βάρους  $\gamma_e$  ( $\gamma_e = 1,40 - 2,10 t/m^3$ ), δείκτης **r**: μικρή χαραδρωτική και αυλακωτή διάβρωση, δείκτης **i** : ενδιάμεση, επιφανειακή διάβρωση, **K, c, P**: συντελεστές, **λ**: μήκος της κλιτύος (m), **λ<sub>μ</sub>**: μήκος της τυποποιημένης κλιτύος (22,13 m), **s**: ημίτονο της γωνίας κλίσης της κλιτύος, **R<sub>R</sub>** : συντελεστής διαβρωτικότητας λόγω επιφανειακής απορροής, **R<sub>st</sub>**: συντελεστής απορροής λόγω βροχόπτωσης και επιφανειακής (ενδιάμεση) διάβρωσης.

Η μέθοδος προσφέρεται για τον υπολογισμό της υποβάθμισης σε πολύ μικρές λεκάνες απορροής. Η εφαρμογή της σε μεγαλύτερες λεκάνες είναι ασύμφορη (Κωτούλας 2001).

### Η μέθοδος Corbel

Κατά τον Corbel (1959) ο όγκος του ετήσιου φορτίου φερτών υλών λόγω γενικής διάβρωσης που παράγεται σε λεκάνες απορροής κυρίως των λοφωδών περιοχών με σημαντική έκταση και ελάχιστη στερεομεταφορά, (λεπτόκοκκα υλικά που κινούνται κυρίως ως αιωρομεταφορά), αποδίδεται με βάση τη σχέση:

$$A = \frac{E \times F \times T}{2,5 \times 10^6} \quad (1.36)$$

όπου **A**: ετήσιος όγκος φορτίου υλικών κυρίως από αιωρομεταφορά ( $\text{m}^3/\text{έτος}$ ), **E**: ύψος απορρέοντος ύδατος σε παλάμες (dm), **F**: επιφάνεια της λεκάνης σε τετραγωνικές παλάμες ( $\text{dm}^2$ ) και **T**: το περιεχόμενο του υδάτινου κορμού σε αιωροϋλικά, δηλ. σε χιλιοστά του γραμμαρίου ανά λίτρο ( $\text{mg/l}$ ).

Η αντίστοιχη υποβάθμιση της λεκάνης απορροής εκφρασμένη σε όγκο ανά μονάδα επιφάνειας ανέρχεται σε:

$$V = \frac{4 \times E \times T}{100} \quad (\text{m}^3/\text{km}^2, \text{έτος}) \quad (1.37)$$

Το ύψος της απορροής προσδιορίζεται από τα υπάρχοντα δεδομένα σχετικά με την μέση παροχή του ρεύματος με βάση τον κανόνα, ότι παροχή  $3\text{l/s}$ ,  $\text{km}^2$  αντιστοιχεί σε ύψος υδάτινου νάματος  $10\text{ cm}$  (Κωτούλας 2001).

### Η μέθοδος του Fournier

Η μέθοδος προσδιορίζει την γενική ετήσια διάβρωση ή την υποβάθμιση σε ευρείες λεκάνες απορροής με ήπιο ανάγλυφο. Συνεπώς, αναφέρεται σε φορτία που προέρχονται κυρίως από αιωρομεταφορά.

Με βάση τις έρευνες που διεξήγαγε σε λεκάνες απορροής διαφόρων περιοχών ο Fourier (1960) διαπίστωσε τα εξής:

➤ σε λεκάνες απορροής με έκταση  $> 2000\text{ km}^2$  υπάρχει στενή σχέση μεταξύ της γενικής διάβρωσης και του εξής παράγοντα βροχόπτωσης (ή κλιματικού παράγοντα):

$$P^2/P$$

όπου **p** : το ύψος βροχής του μήνα με την μέγιστη βροχερότητα (mm) και **P** : το μέσο ετήσιο ύψος βροχής (mm).

Στις λεκάνες αυτές γίνεται εμφανής και η επίδραση του ανάγλυφου στη διάβρωση, η οποία εκφράζεται από τον ακόλουθο ορογραφικό συντελεστή  $c_m$ :

$$c_m = H^2/F$$

όπου **H**: μέσο υψόμετρο λεκάνης απορροής (m) και **F**: έκταση της λεκάνης ( $\text{km}^2$ )

- στις μικρότερες λεκάνες (2000 - 500 km<sup>2</sup>) η σχέση διάβρωσης και κλιματικού παράγοντα εξαρτάται άμεσα από τον παραπάνω ορογραφικό συντελεστή.
- στις λεκάνες με έκταση < 500km<sup>2</sup> η επίδραση των δύο αυτών παραγόντων εξαρτάται άμεσα από το γεωυπόθεμα.

Προκύπτει λοιπόν, ότι από άποψη γενικής διάβρωσης το κλίμα λειτουργεί ως μακροπαράγων, το ανάγλυφο ως μεσοπαράγων και το γεωυπόθεμα ως μικροπαράγων.

Τελικά, ο Fourier κατέληξε στην ακόλουθη σχέση για τον προσδιορισμό της έντασης της γενικής διάβρωσης σε μια λεκάνη απορροής (για λεκάνες με έκταση > 200 km<sup>2</sup>):

$$\log D_s = 2,65 \times \log \frac{p^2}{p} + 0,46 \times \log \frac{H^2}{s} - 1,56 \quad (1.38)$$

όπου **D<sub>s</sub>**: μέσο, ετήσιο φορτίο, το οποίο δίνει την ένταση της γενικής διάβρωσης στη λεκάνη απορροής ενός ρεύματος (t/km<sup>2</sup>, έτος).

Από τις έρευνες του Fourier διαπιστώθηκαν επίσης και τα εξής:

- οι περιοχές του κόσμου με ημερημικό κλίμα και ορεινή διαμόρφωση παρουσιάζουν ιδιαίτερα αυξημένη διάβρωση, γεγονός που τις διαφοροποιεί από όλες τις λοιπές περιοχές του κόσμου, οι λεκάνες απορροής με ορεινή διαμόρφωση παρουσιάζουν ένα μέγιστο διάβρωσης ανεξάρτητο από την κλιματική ζώνη στην οποία ανήκουν, πράγμα που γίνεται εντονότερο ιδίως στις μικρές λεκάνες απορροής.

Συνεπώς, η εξίσωση του Fourier αφορά μόνο στις μεγάλες (ποτάμιες) λεκάνες απορροής (Κωτούλας 2001).

### Η μέθοδος Gavrilovic

Η μέθοδος προσδιορίζει την μέση ετήσια γενική διάβρωση ή υποβάθμιση στις ορεινές λεκάνες απορροής των χειμαρρικών ρευμάτων. Η εξίσωση του Gavrilovic έχει την ακόλουθη μορφή:

$$W = T \times h \times \pi \times \sqrt{z^3} \times F \quad (\text{m}^3/\text{έτος}) \quad (1.39)$$

όπου **W**: όγκος μέσης, ετήσιος παραγωγής φερτών υλικών στην ορεινή λεκάνη απορροής του χειμαρρικού ρεύματος (m<sup>3</sup>/έτος). Εκφράζεται σε συμπαγή όγκο φερτών υλών. Για την αναγωγή του σε φαινόμενο όγκο πολλαπλασιάζεται, επί 1,28-1,32 (το πορώδες των φυσικών αποθέσεων καταλαμβάνει τα 0,28-0,32 του φαινόμενου όγκου), **T**: συντελεστής θερμοκρασίας ο οποίος παρέχεται από τη σχέση:  $T = \sqrt{\frac{t_0}{10} + 0.1}$  **t<sub>0</sub>**: μέση ετήσια θερμοκρασία στο μέσο υψόμετρο της ορεινής λεκάνης απορροής (°C), **h**: μέσο ετήσιο ύψος

βροχής στο μέσο υψόμετρο της ορεινής λεκάνης (m) ,**π**: ο αριθμός 3,14159..., **F**: επιφάνεια της λεκάνης (km<sup>2</sup>), **z**: συντελεστής διάβρωσης, ο οποίος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$z = x \cdot y \cdot (\varphi + \sqrt{J}) \quad (1.40)$$

**x**: συντελεστής που εκφράζει τη μείωση της αντίστασης του γεωλογικού υποθέματος κατά της διάβρωσης ανάλογα με την κατάσταση και την καλλιέργεια της επιφάνειας του, με βάση την παρουσία της βλάστησης. Δίνονται κατάλληλοι πίνακες. Κυμαίνεται μεταξύ 0,05 και 1,0.

**y**: συντελεστής διαβρωσιμότητας του γεωλογικού υποθέματος, ο οποίος εξαρτάται από την πετρολογική και εδαφολογική σύσταση των λεκανών, δίνεται από κατάλληλους πίνακες και κυμαίνεται μεταξύ 0,2 και 2,0

**φ**: συντελεστής, που εκφράζει το είδος και το βαθμό της διάβρωσης των λεκανών απορροής, δίνεται από κατάλληλους πίνακες και κυμαίνεται μεταξύ 0,1 και 1,0

**J**: μέση κλίση της επιφάνειας της λεκάνης απορροής, ως εφαπτόμενης γωνίας (-), (Κωτούλας 2001).

#### **Η μέθοδος του Kronfellner – Kraus ή του μέγιστου δυνατού στερεοφορτίου**

Η μέθοδος προσδιορίζει το μέγιστο δυνατό φορτίο φερτών υλών, ή του μέγιστου δυνατού στερεοφορτίου, γενικά και ιδίως των μικρών χειμαρρικών ρευμάτων των ορεινών και πολύ ορεινών περιοχών, το οποίο μπορεί να αποτεθεί στον κώνο πρόσχωσης τους λόγω έντονης στερεομεταφοράς μετά από έκτακτο πλημμυρικό γεγονός. Αυτό αποτελείται κυρίως από αδρομερή υλικά, ο όγκος των οποίων προσεγγίζει σχεδόν το συνολικό φορτίο φερτών υλικών, που παράγεται στην ορεινή λεκάνη λόγω της μέγιστης δυνατής υποβάθμισης κατά τη διάρκεια του συγκεκριμένου έκτακτου γεγονότος.

Ένα μέρος όμως από τα παραγόμενα λεπτόκοκκα υλικά (αιωροφορτίο), το οποίο έχει μικρή συμμετοχή στο συνολικό φορτίο υλικών, διοχετεύεται δια του κώνου πρόσχωσης στον μεγαλύτερο αποδέκτη του ρεύματος, για αυτό και δεν προσμετράται από την εξίσωση. Συνεπώς, για τον υπολογισμό της πραγματικής υποβάθμισης της λεκάνης θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, εκτός από το στερεοφορτίο και το αιωροφορτίο, όσο μικρό και αν είναι αυτό, και οι τυχόν ενδιάμεσες αποθέσεις (εάν υπάρχουν) στο χώρο της λεκάνης.

Το μέγεθος του μέγιστου δυνατού φορτίου φερτών υλών στις ορεινές λεκάνες απορροής με έκταση έως 80 km<sup>2</sup> (το πολύ 120 km<sup>2</sup>), δίνεται από την εξής σχέση:

$$G_{o\lambda} = \kappa \times J \times F \quad (1.41)$$

όπου **Gol**: μέγιστο δυνατό συνολικό φορτίο (στερεοαιωροφορτίο, όχι χειμαρρολάβα), που αποτίθεται στον κώνο προσχώσεως κατά τη διάρκεια ενός έκτακτου πλημμυρικού γεγονότος. Εκφράζεται σε φαινόμενο (όχι συμπαγή) όγκο υλικών ( $m^3$ ). Για να μετατραπεί ο φαινόμενος σε συμπαγή όγκο διαιρείται δια 1,28-1,32 (πορώδες φυσικών αποθέσεων: 0,25+0,32), **J**: μέση κλίση κοίτης, στα ανάντη της υπόψη θέσης, (δηλ. της σημαντικής από άποψη σχεδιασμού περιοχής πριν από τη μεταφορά των υλικών). Δίνεται ως ποσοστό % (όχι ως εφαπτόμενη γωνίας), **F**: έκταση της λεκάνης απορροής ( $km^2$ ), **κ**: συντελεστής, που εκφράζει τη χειμαρρικότητα του ρεύματος. Οι μικρές ορεινές λεκάνες με έντονο ανάγλυφο και ευπαθές γεωπόθεμα έχουν υψηλές τιμές ( $\kappa = 1500$ ), ενώ οι μεγαλύτερες δασωμένες λεκάνες έχουν μικρές τιμές ( $\kappa = 500$ ).

Συνιστάται να εφαρμόζεται η σχέση σε μικρές ορεινές λεκάνες απορροής με ενιαία κεντρική κοίτη. Σε μεγαλύτερα χειμαρρικά ρεύματα, καθώς και σε μικρότερα με διακλάδωση της κεντρικής κοίτης, υποδιαιρείται η λεκάνη απορροής τους σε μικρότερα, αυτοτελή τμήματα (από υδρολογική και στερεόμεταφορική άποψη), επί των οποίων να γίνεται ο υπολογισμός, τα δε επιμέρους αποτελέσματα να αθροίζονται (Κωτούλας 2001).

### **Εκτίμηση της στερεοπαροχής με προσδιοριστικά (αναλυτικά) μοντέλα**

#### **Μέθοδος CREAMS**

Η μέθοδος *Chemical, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems* (Knissel 1980) παίρνει υπόψη της τη ροή διαφόρων υλών, όπως νερού, θρεπτικών υλικών και λυμάτων. Αυτό διότι δέχεται, ότι παράλληλα με την απώλεια εδάφους συμβαίνουν και άλλες, αρκετές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Αποτελείται από τα μοντέλα :

- υδρολογικών διαδικασιών
- διαβρωτικών διαδικασιών
- χημικών διεργασιών στο έδαφος

Η μέθοδος χρησιμοποιείται μόνο για εκτιμήσεις σε μεμονωμένες επιφάνειες, όπου όμως στην έννοια της επιφάνειας περιέχεται, εκτός από την περιοχή απαγωγής, και εκείνη της απόθεσης των υλικών στο κάτω πέρασ της επιφάνειας (Κωτούλας 2001).

#### **Μέθοδος ANSWERS**

Η μέθοδος *Areal Nonpoint Source Watershead and Environment Response Simulation των Beasley and Huggins( 1981)* αναπτύχθηκε κυρίως για λεκάνες απορροής. Η διαδικασία της υποβάθμισης εκφράζεται και για ολόκληρες λεκάνες απορροής με

μέγιστη έκταση 10.000 ha. Για το σκοπό αυτό κατανέμεται μια λεκάνη απορροής σε 1700 τετραγωνικές επιφάνειες με έκταση 1-4 ha (μέγιστος αριθμός επιφανειών :1700), ώστε να είναι δυνατόν να επικρατούν σε κάθε επιφάνεια οι ίδιες παράμετροι διάβρωσης. Διακρίνονται δύο τρόποι διαχωρισμού των επιφανειών αυτών στη λεκάνη ως εξής :

- διαχωρισμός με απορροή κατά επιφάνειες και
- διαχωρισμός με απορροή κατά γραμμές.

Σε κάθε λεκάνη απορροής μπορούν να χρησιμοποιούνται έως 20 τυπικές κατηγορίες εδαφών, για τις οποίες θα πρέπει να παρέχονται δεδομένα σε ό,τι αφορά τις φυσικές ιδιότητές του (πορώδες, υδατοϊκανότητα, διήθηση), τη διαβρωσιμότητα, την αρχική περιεκτικότητα σε νερό του εδάφους κλπ. Επίσης μπορούν να δοθούν έως 20 παράμετροι, που περιγράφουν το είδος χρήσης των υπό έρευνα επιφανειών και παρέχουν πληροφορίες για την υδατοσυγκράτηση, την τραχύτητα των ρείθρων, τον παράγοντα κάλυψης και κατεργασίας C, και τον παράγοντα P στη μέθοδο USLE. Για κάθε τετράγωνη επιφάνεια δίνονται επίσης στοιχεία για την έκθεση, το μήκος και την κλίση της κλιτύς.

Η μέθοδος παρέχει ως τελικό αποτέλεσμα τη χρονική πορεία της απορροής στο κατώτατο πέρας της λεκάνης και το καθαρό φορτίο της (εξαγόμενη μείον εισαγόμενη ποσότητα) για όλα τα τετράγωνα (Κωτούλας 2001).

Ως πλεονέκτημα της μεθόδου θεωρείται η δυνατότητα εφαρμογής της σε τοπίο με έντονη διάβρωση.

### ***Μέθοδος EPIC***

Η μέθοδος *Erosion Productivity Impact Calculator* των Williams et al (1984) παίρνει υπόψη της τόσο την υδατική, όσο και την αιολική διάβρωση. Χρησιμοποιείται για την πρόγνωση των απωλειών συγκομιδής σε διαβρωνόμενες επιφάνειες. Επίσης η μέθοδος διερευνά τη σχέση μεταξύ μεθόδου καλλιέργειας, κινδύνου διάβρωσης, απώλειας θρεπτικών συστατικών και δαπανών λίπανσης.

Συνίσταται από περισσότερα επιμέρους μοντέλα, τα οποία περιγράφουν τις υδρολογικές εξελίξεις, τη διαδικασία της διάβρωσης, τη μετακίνηση των θρεπτικών συστατικών στο έδαφος κλπ. Τέλος με την βοήθεια ενός ειδικού μοντέλου που περιγράφει την αύξηση των φυτών, καθίσταται δυνατή η παροχή οικονομικών πληροφοριών. Η μέθοδος μπορεί να παρέχει αποτελέσματα τόσο σε ημερήσια βάση και για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα. Η εφαρμογή της όμως απαιτεί πολύ μεγάλο αριθμό δεδομένων (Κωτούλας 2001).



### **Μέθοδος WEPP**

Η μέθοδος *Water Erosion Prediction Project* των Auerwald and Schwertmann (1988) έχει πλέον προσδιοριστικό χαρακτήρα σε σχέση με τις τρεις προηγούμενες.

Η μέθοδος παρέχει δεδομένα για μεμονωμένα γεγονότα, ή τυπικά γεγονότα και για μεγάλα χρονικά διαστήματα (Κωτούλας 2001).

### **Η ελβετική προσδιοριστική μέθοδος GHO**

Η ελβετική μέθοδος GHO (*Groupe de travail pour l'hydrologie operationnelle*) παρέχει το συνολικό φορτίο φερτών υλών, το οποίο παράγουν και μεταφέρουν μικρά χειμαρρικά ρεύματα (ιδίως χείμαρροι των ορεινών, πολύ ορεινών και αλπικών περιοχών) κατά τη διάρκεια ενός απορροϊκού γεγονότος.

Εφαρμόζεται σε ορεινές λεκάνες απορροής με έκταση συνήθως έως 50 km<sup>2</sup>. Συνεπώς, η μέθοδος ενδείκνυται για ορεινές περιοχές και αφορά κυρίως κινητούς πυθμένες με αδρομερή φερτά υλικά, τα οποία μεταφέρονται με παραπυθμένα κίνηση (στερεομεταφορά) και με μαζική μεταφορά (χειμαρρομάζα).

Όπως και οι αντίστοιχες αμερικάνικες μέθοδοι, η ελβετική μέθοδος δεν είναι πλήρως προσδιοριστική. Ο βαθμός όμως των στοχαστικών (εμπειρικών) δεδομένων που δέχεται, είναι περιορισμένος. Η μέθοδος δεν υποκαθιστά, αλλά συμπληρώνει τις αμερικανικές μεθόδους, οι οποίες όπως αναφέρθηκε, προσιδιάζουν για γεωργικά καλλιεργούμενες, λοφώδεις λεκάνες απορροής και αφορούν στη γενική διάβρωση που συνίσταται μόνο από αιωρούμενα υλικά.

Η διαδικασία εφαρμογής της γίνεται σε τρεις φάσεις, ως εξής:

- προκαταρτικές εργασίες
- εργασίες υπαίθρου
- επεξεργασία στοιχείων, αποτελέσματα.

Η ελβετική μέθοδος παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την υδρονομική πράξη στην ορεινή χώρα μας ιδίως σε ότι αφορά τα χειμαρρικά ρεύματα των ορεινών και πολύ ορεινών περιοχών της (Κωτούλας 2001).

Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει και μια Τρίτη κατηγορία μοντέλων που ανήκουν μεν στα γενικής συνθέσεως, πλην όμως αναφέρονται σε μέση χρονική κλίμακα (μήνας, έτος), όπως τα εμπειρικά και όχι σε στιγμιαίες χρονικές συνθήκες (πρώτα λεπτά, ώρες).

Ένα τέτοιο μοντέλο είναι το MO-SEM (Γιακουμάκης & Τσακίρης 1992), που ουσιαστικά αποτελεί μια τροποποιημένη μορφή του SEM, για μέσες χρονικές συνθήκες (μήνας, έτος).

#### ***1.2.4 Προσδιορισμός στερεομεταφοράς στον Ελληνικό χώρο***

Η επιστημονική πρόοδος που έχει επιτευχθεί διεθνώς έρχεται σε πλήρη αντίθεση με την καθυστέρηση στη χώρα μας, όπου εδώ και αρκετά χρόνια έχει εγκαταλειφθεί οποιοδήποτε πρόγραμμα μέτρησης της στερεοπαροχής στα ποτάμια. Αυτό έχει ως συνέπεια την απουσία οποιασδήποτε εκτίμησης για την στερεοπαροχή και το ρυθμό διάβρωσης στον Ελληνικό χώρο. Μόνο η ΔΕΗ στη φάση της μελέτης κάποιου ταμιευτήρα διενεργεί στερεοϋδρομετρήσεις (ταυτόχρονες μετρήσεις παροχής και στερεοπαροχής) πριν την κατασκευή του ώστε να εκτιμήσει το νεκρό όγκο του. Οι μετρήσεις αυτές (που είναι σποραδικές και συχνά ανεπαρκείς) αφορούν μόνο στο φορτίο σε αιώρηση και σταματούν μετά την κατασκευή του έργου. Το άμεσο αποτέλεσμα είναι ότι σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να εκτιμηθεί αν η πραγματική στερεοπαροχή και επομένως ο ρυθμός πρόσχωσης του ταμιευτήρα είναι στα επίπεδα εκείνου που είχε υιοθετηθεί κατά τα σχέδια του έργου. Επομένως παραμένει άγνωστος ο ρυθμός πρόσχωσης του ταμιευτήρα, οι απώλειες της χωρητικότητας του ταμιευτήρα και η πραγματική οικονομική ζωή του έργου.

Μετρήσεις στερεοπαροχής από τη ΔΕΗ, έχουν γίνει σε διάφορα ελληνικά ποτάμια (π.χ. Αλιάκμονας, Αχελώος, Άραχθος) (Mimikou 1982, Κουτσογιάννης & Ταρλά 1987). Οι μετρήσεις της στερεοπαροχής γίνονται με δειγματολήπτες ολοκληρωτικούς ως προς το βάθος σε διαφορετικές θέσεις σε όλο το πλάτος της διατομής. Οι στερεοϋδρομετρήσεις επιτρέπουν την κατάρτιση καμπυλών παροχής - στερεοπαροχής (sediment discharge rating curves) και την επακόλουθη εκτίμηση της μέσης ημερήσιας στερεοπαροχής με βάση τη στιγμιαία μέτρηση της στάθμης από σταθμήμετρο ή / και τη μέση ημερήσια παροχή όταν στο σταθμό μέτρησης έχει εγκατασταθεί και σταθμηγράφος. Η μέθοδος αυτή πλέον εγκαταλείπεται διεθνώς ως μάλλον αναξιόπιστη και ανακριβής για την εκτίμηση της στερεοπαροχής κυρίως σε μικρές λεκάνες απορροής, έχει όμως ως πλεονέκτημα το σχετικά χαμηλό κόστος. Τα δείγματα των στερεοϋδρομετρήσεων πλέον του ότι είναι σποραδικά, σταματούν μετά από λίγα χρόνια. Επομένως, είναι αδύνατο να υπάρξει μια ολοκληρωμένη εκτίμηση της στερεοπαροχής στην Ελλάδα αλλά πολύ περισσότερο μια εκτίμηση της χρονικής (αλλά και γεωγραφικής) της μεταβολής τόσο στην κλίμακα ενός συγκεκριμένου πλημμυρικού γεγονότος όσο και σε υπερετήσια κλίμακα. Με τη διακοπή της κατασκευής

νέων υδροηλεκτρικών ταμιευτήρων στην Ελλάδα έχουν διακοπεί και οι μετρήσεις στερεοπαροχής.(Παναγούλια κ.ά. 2006)

Πρόσφατα έχουν ξεκινήσει σποραδικά ερευνητικά προγράμματα χρηματοδοτούμενα από τη ΔΕΗ για τη μέτρηση των φερτών υλικών που έχουν αποθεθεί σε ταμιευτήρες στην Ελλάδα. Χαρακτηριστικά αναφέρεται η μελέτη των Ινστιτούτων Εσωτερικών Υδάτων και Ωκεανογραφίας του Εθνικού Κέντρου θαλάσσιων Ερευνών (ΕΚΘΕ 1997) στον ταμιευτήρα του Πολύφυτου στον ποταμό Αλιάκμονα και του Τομέα Ιστορικής Γεωλογίας και Παλαιοντολογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών στον ταμιευτήρα των Πηγών του π. Αώου1 για λογαριασμό της ΔΕΗ. Την ίδια περίοδο με την εκπόνηση του ερευνητικού αυτού έργου εκπονείται η «Μελέτη ποιότητας νερών των ταμιευτήρων του ΥΗΣ Πηγών Αώου και του ΥΗΣ Πουρναριού» από το ΕΚΘΕ. Οι μετρήσεις των φερτών υλικών που έχουν αποθεθεί στον ταμιευτήρα είναι εξαιρετικά χρήσιμες, αλλά η απουσία μετρήσεων στερεοπαροχής στα ποτάμια που τροφοδοτούν τους υπόψη ταμιευτήρες έχει ως αποτέλεσμα την αδυναμία εκτίμησης του χρονικού επιμερισμού της μοναδικής τιμής του όγκου και της μάζας των φερτών υλικών στον ταμιευτήρα, π.χ. σε ετήσια χρονική κλίμακα για την περίοδο λειτουργίας του ταμιευτήρα. (Παναγούλια κ.ά. 2006)

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διεθνώς τεχνικές για την αυτόματη και αξιόπιστη μέτρηση της στερεοπαροχής με τη χρήση συγκεκριμένων οργάνων που καταγράφουν τη συγκέντρωση των φερτών υλικών (κυρίως αφορούν σε αιωρούμενα φερτά υλικά αλλά και σε φερτά κοίτης σπανιότερα) σε συνεχή χρόνο. Οι νέες τεχνολογίες είναι δυστυχώς πολύ ακριβές (αφού βρίσκονται ακόμα σε πρώιμο επιχειρησιακό στάδιο) και επομένως απαιτείται μια εθνική στρατηγική, κεντρικά σχεδιασμένη για την (επαν)-έναρξη των μετρήσεων στερεοπαροχής στη χώρα.

### **1.3 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ**

#### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η κλιματική αλλαγή και η καταστροφή του περιβάλλοντος θεωρούνται από τα σημαντικότερα προβλήματα του σύγχρονου πολιτισμού σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα ακραία καιρικά φαινόμενα, οι έντονες βροχοπτώσεις, οι καύσωνες, οι ξηρασίες, οι τυφώνες παρουσιάζουν έξαρση τα τελευταία χρόνια. Όλα αυτά συμβαίνουν γιατί οι άνθρωποι επιζητούν συνεχώς, με ένα αλόγιστο τρόπο, την ανάπτυξη και την ευημερία. Η ανάπτυξη,

όμως, και η πρόοδος είναι συμβατές μόνο όταν διασφαλίζονται και ανανεώνονται τα φυσικά θεμέλια της ζωής, όταν το παρόν δεν υποθηκεύει το μέλλον.(klimatikiallagi.wikidot.com)

Το κλίμα είναι η μέση καιρική κατάσταση που επικρατεί σε μια ορισμένη περιοχή, για μεγάλη χρονική περίοδο και ποικίλλει λόγω φυσικών συνθηκών. Ορίζεται από το σύνολο των στατιστικών πληροφοριών οι οποίες περιγράφουν τις μεταβολές του καιρού σε μια περιοχή για κάποιο μεγάλο χρονικό διάστημα (τυπικά οι κλιματικές περίοδοι οι οποίες χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουμε το κλίμα μιας περιοχής εκτείνονται σε τριάντα χρόνια). Με τον όρο καιρός εννοούμε την κατάσταση της ατμόσφαιρας κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Σε αντιδιαστολή με το κλίμα, ο καιρός αναφέρεται στις βραχυχρόνιες μεταβολές της ατμόσφαιρας οι οποίες συμβαίνουν σε χρονικές κλίμακες από λίγα λεπτά ως λίγες εβδομάδες.(Μελάς κ.ά. 2000)

Το παγκόσμιο κλίμα είναι αποτέλεσμα της πολύπλοκης αλληλεπίδρασης πολλών παραγόντων, που χαρακτηρίζουν από τη μια την κύρια πηγή ενέργειας (την ηλιακή ακτινοβολία) και από την άλλη ένα μεγάλο αριθμό γήινων χαρακτηριστικών και φαινομένων που το διαμορφώνουν, όπως η σύσταση της ατμόσφαιρας, οι άνεμοι, τα θαλάσσια ρεύματα, η βροχή, οι ηφαιστειακές εκρήξεις, κ.λπ.(Μελάς κ.ά. 2000)

Ως αποτέλεσμα της μεταβολής των καιρικών συνθηκών, από περιοχή σε περιοχή, ανάλογα με το γεωγραφικό τους πλάτος, το κλίμα παρουσιάζει έντονες διαφοροποιήσεις. Ωστόσο, οι διαφοροποιήσεις αυτές, δεν θεωρούνται κλιματικές αλλαγές. Η κλιματική αλλαγή, αποτελεί διαφοροποίηση του κανονικού κλίματος μιας περιοχής ή ολόκληρου του πλανήτη, ως αποτέλεσμα μετεωρολογικών μεταβολών, η μεταβλητότητα των οποίων εκτείνεται σε βάθος χρόνου. Με άλλα λόγια, σχετίζεται με τη μεταβολή των μέσων καιρικών συνθηκών, καθώς και με την απόκλιση τους από το μέσο όρο. Όπως έχει αποδειχτεί πρόσφατα, υπάρχουν διαφοροποιήσεις πέραν του φυσιολογικού τις τελευταίες δεκαετίες λόγω ανθρώπινων, βιομηχανικών και γεωργικών δραστηριοτήτων και παρεμβάσεων.(Δαρείου 2011)

### ***1.3.1 Αίτια που προκαλούν μεταβολές στο κλίμα***

Το κλίμα αλλάζει αποκρινόμενο σε μεταβολές της παγκόσμιας ενεργειακής ισορροπίας. Σε μια πιο ευρεία κλίμακα, το ποσοστό στο οποίο η ενέργεια λαμβάνεται από τον ήλιο και το ποσοστό στο οποίο χάνεται στο διάστημα καθορίζουν το θερμοκρασιακό ισοζύγιο και το κλίμα της Γης. Η ενέργεια έπειτα κατανέμεται σε όλη την υφήλιο με τους ανέμους, τα θαλάσσια ρεύματα και άλλους μηχανισμούς ώστε να επιδρά στα κλίματα διαφορετικών περιοχών. Οι παράγοντες που μπορούν να σχηματίσουν το κλίμα ονομάζονται «κλιματικοί

ενισχυτές» (climate forcings) ή «μηχανισμοί ενίσχυσης». Υπάρχει μια ποικιλία αναδράσεων κλιματικής αλλαγής (feedback) που είτε ενισχύουν είτε μειώνουν την αρχική ενίσχυση. Μερικά τμήματα του κλιματικού συστήματος, όπως οι ωκεανοί και η παγοκάλυψη, αποκρίνονται αργά σε σύγκριση με τους κλιματικούς ενισχυτές, ενώ άλλοι αποκρίνονται πιο γρήγορα.

Οι μηχανισμοί ενίσχυσης μπορεί να είναι είτε «εσωτερικοί» είτε «εξωτερικοί». Οι εσωτερικοί μηχανισμοί ενίσχυσης αποτελούν φυσικές διαδικασίες μέσα στο ίδιο το κλιματικό σύστημα. Οι εξωτερικοί μηχανισμοί ενίσχυσης μπορούν να είναι είτε φυσικοί (π.χ αλλαγές στην ηλιακή απόδοση-(solar output)- ή ανθρωπογενείς (π.χ αυξημένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου). Αν και ο αρχικός μηχανισμός ενίσχυσης μπορεί να είναι εσωτερικός ή εξωτερικός, η απόκριση στο κλιματικό σύστημα ίσως είναι ταχεία (π.χ μια ξαφνική ψύξη εξαιτίας ηφαιστειακής τέφρας που αντανακλά το φως του ηλίου), αργή (π.χ θερμική εξάπλωση του ζεστού ωκεάνιου νερού) ή ένας συνδυασμός. Συνεπώς, το κλιματικό σύστημα μπορεί να αποκριθεί απότομα, αλλά η πλήρης απόκριση σε μηχανισμούς ενίσχυσης ίσως δεν αναπτυχθεί πλήρως για αιώνες ή και περισσότερο.(climatechange.edu.gr)

### **Εξωτερικά αίτια** (dmod.physics.ayth.gr)

⇒ *Διακυμάνσεις Milankovitch:*

Η αστρονομική θεωρία των κλιματικών αλλαγών που ονομάζεται διαφορετικά «Θεωρία Milankovitch» αποτελεί προσπάθεια να συσχετιστούν οι κλιματικές μεταβολές με τις μεταβαλλόμενες παραμέτρους της γήινης τροχιάς γύρω από τον ήλιο. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους η τροχιά της γης γύρω από τον ήλιο μπορεί να επηρεάσει τη λαμβανόμενη ακτινοβολία και κατά συνέπεια και το ίδιο το κλίμα. Αυτοί είναι: α) μεταβολές στην εκκεντρότητα, β) μεταβολές στην κλίση του άξονα της γης και γ) η μετάπτωση των ισημεριών.

⇒ *Ηλιακή δραστηριότητα:*

Αλλαγές στο κλίμα κατά το παρελθόν έχουν συνδεθεί με τον κύκλο των ηλιακών κηλίδων. Ο Abbot μελετώντας τις τιμές της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας διαπίστωσε ένα σύνολο περιοδικοτήτων, με κύριο γνώρισμα ότι όλες αποτελούσαν υποπολλαπλάσια των 22,75 ετών. Το συνολικό μέγεθος των κύκλων φαίνεται να αυξάνεται αργά και στη συνέχεια να ελαττώνεται απότομα, με περίοδο περίπου 80-100 χρόνια. Η παρουσία των κηλίδων εκτιμάται από τους Kondratyev και Nikolsky ότι μεταβάλλει την τιμή της ηλιακής σταθεράς σε ποσοστό μικρότερο του 1%

⇒ Συγκρούσεις κομητών με τη γη και προσκρούσεις πολύ μεγάλων μετεωριτών:

Συγκρούσεις κομητών με τη γη καθώς και προσκρούσεις πολύ μεγάλων μετεωριτών έχουν χαρακτηριστεί ως αίτια κλιματικών διακυμάνσεων. Βέβαια τέτοιου είδους φαινόμενα δεν λαμβάνουν χώρα τακτικά, συνήθως συμβαίνουν κάθε 20 με 30 εκατομμύρια χρόνια ή και παραπάνω.

### Εσωτερικά αίτια (dmod.physics.ayth.gr)

#### *Ανθρωπογενή αίτια*

⇒ *Θερμοκηπικά αέρια:*

Η αύξηση της συγκέντρωσης των υδρατμών στην ατμόσφαιρα και του διοξειδίου του άνθρακα κυρίως λόγω της συνεχόμενης εκπομπής καυσαερίων στην ατμόσφαιρα, διαδραματίζει πολύ σημαντικό ρόλο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.

⇒ *Τροποσφαιρικά αιωρήματα και σύννεφα:*

Τα ηφαίστεια επηρεάζουν το κλίμα εκτοξεύοντας μεγάλες ποσότητες σωματιδίων και αερίων στην ατμόσφαιρα. Τα τροποσφαιρικά αιωρήματα που σχετίζονται ακόμη με τη βιομηχανική μόλυνση, την καύση ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο) και βιομάζας, ανάλογα με τη φύση τους και την κατανομή τους στην ατμόσφαιρα συμβάλλουν στη ψύξη ή θέρμανση του πλανήτη. Ακόμη μπορεί να ενεργούν ως επιπρόσθετοι πυρήνες συμπύκνωσης των νεφών προκαλώντας το σχηματισμό περισσότερων και μικρότερων σταγονιδίων □ συστατικών των νεφών και αυξάνοντας έτσι την ανακλαστικότητα των νεφών, ψύχοντας ταυτόχρονα τον πλανήτη.

⇒ *Στρατοσφαιρικό όζον:*

Το όζον προστατεύει τη γη από την επικίνδυνη υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία. Ουσίες που απελευθερώνονται στη στρατόσφαιρα εξαιτίας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και που συμβάλλουν στην καταστροφή του όζοντος εντείνουν το πρόβλημα, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλουν στο ατμοσφαιρικό θερμοκήπιο και στη θέρμανση του πλανήτη.

⇒ *Μεταβολές στην επιφάνεια της γης:*

Οι άνθρωποι με τις επεμβάσεις τους πάνω στον πλανήτη συμβάλλουν σε τοπικής κλίμακας αλλαγές της μορφής της επιφάνειας της γης. Σύνθετος συνδυασμός παραγόντων οδηγούν στην ερημοποίηση μεγάλου ποσοστού γης, όπως είναι για παράδειγμα η αποψίλωση των δασών, οι μεταβολές στη χρήση της γης και η πολεοδομική ανάπτυξη. Κάτι τέτοιο έχει ως

συνέπεια να διαταράσσονται οι ισορροπίες στη φύση επηρεάζοντας το παγκόσμιο ή τοπικό κλίμα.

### **Ηφαιστειακή-Σεισμική δραστηριότητα** (Δαρείου 2011)

Όταν τα ηφαιστεια εκρήγνυνται, εκπέμπουν ένα μίγμα αερίων και σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Μερικά από αυτά, όπως η τέφρα και το διοξείδιο του θείου, μπορεί να προκαλέσουν ψύξη στον πλανήτη, μέσω της αντανάκλασης του ηλιακού φωτός μακριά από την γη. Άλλα, όπως το CO<sub>2</sub>, προκαλούν αύξηση της θερμοκρασίας συμβάλλοντας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

### **Ωκεανογραφικά αίτια** (Δαρείου 2011)

Τα ωκεάνια ρεύματα, είναι υπεύθυνα για την μεταδόση της θερμότητας στον πλανήτη, κυρίως προς τις πολικές περιοχές, για τη διατήρηση του θερμικού ισοζυγίου της γης, σύμφωνα με στοιχεία του προγράμματος COMET και του National Environmental Education Foundation (2008). Ως εκ τούτου οιαδήποτε αλλαγή τυχόν επέλθει στα ωκεάνια ρεύματα, δύναται να προκαλέσει μεταβολή του κλίματος από περιοχή σε περιοχή. Τέτοιες αλλαγές εμφανίστηκαν στον πλανήτη εξαιτίας της κίνησης των λιθοσφαιρικών πλακών και το διαχωρισμό των ηπείρων. Οι αυξομειώσεις της επιφανειακής θερμοκρασίας του πλανήτη, εξαιτίας εναλλαγών της τροχιάς της γης, προκαλούν αλλαγές στα ωκεάνια ρεύματα, όπως επισημαίνει το EPA (2010).

### ***1.3.2 Κλιματικές αλλαγές στην τελευταία χιλιετία*** (Δουκάκης 2007)

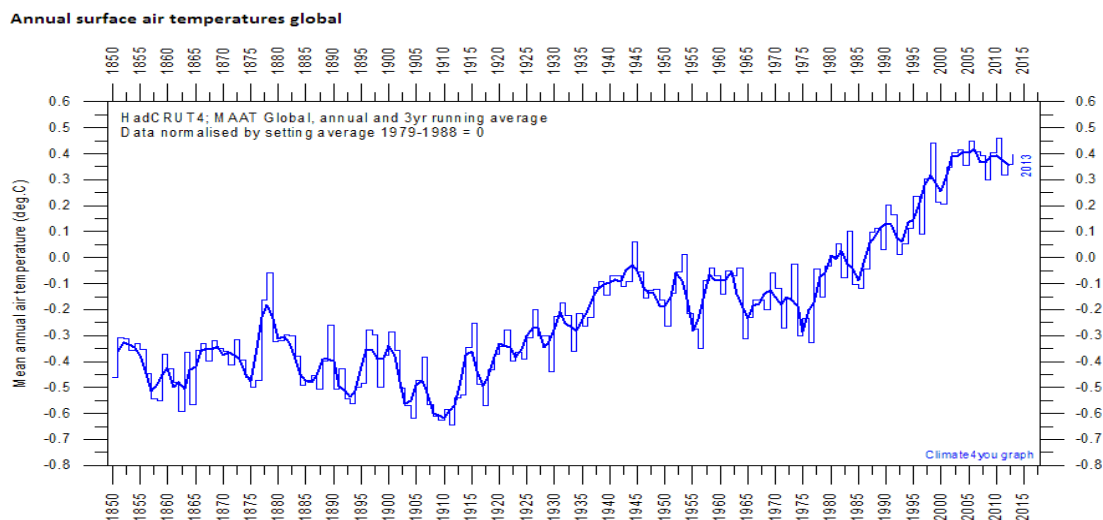
Το κλίμα διαφόρων περιοχών έχει υποστεί αρκετές αλλαγές στη διάρκεια της ιστορικής περιόδου. Ανέκαθεν ο άνθρωπος προσαρμοζόταν στο κλίμα της περιοχής του, ενώ κατόρθωνε μερικές φορές να το αλλάζει σε τοπικό επίπεδο.

Τα τελευταία 420.000 χρόνια, η Γη «γνώρισε» 4 κλιματικές περιόδους. Η τελευταία παγετώδης περίοδος ξεκίνησε πριν από 120.000 χρόνια περίπου και τελείωσε πριν από 16.000 χρόνια περίπου ακολουθούμενη από μία θερμή περίοδο μέχρι σήμερα. Η ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των αερίων του Θερμοκηπίου με φυσική προέλευση (διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και μεθάνιο (CH<sub>4</sub>)) και του κλίματος έχει επιβεβαιωθεί και στις 4 προαναφερόμενες κλιματικές περιόδους.

Ο κάθε κύκλος διαρκεί περίπου 125000 χρόνια, από τα οποία γύρω στα 10000 χρόνια καταλαμβάνονται από την θερμή περίοδο με κλιματικές συνθήκες παρόμοιες με τις σημερινές, ενώ η ψυχρή παγετώδης περίοδος έχει πολύ μεγαλύτερη διάρκεια. Οι αιτίες

αυτών των φυσικών διακυμάνσεων του κλίματος αποδίδονται σε μικρές περιοδικές αλλαγές της τροχιάς περιφοράς της Γης γύρω από τον ήλιο. Σήμερα, περίπου 10000 χρόνια από την τελευταία περίοδο παγετώνων, διανύουμε μία θερμή περίοδο που ονομάζεται Ολόκαινος και η οποία, θεωρητικά, βρίσκεται στο τέλος της. Επομένως, είναι πιθανό ότι, σε γεωλογική κλίμακα, «περνάμε» μία νέα εποχή παγετώνων, αλλά δεν είναι δυνατόν να προβλεφθεί εάν και πότε ακριβώς θα φθάσει. Πάντως η μελέτη της εξέλιξης του κλίματος κατά τα τελευταία 130000 χρόνια επιτρέπει την αναπαράσταση των συνθηκών που επικρατούσαν στο τέλος της προηγούμενης θερμής περιόδου και των φαινομένων που ακολούθησαν, όπως π.χ. η σταδιακή κάλυψη της Β. Ευρώπης με πάγους, η σταδιακή αντικατάσταση των δασών της Ν. Ευρώπης από στέπες κ.λ.π..

Με τη βιομηχανική επανάσταση του 18ου αιώνα και 19ου αιώνα, παρουσιάστηκε αλματώδης αύξηση των συγκεντρώσεων των αερίων του Θερμοκηπίου που συνδέεται με αντίστοιχη άνοδο των παγκόσμιων θερμοκρασιών επιφάνειας από 0,4 μέχρι 0,8 °C από το 1860. Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της αύξησης συνέβη σε δύο χρονικές περιόδους, από το 1910 μέχρι το 1945 και από το 1976 μέχρι σήμερα .

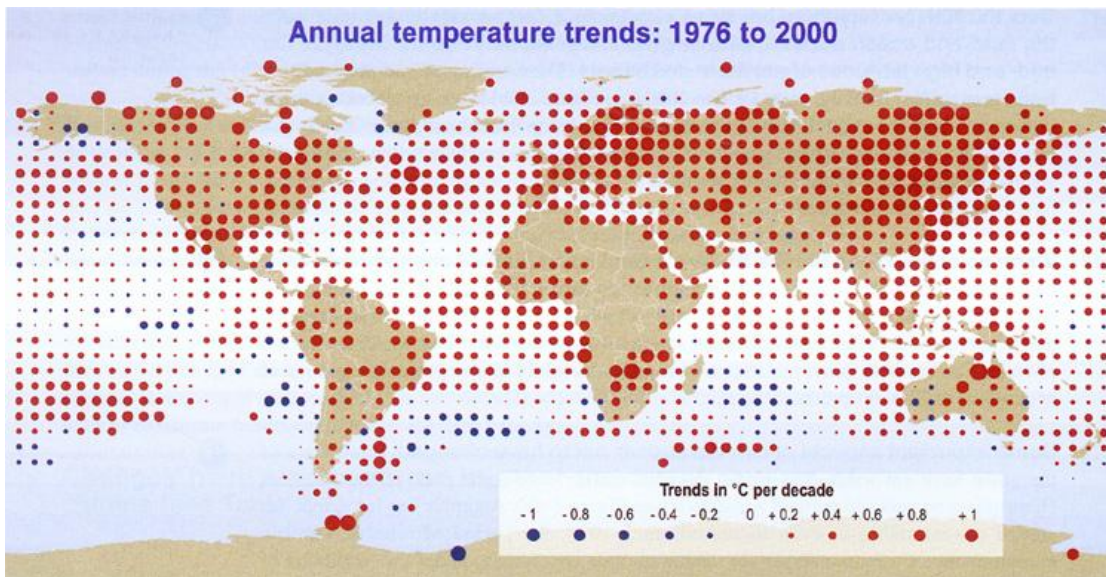


**ΣΧΗΜΑ 1.5:** Η μεταβολή της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας του πλανήτη τα από το 1850 έως το 2015 140 χρόνια( της τάξης των 0,8° C). Πηγή: <http://www.climate4you.com>

Ο αυξανόμενος ρυθμός θέρμανσης του πλανήτη μας κατά τον 20ο αιώνα δεν οφείλεται μόνο σε φυσικά αίτια αναλογιζόμενοι την «έκρηξη» της εκβιομηχάνισης, αλλά και την υποβάθμιση και ρύπανση του περιβάλλοντος. Η υπερθέρμανση μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του '70 ήταν ταχεία. Η δεκαετία του '90 ήταν πιθανόν η θερμότερη δεκαετία της περασμένης χιλιετίας στο Βόρειο Ημισφαίριο ενώ το 1998 ήταν το θερμότερο έτος της δεκαετίας. Οι θερινές θερμοκρασίες στο Βόρειο Ημισφαίριο, κατά τις πρόσφατες δεκαετίες



είναι οι μεγαλύτερες για τουλάχιστον 6 αιώνες. Η μέση θερμοκρασία κοντά στην επιφάνεια της γης το 1999 ήταν η πέμπτη υψηλότερη, μέχρι τώρα, καταγεγραμμένη θερμοκρασία, και μάλιστα μεγαλύτερη κατά 0.33 °C σε σχέση με τη μέση τιμή της περιόδου 1961-1990. Η περιστασιακή μείωση των επιφανειακών θερμοκρασιών, από το 1998 μέχρι το 1999, αποδόθηκε στο φαινόμενο καταιγίδων La Nina που εμφανίστηκε στον Ειρηνικό Ωκεανό το 1998.

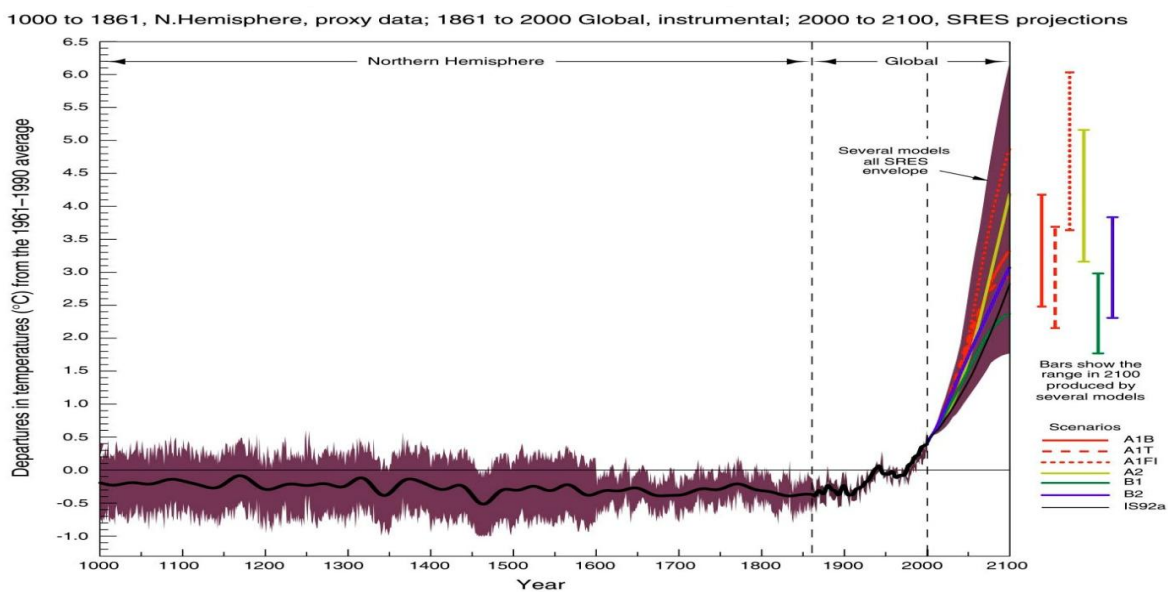


**ΣΧΗΜΑ 1.6:** Οι τάσεις αύξησης ανά δεκαετία της θερμοκρασίας σε όλο τον κόσμο, με βάση τα δεδομένα της εικοσιπενταετίας 1976-2000. Στην συντριπτική πλειοψηφία των περιοχών έχουμε ανοδικές τάσεις, που σε πολλές περιπτώσεις αγγίζουν τον 1° C ανά δεκαετία. Πηγή: ICCP 2001

Είναι, άλλωστε, αποδεδειγμένο από έρευνες πως η Γη είναι σήμερα θερμότερη από οποιαδήποτε άλλη περίοδο για την οποία υπάρχουν ιστορικά τεκμήρια. Το γεγονός αυτό αποτελεί ακόμα μία απόδειξη για τις παγκόσμιες κλιματολογικές αλλαγές που προκαλεί κυρίως το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Υπάρχει βέβαια, η αντίληψη πως οι παρατηρούμενες θερμοκρασιακές μεταβολές εντάσσονται στη γενικότερη και φυσιολογική διακύμανση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Έρευνες έχουν δείξει ότι ένα παρόμοιο φαινόμενο έχει κάνει την εμφάνισή του ξανά στο παρελθόν, κατά την περίοδο 1000-1200 μ.Χ. Η αλήθεια όμως είναι ότι, μολονότι πραγματικά παρατηρήθηκαν ορισμένες απροσδόκητες θερμοκρασιακές αυξήσεις την εποχή εκείνη, ωστόσο το φαινόμενο διέφερε από τόπο σε τόπο, με αποτέλεσμα η συνολική θερμοκρασία του πλανήτη να παραμένει σταθερή. Κάτι τέτοιο σε επίπεδα ίσχυε πενήντα χρόνια πριν, ωστόσο με την εξέλιξη που έχει πάρει το φαινόμενο σήμερα, δεν μπορεί να γίνει σύγκριση μεταξύ των δύο περιόδων.

Η IPCC, η Διακυβερνητική Επιτροπή για τις Κλιματικές Αλλαγές, ένα σώμα 3.000 και πλέον επιστημόνων υπό την αιγίδα του ΟΗΕ και του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού, εκτιμά ότι η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια του πλανήτη θα αυξηθεί από 1,5 έως 6° C ως το 2100. Για να καταλάβουμε το εύρος των αλλαγών που θα επέλθουν, αρκεί να πούμε ότι η αύξηση αυτή θα είναι η μεγαλύτερη που έχει συμβεί τα τελευταία 10.000 χρόνια. Μια πρόσφατη αναφορά που ετοιμάστηκε για τις Κυβερνήσεις όλου του κόσμου, επισημαίνει ότι πως η Γη μπορεί να θερμανθεί πολύ περισσότερο από τις τρέχουσες προβλέψεις που υπάρχουν. Συγκεκριμένα, πριν από πέντε χρόνια, η πρόβλεψη των επιστημόνων του IPCC ανέφερε ότι η πιθανή μέγιστη αύξηση της θερμοκρασίας θα είναι 3° C.



**ΣΧΗΜΑ 1.7:** Η εξέλιξη της θερμοκρασίας από το 1000 έως το 2000 και η πρόβλεψη της εξέλιξης της έως το 2100. Σε 1000 χρόνια είχαμε αύξηση 0,4°C και οι εκτιμήσεις για τα επόμενα 100 μιλούν για αύξηση από 1,5 °C έως 4,5°C. Πηγή: IPCC 2001

### 1.3.3 Παγκόσμιες επιπτώσεις από την αλλαγή του κλίματος

Η άνοδος της θερμοκρασίας είναι μία μόνο από τις επιπτώσεις που θα έχει η ενδεχόμενη σφαιρική θέρμανση. Η πλειοψηφία των επιστημονικών επιτροπών πιστεύει ότι η θερμοκρασία θα αυξηθεί κατά 1,5 με 6° C περίπου μέσα στον 21ο αιώνα. Οι αλλαγές της θερμοκρασίας, αλλά ακόμα περισσότερο οι μεταβολές των υπολοίπων κλιματικών παραμέτρων, θα έχουν ανομοιόμορφη κατανομή σε παγκόσμιο επίπεδο. Με την υπόθεση ότι θα υλοποιηθούν οι μεγαλύτερες από τις παραπάνω τιμές για την άνοδο της θερμοκρασίας και γενικότερα ότι το φαινόμενο θα συνεχιστεί, οι συνέπειες για την ανθρωπότητα θα είναι σοβαρές. (Δουκάκης 2007)

### Ακραία καιρικά και κλιματικά φαινόμενα (Μελάς κ.ά. 2000)

Καιρικά φαινόμενα, όπως η ξηρασία, οι καταιγίδες, οι πλημμύρες, ο καύσωνας αναμένεται ότι θα είναι συχνότερα αλλά και εντονότερα. Κατά την τελευταία δεκαετία σε ολόκληρο τον κόσμο σημειώθηκαν τρεις φορές περισσότερες φυσικές καταστροφές εξαιτίας του καιρού, σε σχέση με τη δεκαετία του 1960. Προβλέπεται ότι από το 2070 και μετά, κύματα καύσωνα θα σημειώνονται κάθε δύο χρόνια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το κύμα καύσωνα που σημειώθηκε στην Ευρώπη το 2003, προκαλώντας το θάνατο αρκετών Ευρωπαίων πολιτών και προξενώντας πυρκαγιές μεγάλης έκτασης καθώς και γεωργικές καταστροφές ύψους πάνω από 10 δισεκατομμύρια ευρώ. Παράλληλα, η κλιματική αλλαγή θα αυξήσει τον κίνδυνο ερημοποίησης, που ήδη έχει αρχίσει στη Νότια Ευρώπη.

Οι καταιγίδες και οι πλημμύρες θα προκαλέσουν καταστροφή των καλλιεργειών και διάβρωση του εδάφους, με αντίκτυπο στη γεωργία. Ενδέχεται, επίσης, να δημιουργηθούν προβλήματα στην ποιότητα του νερού, λόγω μόλυνσης των πηγών, γεγονός το οποίο θα έχει άμεσες επιπτώσεις και στην ανθρώπινη υγεία.

Παρεμφερής επίπτωση αποτελεί και η διεύρυνση των περιοχών που επηρεάζονται από την αύξηση της ξηρασίας, τη μείωση των βροχοπτώσεων και τη μείωση της ποσότητας πόσιμου νερού. Το γεγονός αυτό θα δημιουργήσει προβλήματα στη γεωργία (μείωση παραγωγής, καταστροφή σοδειών, θάνατος ζώων, αυξημένος κίνδυνος για πυρκαγιές). Η αναζήτηση νερού και τροφής καθώς και οι ασθένειες θα οδηγήσουν στη μετακίνηση πληθυσμών με σκοπό την εξεύρεση καλύτερων συνθηκών διαβίωσης.

### Στάθμη της Θάλασσας(Μελάς κ.ά. 2000)

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 500 εκατομμυρίων ετών, έχουν γίνει πολλές αλλαγές από θερμές περιόδους, όπου το κλίμα ήταν ζεστότερο και υγρότερο από το σημερινό (π.χ. Λιθανθρακοφόρο, Ιουρασικό), σε περιόδους που μεγάλο τμήμα της γης καλύπτονταν από πάγους (π.χ. Πέρμιο). Κάθε φορά που είχαμε άνοδο της θερμοκρασίας, μεγάλο μέρος των παγετώνων έλιωνε ανεβάζοντας αισθητά τη στάθμη των ωκεανών. Κατ' αυτό τον τρόπο, η στάθμη της θάλασσας αυξάνει εδώ και 10.000 χρόνια. Μέσα στα τελευταία 140 χρόνια, η στάθμη των ωκεανών ανέβηκε κατά 10-25 cm εξ' αιτίας της ανόδου της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας του αέρα στην κατώτερη ατμόσφαιρα. Σήμερα ο ρυθμός ανόδου από 1,5mm ανά έτος που ήταν στις αρχές του αιώνα, έχει ανέβει στα 2,5mm ανά έτος (από εκτιμήσεις του 1980). Μέσα στα επόμενα 100 χρόνια, η πιο αισιόδοξη εκτίμηση που υπάρχει προβλέπει αύξηση κατά μισό μέτρο ενώ δεν λείπουν τα σενάρια που προβλέπουν ανύψωση της στάθμης των ωκεανών μέχρι και δύο μέτρα.

Το πρόβλημα προέρχεται κυρίως από τον παγετώνα του Βορείου Ωκεανού και της Γροιλανδίας. Ολόκληρο το σύστημα του βορείου Ατλαντικού είναι πολύ ευαίσθητο στις αλλαγές της θερμοκρασίας και αποτελεί ένα από τα πιο ζωτικά κύτταρα ωκεάνιας αλλά και ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας.

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι, λόγω διαφορετικής χρονικής απόκρισης της θάλασσας σε σχέση με την ατμόσφαιρα, η άνοδος της στάθμης των ωκεανών θα συνεχίσει για αρκετές δεκαετίες αφότου σταματήσει η θέρμανση.

Οι συνέπειες από μια τέτοια ανύψωση είναι ποικίλες. Οι πρώτες άμεσες συνέπειες αφορούν κυρίως τη καταστροφή των παράκτιων οικισμών. Ήδη υπάρχουν περιοχές που αντιμετωπίζουν το πρόβλημα αυτό εδώ και πάρα πολλά χρόνια (Ολλανδία, Βέλγιο κ.τ.λ). Ιδιαίτερο πρόβλημα θα αντιμετωπίσουν οι χώρες του τρίτου κόσμου λόγω του υψηλού κόστους κατασκευής προστατευτικών έργων αλλά και όλες οι παραθαλάσσιες μεγαλουπόλεις εξ' αιτίας της δυσκολίας μετακίνησης του τεράστιου αριθμού ανθρώπων που κατοικούν σε αυτές .

Στη κατηγορία αυτή ανήκουν και οι κίνδυνοι για τη ναυσιπλοΐα από σκοπέλους και βραχονησίδες που ενδεχομένως να καλυφθούν από νερό, αλλά και παρόμοια προβλήματα σε πολλά μικρά νησιά που χρησιμοποιούνται είτε ως θέρετρα, είτε ως επιστημονικοί σταθμοί ή στρατιωτικές βάσεις.

Η δεύτερη κατηγορία αφορά τις επιπτώσεις στα θαλάσσια οικοσυστήματα και την επίδραση- ανάδραση στο κλίμα. Οι παράκτιες περιοχές χρησιμοποιούνται ως βιότοποι από πολλά είδη πτηνών και ζώων, αλλά και από τους ανθρώπους σαν τόποι παραγωγής μεγάλης ποσότητας τροφίμων π.χ. αλιεία. Ακόμη σημαντικότερα είναι τα υποθαλάσσια οικοσυστήματα μερικά από τα οποία είναι πολύ ευαίσθητα και στη θερμοκρασία (π.χ. κοράλια) αλλά και στις άλλες παραμέτρους της κλιματικής αλλαγής.

Πολύ σημαντική, επίσης, είναι η επίδραση της μείωσης των πάγων πάνω στην αλλαγή του κλίματος. Οι πάγοι χαρακτηρίζονται από υψηλό ποσοστό ανακλαστικότητας της ηλιακής ακτινοβολίας. Η μείωση τους θα αυξήσει την απορρόφηση αυτής της ακτινοβολίας συμβάλλοντας περαιτέρω στη θέρμανση της γης. Από την άλλη πλευρά, η αύξηση των υδάτινων μαζών θα μειώσει την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα καθώς είναι γνωστό ότι το αέριο αυτό απορροφάται από τη θάλασσα. Ακόμη θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η δημιουργία νεφών που μειώνουν την ηλιακή ακτινοβολία στην κατώτερη ατμόσφαιρα. Τέλος, τεράστια είναι η σημασία των ωκεάνιων ρευμάτων στην εξέλιξη του κλίματος, ρεύματα που δημιουργούνται ή μεταβάλλονται από την τήξη των πάγων.

### **Υδάτινοι πόροι** (Μελάς κ.ά. 2000)

Στον όρο υδάτινοι πόροι συμπεριλαμβάνονται όλα τα αποθέματα γλυκού νερού που είναι ή μπορούν να μετατραπούν σε πόσιμο.

Κάθε μεταβολή στη θερμοκρασία επηρεάζει την κατανομή του νερού, κυρίως των βροχοπτώσεων. Μια αύξηση της θερμοκρασίας θα οδηγήσει σε αύξηση των υδατοπτώσεων αλλά ταυτόχρονα θα έχουμε και περισσότερη εξάτμιση.

Τα κλιματικά μοντέλα, με τα οποία υπολογίζουμε τα χαρακτηριστικά της κλιματικής αλλαγής, δεν μπορούν να μας δώσουν ακριβείς προβλέψεις για την κατανομή της βροχής αλλά σε άλλες περιοχές αναμένεται μείωση της ενώ αλλού πιθανόν να αυξηθεί. Εξ' άλλου η βροχή είναι από τα πιο ανομοιογενή φυσικά φαινόμενα και ο υδρολογικός κύκλος είναι εξαιρετικά πολύπλοκος. Αλλαγή των βροχοπτώσεων επιδρά στην επιφανειακή υγρασία, ανακλαστικότητα και βλάστηση, τα οποία επηρεάζουν την εξάτμιση και τη δημιουργία νεφών. Επιπλέον, διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να επηρεάσουν τον κύκλο αυτό όπως π.χ. η καταστροφή των δασών ή η υπερκατανάλωση νερού. Μια πρώτη ποιοτική πρόβλεψη αναγγέλλει αύξηση της έντασης των βροχοπτώσεων ενώ τα ξηρά κλίματα θα παρουσιάσουν μεγαλύτερη ευαισθησία στον παραπάνω κύκλο ειδικά στον τομέα της εξάτμισης και διαπνοής από την τοπική βλάστηση. Όσον αφορά τα τροπικά κλίματα είναι τα πιο δύσκολα για προβλέψεις και μέχρι τώρα κάθε κλιματικό μοντέλο δίνει διαφορετικά αποτελέσματα για την ένταση και την κατανομή της τροπικής βροχόπτωσης.

Συμπερασματικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι, δεν υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις για έλλειψη του νερού σε παγκόσμια κλίμακα. Αντίθετα, η ανισότροπη κατανομή του, η οποία ανέκαθεν υπήρχε, αναμένεται να ενισχυθεί.

### **Βιοποικιλότητα και οικοσυστήματα** (Μελάς κ.ά. 2000)

Μια θέρμανση 1°C με 3,5°C, μέσα στα επόμενα 100 χρόνια, θα μετατοπίσει τις κλιματικές ζώνες κατά 150 ως 550 χιλιόμετρα προς τους πόλους και κατά 150 με 550 μέτρα προς μεγαλύτερα υψόμετρα, για τα μέσα γεωγραφικά πλάτη. Καθώς το κάθε είδος πρέπει σε μικρό σχετικά χρονικό διάστημα να ανταποκριθεί στις νέες συνθήκες, η γεωγραφική εξάπλωση και σύνθεση των οικοσυστημάτων θα αλλάξει. Τα είδη που δεν θα μπορέσουν να προσαρμοστούν αρκετά γρήγορα θα κινδυνέψουν με εξαφάνιση.

Τα δάση, τα σημαντικότερα από όλα τα οικοσυστήματα, βρίσκονται ήδη σε μια αργή πορεία προς την εξαφάνιση, λόγω της πολύ αργής προσαρμογής τους στις κλιματικές αλλαγές. Γνωρίζουμε, από παρατηρήσεις αλλά και εργαστηριακά πειράματα, ότι μια αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κατά 1°C επηρεάζει τη λειτουργικότητα και σύνθεση των δασών σε

πολύ μεγάλο βαθμό. Υπολογίζεται ότι μέσα στον 21<sup>ο</sup> αιώνα θα επηρεαστεί αρνητικά το ένα τρίτο των παγκόσμιων δασικών οικοσυστημάτων. Ολόκληρα είδη δασών μπορεί να εξαφανιστούν ενώ δεν αποκλείεται να εμφανιστούν καινούρια. Πυρκαγιές αλλά και διάφορες αρρώστιες των δέντρων είναι πολύ πιθανό να εμφανιστούν δυσχεραίνοντας την κατάσταση. Περισσότερο πάντως αναμένεται να επηρεαστούν τα φυλλοβόλα δάση που βρίσκονται κυρίως στην κεντρική Ευρώπη και τις ανατολικές ΗΠΑ, παρά τα τροπικά και τα μεσογειακά εφόσον τα γεωγραφικά πλάτη που βρίσκονται θα θερμανθούν περισσότερο.

Παράλληλα με την ελάττωση των δασών αναμένεται να ενταθεί το φαινόμενο της ερημοποίησης. Το ερημικό κλίμα θα γίνει πιο ζεστό αλλά είναι αμφίβολο αν θα γίνει και πιο υγρό, απειλώντας έτσι τη λιγοστή αλλά σημαντική πανίδα των οικοσυστημάτων αυτών.

Τέλος, πρόβλημα θα παρουσιαστεί στις οριακές περιοχές που δεν έχουν περιθώρια μετατόπισης.

#### Λοιμώδη νοσήματα και υγεία (Μελάς κ.ά. 2000)

Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να έχει επιπτώσεις και στα θέματα υγείας. Αγγειοκαρδιακές και αναπνευστικές παθήσεις επιδεινώνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας όπως και άλλες αρρώστιες. Αυξημένοι τραυματισμοί, ψυχολογικές διαταραχές και απ' ευθείας θάνατοι μπορεί να επέλθουν από τα ισχυρά και εκτεταμένα κύματα καύσωνα αλλά και από πλημμύρες, καταιγίδες, και άλλα ακραία καιρικά φαινόμενα. Αν και ίσως σε πιο ψυχρά κλίματα θάνατοι από κρυοπαγήματα να μειωθούν ή εξαφανιστούν, το ποσοστό αυτό είναι πολύ μικρό για να εξισορροπήσει τις αρνητικές επιπτώσεις.

Οι σημαντικότερες επιπτώσεις όμως θα είναι, όχι οι άμεσες αλλά, αυτές που θα ακολουθήσουν λόγω της διαταραχής των οικοσυστημάτων και των φυσικών πόρων σε συνδυασμό με την κακή ή ελλιπή ιατρική περίθαλψη. Ολοένα και περισσότεροι άνθρωποι εκτίθενται σε αρρώστιες από τη μόλυνση και ρύπανση του άμεσου περιβάλλοντος, όπως διάρροιες, υποσιτισμός και πείνα, άσθμα και άλλες αλλεργικές παθήσεις. Αύξηση της θερμοκρασίας θα προκαλέσει εξάπλωση των ασθενειών που μεταδίδονται από έντομα (π.χ. κουνούπια), δεδομένου ότι τα έντομα αυτά θα εξαπλωθούν σε μεγαλύτερα πλάτη αλλά και ύψη.

Πιθανή είναι επίσης η αύξηση των επιδημιών. Αύξηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας βοηθούν στην εξάπλωση των λοιμωδών ασθενειών, πολλές από τις οποίες είχαν σχεδόν εξαφανιστεί μέχρι τώρα όπως η χολέρα, η πανούκλα κτλ. Πολλά από τα βακτήρια που προκαλούν τέτοιες ασθένειες βρίσκουν καταφύγιο μέσα στα άλγη και τους

ζωοπλαγκτονικούς οργανισμούς. Η αύξηση της θερμοκρασίας ευνοεί την άνθιση των άλγεων και επομένως τον πολλαπλασιασμό των βακτηρίων αυτών ενώ πολλές φορές μεταλλάσσονται γενετικά σε καινούρια και ανθεκτικότερα είδη.

### **Γεωργία και τρόφιμα** (Μελάς κ.ά. 2000)

Όσον αφορά την εξέλιξη της γεωργικής εκμετάλλευσης σε σχέση με την επερχόμενη κλιματική αλλαγή, τα πράγματα είναι αρκετά περιπεπλεγμένα. Καθώς οι κλιματικές ζώνες θα μετατοπιστούν, θα συμπαρασύρουν και τις ζώνες βλάστησης. Η ευαισθησία των γεωργικών προϊόντων ποικίλει αρκετά από είδος σε είδος. Ενδεχομένως, κάποια είδη να μην μπορούν να ευδοκιμήσουν εκεί που καλλιεργούνταν μέχρι τώρα ενώ, κάποια άλλα να εμφανιστούν σε περιοχές που μέχρι πρόσφατα ήταν ακατάλληλες για αυτά.

Καθώς οι ζώνες βλάστησης μετακινούνται προς τους πόλους, αναγκαστικά, η συστηματική γεωργία θα πρέπει να ακολουθήσει. Τα προβλήματα που υπάρχουν δεν διαφέρουν από εκείνα των οικοσυστημάτων. Μια μετακίνηση των αγροτικών περιοχών θα βρεθεί πιθανόν αντιμέτωπη με ήδη κατοικημένες περιοχές αλλά και με ακατάλληλα εδάφη. Έτσι, η εντατική γεωργική εκμετάλλευση θα περιοριστεί από την ακαταλληλότητα του εδάφους να υποστηρίξει μια τέτοια μορφή εκμετάλλευσης.

Ένα επιπλέον πρόβλημα θα δημιουργηθεί από τη μεταβολή της υγρασίας του εδάφους λόγω της μεγαλύτερης εξάτμισης που θα επιβάλουν οι νέες κλιματικές συνθήκες. Το γεγονός αυτό θα επηρεάσει περισσότερο τα μικρά γεωγραφικά πλάτη λόγω της ήδη υπάρχουσας ξηρασίας αλλά και της έλλειψης υδάτινων πόρων. Φυσικά αυτό έχει μεγάλο αντίκτυπο και στην κτηνοτροφία, για την οποία απαιτούνται τεράστιες ποσότητες νερού, ενώ η ιχθυοτροφία σε παγκόσμιο επίπεδο δεν αναμένεται να παρουσιάσει μεταβολές.

Πάντως, η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα αναμένεται να βοηθήσει την ανάπτυξη των φυτών. Γενικά, όσο περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα υπάρχει τόσο πιο έντονη γίνεται η φωτοσύνθεση των περισσότερων φυτών.

### **Υποδομή, βιομηχανία και ανθρώπινοι οικισμοί** (Μελάς κ.ά. 2000)

Γενικά, οι βιομηχανίες και τα προϊόντα τους είναι λιγότερο ευαίσθητες στις κλιματικές αλλαγές από τους υπόλοιπους τομείς, όπως η γεωργία και τα οικοσυστήματα. Μερικές όμως δραστηριότητες είναι αρκετά ευπαθείς σε αιφνίδια και έντονα καιρικά συμβάντα. Οι βιομηχανίες αγροτικών προϊόντων, η παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας και άλλων μορφών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αλλά και οι περισσότερες μορφές συγκοινωνίας είναι μερικές από τις πιο ευάλωτες ανθρώπινες υποδομές. Επίσης σε επικίνδυνη κατάσταση

βρίσκονται όλες οι εγκαταστάσεις (βιομηχανίες, λιμάνια, πολεοδομικά συγκροτήματα, τουριστικά θέρετρα κτλ.), που βρίσκονται σε παράκτιες περιοχές, λόγω της ανόδου της θάλασσας στάθμης. Τον ίδιο κίνδυνο διατρέχουν και πολλά μικρά νησιά. Ο κίνδυνος αυτός αναπόφευκτα θα προκαλέσει μετανάστευση των παραθαλάσσιων πληθυσμών δημιουργώντας προβλήματα και στις ηπειρωτικές υποδομές.

Επιπτώσεις θα υπάρξουν και στους ανθρώπινους οικισμούς καθώς, αργά ή γρήγορα, κάποιες περιοχές θα αναγκαστούν να μεταναστεύσουν προς οποιοδήποτε μέρος προσφέρει καλύτερες συνθήκες διαβίωσης. Μια τέτοια μετανάστευση θα έχει τεράστιες διαστάσεις και ακόμα μεγαλύτερες επιπτώσεις καθώς οι άνθρωποι αυτοί συνήθως οδεύουν προς μεγάλες αστικές περιοχές, αυξάνοντας έτσι τις ανάγκες των περιοχών αυτών για στέγη, τροφή, νερό, υγειονομική περίθαλψη κτλ. Είναι βέβαια φυσικό ότι περισσότερο θα πληγούν οι φτωχότερες οικονομικά τάξεις.

### **Παρατήρηση**

Παρόλες τις αρνητικές επιπτώσεις που αναμένεται να δημιουργήσει η αποσταθεροποίηση του κλίματος οι ερευνητές εκτιμούν ότι θα δημιουργηθούν και ορισμένες ευεργετικές συνθήκες για κάποιες περιοχές και κάποια επαγγέλματα. Περιοχές όπως η Αρκτική, η Ανταρκτική και η Σιβηρία πιθανώς να βιώσουν ανάπτυξη της τοπικής χλωρίδας και ηπιότερο κλίμα. Επιπλέον, θα απαιτείται χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας για την θέρμανση κρύων περιοχών, ενώ μεγαλύτερες περιόδους βλάστησης μπορεί να οδηγήσουν σε αύξηση της αγροτικής παραγωγής. (<http://geography.about.com>)

## **1.4 ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ**

### ***1.4.1 Κλιματικά πρότυπα προσομείωσης (models)***

Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται σήμερα για την προσομοίωση της κλιματικής αλλαγής είναι τα Συζευγμένα Ατμοσφαιρικά-Ωκεάνια Μοντέλα Γενικής Κυκλοφορίας (Coupled Atmospheric-Ocean General Circulation Models, AOGCMs). Πρόκειται για μοντέλα που βασίζονται στις βασικές φυσικές αρχές του γήινου συστήματος όπως οι βασικές εξισώσεις της μηχανικής των ρευστών και της διάδοσης της ακτινοβολίας. Τα AOGCMs χωρίζονται σε Ατμοσφαιρικά (AGCMs) και Ωκεάνια Μοντέλα Γενικής Κυκλοφορίας (OGCMs) ενώ μπορεί να είναι και συζευγμένα μεταξύ τους (AOGCMs) καθώς και με άλλα μοντέλα όπως τα μοντέλα προσομοίωσης της παγοκάλυψης στην ξηρά και την θάλασσα, της βιόσφαιρας (Denman et al. 2007) και άλλα. (Καψωμενάκης κ.ά. 2011)



Τα AOGCMs που χρησιμοποιούνται για τη μελέτη του κλίματος και της κλιματικής αλλαγής παρουσιάζουν ομοιότητες με τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την καιρική πρόγνωση λίγων ημερών. Η διαφορά είναι ότι τα μοντέλα πρόγνωσης του καιρού δίνουν έμφαση σε διαφορετικά στοιχεία αφού χρησιμοποιούνται με διαφορετικό σκοπό και σε διαφορετικές χρονικές κλίμακες. Συγκεκριμένα τα κλιματικά AOGCMs δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στις διεργασίες του εδάφους, του ωκεανού και των παγετώνων καθώς και στην ισορροπία των διεργασιών μεγάλης χρονικής κλίμακας όπως ο υδρολογικός κύκλος.

Τονίζεται ότι η γνώση ορισμένων φυσικών διεργασιών είναι ακόμα περιορισμένη. Για το λόγο αυτό στις κλιματικές προσομοιώσεις χρησιμοποιούνται παραμετροποιήσεις και απλουστεύσεις ορισμένων φαινομένων. Η χωρική ανάλυση των AOGCMs στις μέρες μας, εξαιτίας των περιορισμένων υπολογιστικών δυνατοτήτων, είναι της τάξης των εκατοντάδων χιλιομέτρων (Mearns et al. 2001). Σε αυτή τη χωρική ανάλυση είναι δυνατόν να αναπαραχθούν ικανοποιητικά η γενική κυκλοφορία σε ολόκληρο τον πλανήτη καθώς και τα γενικά χαρακτηριστικά των διαφόρων κλιματικών παραμέτρων σε συνοπτική κλίμακα. Ωστόσο δεν είναι δυνατόν να προσομοιωθούν με ακρίβεια φαινόμενα που σχετίζονται με την επίδραση της τοπογραφίας σε τοπική και περιοχική κλίμακα. (Καψωμενάκης κ.ά. 2011)

Οι τεχνικές με τις οποίες εισάγεται η περιοχική πληροφορία στις κλιματικές προσομοιώσεις ονομάζονται τεχνικές υποβιβασμού κλίμακας (υποκλιμάκωσης) και χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: 1) Τα υψηλής ή μεταβλητής ανάλυσης παγκόσμια ατμοσφαιρικά μοντέλα γενικής κυκλοφορίας, 2) τις στατιστικές ή εμπειρικές μεθόδους υποκλιμάκωσης (Statistical/Empirical Downscaling) και 3) τη δυναμική υποκλιμάκωση. Η δυναμική υποκλιμάκωση βασίζεται στη χρήση των περιοχικών κλιματικών μοντέλων (Regional Climate Models, RCMs). Πρόκειται για μοντέλα περιορισμένου πεδίου και υψηλής ανάλυσης τα οποία βασίζονται στη δυναμική υποκλιμάκωση και αναπτύχθηκαν προκειμένου να εισαχθεί η περιοχική πληροφορία στα μεγάλης κλίμακας πεδία που παρέχονται από τα GCMs ή που προκύπτουν από επανα-ανάλυση (NCEP/ ERA-40) (Dickinson et al. 1989, Giorgi 1990). Για να λειτουργήσουν είναι απαραίτητο να τους παρέχονται αρχικές συνθήκες σε ολόκληρο το πεδίο τους, χρονομεταβαλλόμενες οριακές συνθήκες στα πλευρικά τους όρια και επιφανειακές οριακές συνθήκες. Οι πλευρικές οριακές συνθήκες προέρχονται από προσομοιώσεις με GCMs ή από ανάλυση παρατηρήσεων. Δέχονται επίσης, όπως και τα AOGCMs, δεδομένα εισόδου συγκέντρωσης αερίων θερμοκηπίου και συγκέντρωσης αερολυμμάτων. Συνήθως αποτελούνται από ένα ατμοσφαιρικό μοντέλο συζευγμένο με ένα μοντέλο του εδάφους. Οι συνθήκες στην επιφάνεια του ωκεανού παρέχονται μαζί με τις χρονομεταβαλλόμενες πλευρικές οριακές

συνθήκες, ωστόσο γίνονται απόπειρες να συζευχθούν και με ένα ωκεάνιο μοντέλο αντίστοιχης (υψηλής) χωρικής ανάλυσης. Επιπρόσθετα είναι δυνατό να συζευχθούν με μοντέλα της υδρολογίας, των πάγων της θάλασσας (sea-ice) της χημείας της ατμόσφαιρας/αερολυμμάτων και της βιόσφαιρας. Γενικά δεν αλληλεπιδρούν με το GCM που τους παρέχει τις πλευρικές οριακές συνθήκες. Λόγω των μικρών τους απαιτήσεων σε υπολογιστικούς πόρους μπορούν να πραγματοποιούν προσομοιώσεις διάρκειας μερικών δεκαετιών σε αρκετά υψηλή ανάλυση, μέχρι και κάτω από τα 10km. Με αυτό τον τρόπο πετυχαίνουν να υποκλιμακώσουν την πληροφορία από τα αποτελέσματα των GCMs που περιέχει την γενική κυκλοφορία η οποία οφείλεται στα μεγάλης κλίμακας παράγοντες (large-scale forcings) και να την εμπλουτίσουν χάρη (α) στην καλύτερη αναπαράσταση της τοπογραφίας (λόγω της υψηλότερης ανάλυσης) και (β) στην δυνατότητα αναπαράστασης διεργασιών μικρότερης κλίμακας οι οποίες δεν μπορούν να προσομοιωθούν στην κλίμακα των GCMs. Τα περιοχικά μοντέλα χρησιμοποιούνταν ήδη από παλιά στην αριθμητική πρόγνωση καιρού, βελτιώθηκαν από τους Dickinson et al. (1989) και Giorgi (1990) και έκτοτε χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές, από παλαιοκλιματολογικές μέχρι την μελέτη της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής. (Καψωμενάκης κ.ά. 2011)

Τα RCMs διαθέτουν πολλές υπορουτίνες για την προσομοίωση των φυσικών διεργασιών που είτε συμβαίνουν σε κλίμακα μικρότερη από την κλίμακα που μπορούν να αναλύσουν, όπως οι διεργασίες του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος, είτε ξεφεύγουν από την φυσική των εξισώσεων Navier-Stokes που αποτελούν τον βασικό πυρήνα τους, όπως οι υπορουτίνες της ακτινοβολίας, είτε και τα δυο. Όλες αυτές οι υπορουτίνες διαθέτουν μια σειρά από παραμέτρους τις οποίες ο χρήστης του μοντέλου μπορεί να μεταβάλλει ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή, το μέγεθος και την ανάλυση του πλέγματος. Πριν από τις κυρίως προσομοιώσεις του ο χρήστης πρέπει να πραγματοποιήσει μερικές δοκιμαστικές προσομοιώσεις προκειμένου να εξετάσει αν η επιλογή των παραμέτρων του μοντέλου οδηγεί σε αληθοφανή αποτελέσματα. Αυτές οι προσομοιώσεις πραγματοποιούνται με δεδομένα από επανανάλυση (reanalysis) ώστε στη συνέχεια τα αποτελέσματά να μπορούν να επαληθευτούν με δεδομένα παρατηρήσεων. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται ρύθμιση του μοντέλου (tuning). (Καψωμενάκης κ.ά. 2011)

Βασικό πλεονέκτημα των RCMs είναι ότι, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, περιγράφουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας όπως την ορογραφία, την κατανομή ξηράς και θάλασσας και την χρήση της γης, τα οποία δεν είναι δυνατό να παρασταθούν ακόμα στις προσομοιώσεις των GCMs επειδή οι διαστάσεις τους είναι μικρότερες από τις διαστάσεις του πλέγματος του GCM. Επιπρόσθετα η αυξημένη χωρική

ανάλυση των RCMs επιτρέπει να αναλύονται φαινόμενα μικρότερης χωρικής κλίμακας που δεν αναλύονται από τα GCMs. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να προσομοιώσουν τη λειτουργία μηχανισμών ανάδρασης που δρουν σε περιοχική κλίμακα. Το κυριότερο μειονέκτημά τους είναι ότι αν τα αποτελέσματα του GCM που παρέχει τις οριακές συνθήκες είναι εσφαλμένα το ίδιο θα ισχύσει και για τα αποτελέσματα του RCM. Αυτό το μειονέκτημα ισχύει για όλες τις τεχνικές υποκλιμάκωσης. Επίσης μειονέκτημα αποτελεί η έλλειψη της δυνατότητας αλληλεπίδρασης με το GCM. Η ανάγκη ρύθμισης τους, είναι ένα ακόμα μειονέκτημα διότι μπορεί να αποδειχτεί διαδικασία χρονοβόρα και επίπονη.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι η εκτίμηση των κλιματικών συνθηκών που θα επικρατήσουν στο μέλλον σε ένα τόπο εμπεριέχει πολλούς παράγοντες αβεβαιότητας οι σημαντικότεροι από τους οποίους είναι: 1. Η επιλογή του σεναρίου εκπομπής θερμοκηπικών αερίων βάσει του οποίου γίνεται η προσομοίωση του μελλοντικού κλίματος, 2. Η επιλογή του GCM με το οποίο θα διεξαχθούν οι κλιματικές προσομοιώσεις, 3. Η επιλογή του RCM στην περίπτωση που χρησιμοποιείται μεθοδολογία δυναμικής υποκλιμάκωσης και 4. η επιλογή των αρχικών συνθηκών της κλιματικής προσομοίωσης του GCM δεδομένα του οποίου χρησιμοποιούνται ως δεδομένα εισόδου του RCM. Μια συνήθης πρακτική, που χρησιμοποιείται προκειμένου να μειωθούν οι αβεβαιότητες που οφείλονται στις διαφορετικές παραμετροποιήσεις και τους διαφορετικούς δυναμικούς κώδικες που χρησιμοποιούνται από τα διαφορετικά κλιματικά μοντέλα αλλά και στην αβεβαιότητα των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στο μέλλον, είναι το να αναλύονται αποτελέσματα ενός συνόλου από προσομοιώσεις διαφορετικών κλιματικών μοντέλων και για διάφορα σενάρια εκπομπών (ensemble). (Καψωμενάκης κ.ά. 2011)

#### ***1.4.2 Σενάρια εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου***

Στα πλαίσια της μελέτης των προβλεπόμενων ανθρωπογενών κλιματικών αλλαγών, βασικός παράγων των προσομοιώσεων του μελλοντικού κλίματος είναι η εξέλιξη των συγκεντρώσεων στην ατμόσφαιρα των αερίων του θερμοκηπίου GHG, (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, PFCs, SF<sub>6</sub>, HFCs, NO<sub>x</sub>, CO, VOC, SO<sub>2</sub>, BC, OC). Βεβαίως ο ρυθμός με τον οποίο θα εξελιχθούν στο μέλλον οι εκπομπές και κατά συνέπεια και οι συγκεντρώσεις των θερμοκηπικών αερίων στην ατμόσφαιρα δεν μπορεί να προσδιορισθεί επακριβώς. Για το σκοπό αυτό στα πλαίσια της τρίτης έκθεσης της διακυβερνητικής επιτροπής του Ο.Η.Ε για την κλιματική αλλαγή (IPCC) διαμορφώθηκαν από ειδική ομάδα επιστημόνων ένας μεγάλος αριθμός σεναρίων (συνολικά 40 σενάρια) σχετικών με τη μελλοντική εξέλιξη των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (emission scenarios) (Nakicenovic et al. 2000). Η διαμόρφωση

των συγκεκριμένων σεναρίων στηρίχτηκε σε ορισμένους βασικούς άξονες που σχετίζονται με την εξέλιξη του παγκόσμιου πληθυσμού, τις πολιτικές που θα ακολουθηθούν γύρω από θέματα ενέργειας, το ρυθμό της οικονομικής ανάπτυξης, τη μελλοντική τεχνολογική ανάπτυξη καθώς και το κατά πόσο οι αποφάσεις γύρω από οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά ζητήματα λαμβάνονται σε τοπικό ή διεθνές επίπεδο. Βάσει της βαρύτητας του κάθε ενός από τους παράγοντες που αναφέραμε, τα διάφορα σενάρια εκπομπών ταξινομήθηκαν σε έξι ομάδες σεναρίων, η καθεμία των οποίων περιλαμβάνει παρόμοια σενάρια εκπομπών. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι εξής: η οικογένεια σεναρίων A1 που χωρίζεται σε 3 υποκατηγορίες: τις A1F, A1B και A1T, η οικογένεια σεναρίων A2, η οικογένεια σεναρίων B1 και η οικογένεια σεναρίων B2. Στο Κέντρο Ερεύνης Φυσικής της Ατμόσφαιρας και Κλιματολογίας της Ακαδημίας Αθηνών (ΚΕΦΑΚ) έχουν αναπτυχθεί βάσεις δεδομένων και προσομοιώσεων μοντέλων με βάση τα σενάρια εκπομπών A2, A1B, B2 και B1. Στον Πίνακα 1.1 αναφέρονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των συγκεκριμένων σεναρίων. (Καψωμενάκης κ.ά. 2011)

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1:** Πίνακας σεναρίων εκπομπών. Πηγή: Καψωμενάκης κ.ά. 2011

ΣΕΝΑΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ
Σενάριο A2	Μέτρια αύξηση του μέσου παγκόσμιου κατά κεφαλήν εισοδήματος. Ιδιαίτερα έντονη κατανάλωση ενέργειας. Ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού. Αργή και τμηματική τεχνολογική ανάπτυξη και μέτριες έως μεγάλες αλλαγές στη χρήση γης. <b>Ραγδαία</b> αύξηση της συγκέντρωσης του CO <sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα η οποία θα φτάσει τα <b>850 ppm</b> το 2100.
Σενάριο A1B	Ραγδαία οικονομική ανάπτυξη. Ιδιαίτερα έντονη κατανάλωση ενέργειας αλλά παράλληλα διάδοση νέων και αποδοτικών τεχνολογιών. Χρήση τόσο ορυκτών καυσίμων όσο και εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Μικρές αλλαγές στη χρήση γης. Ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού μέχρι το έτος 2050 και σταδιακή μείωσή του στη συνέχεια. <b>Έντονη</b> αύξηση της συγκέντρωσης του CO <sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα η οποία θα φτάσει τα <b>720 ppm</b> το 2100.
Σενάριο B2	Ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας με μέτριους ρυθμούς. Ηπιότερες τεχνολογικές αλλαγές σε σύγκριση με τα σενάρια εκπομπών A1 και B1. Ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού. Αύξηση της συγκέντρωσης του CO <sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα με <b>μέτριους αλλά σταθερούς ρυθμούς</b> η οποία θα φτάσει το 2100 τα <b>620 ppm</b> .
Σενάριο B1	Μεγάλη αύξηση του παγκόσμιου κατά κεφαλήν εισοδήματος. Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Μείωση της χρήσης των συμβατικών πηγών ενέργειας και στροφή στη χρήση τεχνολογιών που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές. Ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού μέχρι το έτος 2050 και σταδιακή μείωσή του στη συνέχεια. Αύξηση της συγκέντρωσης του CO <sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα με <b>ήπιους σχετικά ρυθμούς</b> ιδιαίτερα από το 2050 και μετά η οποία θα φτάσει το 2100 τα <b>550 ppm</b> .

### 1.4.3 Προγράμματα Prudence και Ensembles

Το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα PRUDENCE (<http://prudence.dmi.dk/>) πραγματοποιήθηκε κατά την χρονική περίοδο 1η Νοεμβρίου 2001 - 31 Οκτωβρίου 2004, και είχε ως βασικό σκοπό τον προσδιορισμό των κινδύνων και των συνεπειών που θα προκαλέσουν οι κλιματικές αλλαγές εξαιτίας των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρώπη. Η εκτίμηση αυτή βασίστηκε σε προσομοιώσεις του παρόντος και του μελλοντικού κλίματος που πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση κλιματικών προτύπων προσομοίωσης (Models) υπό διάφορα σενάρια εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου.

Προκειμένου η χωρική ανάλυση των εκτιμώμενων κλιματικών μεταβολών να είναι υψηλή χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι δυναμικής υποκλιμάκωσης. Πιο συγκεκριμένα τα ανά εξάωρο δεδομένα εξόδου των AOGCMs, HadAM3H, ECHAM4, ECHAM5 και Arpege, χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα εισόδου στις προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν από ένα σύνολο RCMs χωρικής ανάλυσης  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  που αναπτύχθηκαν για τις ανάγκες του προγράμματος. Η εκτίμηση του μελλοντικού κλίματος έγινε υπό τα σενάρια εκπομπών A2 και B2.

Το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα ENSEMBLES (<http://ensemblesrt3.dmi.dk/>) πραγματοποιήθηκε κατά την χρονική περίοδο 1η Σεπτεμβρίου 2004 - 31 Δεκεμβρίου 2009 και μπορεί να θεωρηθεί συνέχεια του προγράμματος PRUDENCE. Στόχος του προγράμματος αυτού ήταν η δημιουργία ενός συστήματος προσομοίωσης που θα παρείχε εκτιμήσεις των μεταβολών που θα υποστεί το κλίμα της Ευρώπης καθώς και άλλων περιοχών του πλανήτη εξαιτίας των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Στα πλαίσια του προγράμματος διερευνήθηκαν επίσης, οι επιπτώσεις των μεταβολών αυτών σε διάφορους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, στην γεωργία, στην υγεία του πληθυσμού, στις λίμνες και τα ποτάμια, στη φυσική βλάστηση κ.α.

Οι προσομοιώσεις πραγματοποιήθηκαν από ένα σύνολο κλιματικών μοντέλων που περιλάμβανε τα πιο εξελιγμένα μέχρι σήμερα RCMs και AOGCMs. Στα πλαίσια μάλιστα του προγράμματος ελέγχθηκε η αξιοπιστία των μοντέλων και η ικανότητα τους να αναπαράγουν επιτυχώς το κλίμα των υπό μελέτη περιοχών κατά το παρόν. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων καλύπτουν μεγάλο εύρος χωρικών (τοπική, περιοχή, πλανητική) και χρονικών (εποχική, δεκαετίας, μεγαλύτερη από δεκαετία) κλιμάκων. Η εκτίμηση του μελλοντικού κλίματος έγινε υπό το σενάριο A1B.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Ασωπός ή Ωρωπός ή Βουριένης είναι ποταμός του νομού Βοιωτίας, αν και η ονομασία Ασωπός είναι συνηθισμένη ονομασία ποταμών. Εκτός του Ασωπού της Βοιωτίας υπάρχουν ο Ασωπός της Φθιώτιδας, παραπόταμος του Σπερχειού, ο οποίος πηγάζει από την Οίτη και ο Ασωπός της Κορινθίας, ο οποίος πηγάζει από τον Ολίγυρτο και χύνεται στον Κορινθιακό κόλπο, κοντά στο Κιάτο. (Θεός 2008)

Ο Βοιωτικός Ασωπός πηγάζει από το οροπέδιο των Λεύκτρων, στις βόρειες κλιτύες του Κιθαιρώνα. Η λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού έχει έκταση περίπου 700 km<sup>2</sup> και περίμετρο 170km (Παπαϊωάννου κ.α. 1999). Νότια οριοθετείται από την ορεινή σειρά Πάρνηθας – Πάστρας – Κιθαιρώνα γενικής διεύθυνσης Α-Δ. Δυτικά από την λεκάνη της Άσκρης διεύθυνσης Β-Ν, βόρεια από το Αόνιον πεδίο στην περιοχή της Θήβας και ανατολικά από την λεκάνη της Μαροσουβάλας διεύθυνσης Β-Ν. Έχει μήκος 75km 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 στον Ευβοϊκό Κόλπο, βόρεια του Ωρωπού στον οικισμό Χαλκούτσι.



ΣΧΗΜΑ 2.1: Λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού. Πηγή: Google earth

Ο ποταμός δεν έχει ροή πέρα από βρόχινα νερά και αποχετευόμενα λύματα και απόβλητα. Γενικά, η περιοχή μελέτης και ιδιαίτερα στο Ν. Βοιωτίας είναι πολύ υποβαθμισμένη αποτέλεσμα τόσο της απρογραμματίστης βιομηχανικής ανάπτυξης σε συνθήκες απόλυτης έλλειψης υποδομής όσο και της γειτνίασης με την Αθήνα. Αυτή η γειτνίαση είχε ως αποτέλεσμα την υπέρμετρη ανάπτυξη πολλών ανεπιθύμητων δραστηριοτήτων στο πλησιέστερο κομμάτι του Ν. Βοιωτίας, την περιοχή Οινοφύτων – Σχηματαρίου. (Λοϊζίδου 1997).

## 2.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Ο κατακόρυφος διαμελισμός της περιοχής είναι πολύ έντονος. Γενικά, οι μορφολογικές μονάδες της περιοχής παρουσιάζουν χαρακτηριστική παράλληλη επέκταση και η δημιουργία τους οφείλεται σε τεκτονικά γεγονότα γι' αυτό και τα όρια τους είναι πολύ διακριτικά. (Πυλαρινού 2007)

Το νότιο τμήμα συγκροτεί τη βορειανατολική Πάρνηθα, όπου συναντώνται ψηλές κορυφές με απότομες κλιτύες, βαθιές κοιλάδες και μεμονωμένα υψίπεδα. Η μορφολογία ανέρχεται απότομα προς τα νότια και σε απόσταση 8 km από το χωριό Αυλώνα ως την υψηλότερη κορυφή της Πάρνηθας, την Όζα (1413 m), φθάνει στα 1250 m. Στον κύριο άξονα της οροσειράς της Πάρνηθας, που διευθύνεται από δυτικά προς ανατολικά, βρίσκονται οι ψηλότερες κορυφές, όπως το Παλιόκαστρο, το Μεγάλο Βουνό (886 m), ο Μονγκουλτός (959 m), το Ξεροβούνι (1125 m) και το Κατσιμίδι (Χατούπης κ.ά. 2004). Ένα δεύτερο συγκρότημα κορυφών, παράλληλο προς το πρώτο, σχηματίζεται 5-8 km βορειότερα. Χαρακτηριστικό γνώρισμα για το σύστημα αυτό είναι ο κάθετος διαμελισμός του από βαθιές χαράδρες. Μεταξύ των ραχιαίων σχηματισμών διαμορφώνονται ομαλά τμήματα. (Δούνας κ.α 1978, Παπαδίοχου & Τριανταφύλλου 2011)

Ο μεγαλύτερος άξονας ανέρχεται στα 7 km και διατηρεί γενικά τη διεύθυνση της οροσειράς της Πάρνηθας. Προς τα ανατολικά, η πόλη των Σκούρτων παρουσιάζει χαρακτηριστικά υψιπέδου, ενώ η αποστράγγιση των υδάτων γίνεται δια της ομωνύμου καταβόθρας. Ως όριο του υψιπέδου μπορεί να θεωρηθεί η κοιλάδα του Μαυρορέματος (Δούνας κ.α 1978).

Το ορεινό τμήμα της Πάρνηθας διαδέχεται η λεκάνη Οινοφύτων – Μαλακάσας που τα όριά της διαγράφονται πολύ έντονα κατά μήκος του μεγάλου μορφολογικού τόξου Αγίου Θωμά – Αυλώνας – Μαλακάσας (Πυλαρινού 2007).

Η συγκεκριμένη λεκάνη παρουσιάζει ομαλή μορφολογία. Μεμονωμένοι λόφοι παρατηρούνται στην περιοχή των Οινοφύτων και μεταξύ Αυλώνα και Μαλακάσας, των οποίων το απόλυτο ύψος κυμαίνεται από 130 έως 345 m. Το χαμηλότερο σημείο της λεκάνης βρίσκεται στη θέση Παλαιοκαντούντι, στην Κοιλιάδα του Ασωπού και έχει υψόμετρο περίπου 70 m. Η λεκάνη επεκτείνεται από δυτικά προς ανατολικά, μειώνοντας σταθερά το πλάτος της, ιδιαίτερα στην περιοχή της Μαλακάσας, όπου ήδη παρατηρούνται τα μεγαλύτερα υψόμετρα. Η λεκάνη πληρώνεται από νεογενείς και τεταρτογενείς αποθέσεις (Πυλαρινού 2007).

Οι επιφάνειες ισοπέδωσης διακρίνονται σε επιφάνειες που έχουν προέλθει από την απόθεση υλικών και σε επιφάνειες που έχουν προέλθει από τη διάβρωση. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι περιοχές νότια της Θήβας (υψόμετρο 300 m), Αυλώνα – Σχηματαρίου (υψόμετρο 200-100 m), και οι περιοχές της παραλιακής ζώνης (υψόμετρο 50 m). Στις επιφάνειες διάβρωσης ανήκουν οι περιοχές της παραλιακής ζώνης με υψόμετρο 600 m, και νότια του Ωροπού, με υψόμετρο 400-300 m. Οι επιφάνειες ισοπέδωσης έχουν διάταξη Α-Δ στο δυτικό τμήμα και ΒΔ-ΝΑ στο βόρειο και βορειοανατολικό τμήμα. Την ίδια διεύθυνση έχουν και οι μορφολογικές ασυνέχειες, οι οποίες αντιπροσωπεύουν αλλαγές της μέσης μορφολογικής κλίσης μεγαλύτερες από 15%. Αντιπροσωπευτικά παραδείγματα μορφολογικών ασυνεχειών απαντώνται στις Ερυθρές και στην παραλιακή ζώνη του Ν. Ευβοϊκού. (Παπανικολάου κ.ά. 1988)

Η σημερινή γεωμορφολογική εικόνα της λεκάνης οφείλεται κυρίως στις αποθέσεις των χειμάρρων και κυρίως του Ασωπού ποταμού. Η βάση της διάβρωσης του Ασωπού βρίσκεται περίπου 5 m κάτω από την επιφάνεια.

Το επιφανειακό υδρογραφικό δίκτυο είναι ασήμαντο, διότι η περιοχή καλύπτεται σχεδόν στο σύνολό της από ανθρακικά πετρώματα, που συνήθως παρουσιάζουν υψηλό βαθμό αποκάρσωσης (Παπαϊωάννου κ.ά. 1999). Μόνο σε περιοχές που αναπτύσσονται στεγανοί νεοπαλαιοζωϊκοί σχιστόλιθοι και νεώτερες αργιλικές αποθέσεις, παρατηρούνται μικροί χείμαρροι που διατηρούν τη ροή του νερού για μικρό διάστημα όπως είναι ο Λαντικός και ο Γκούρας, που διασχίζουν τους νεοπαλαιοζωϊκούς σχιστόλιθους βόρεια από το Πλατύ Βουνό. Τα νερά των χειμάρρων μόλις φθάνουν στην περιοχή, εξαφανίζονται κατεισδύοντας εντός αυτών. Εποχική ροή παρουσιάζεται στο ρέμα Λιβέα βορειοδυτικά από τη Μαλακάσα, το οποίο διάνοιξε την κοίτη του μέσα στις τεταρτογενείς αργίλους αποστραγγίζοντας την περιοχή. Ακόμα και ο Ασωπός ποταμός, παρά τη μεγάλη επιφάνεια απορροής του, μόνο για ελάχιστο χρόνο διατηρούσε νερό στη κοίτη του, λόγω των αυξημένων κατεισδύσεων προς τους υδροφόρους ορίζοντες της λεκάνης. Παρόλα αυτά,



λόγω της ρύπανσης που δέχεται ο ποταμός σήμερα, υπάρχει σ' αυτόν νερό ακόμα και τους καλοκαιρινούς μήνες. Έτσι, από χείμαρρος έχει μετατραπεί σε ποταμοχείμαρρο (Παπαδίοχου & Τριανταφύλλου 2011).

### Μορφή υδρογραφικού δικτύου

Ο κύριος άξονας στη λεκάνη του Ασωπού έχει διεύθυνση "Δύση-Ανατολή" και συμπίπτει με τη διεύθυνση των κύριων συστημάτων ρηγμάτων της περιοχής. Το υδρογραφικό δίκτυο στο σύνολο του είναι "παράλληλου" τύπου. Αν εξεταστούν 4ης και 3ης τάξης απομονωμένοι, το υδρογραφικό δίκτυο μπορεί να χαρακτηριστεί "δενδριτικού" τύπου (περιοχή Νεοχωρακίου). (Θέος 2008)

Χαρακτηριστικό για την συγκεκριμένη λεκάνη είναι η απουσία τυφλών ρευμάτων με εξαίρεση την περιοχή Ανατολικά του Μελισσοχωρίου. Η παρουσία αυτών των ρεμάτων μπορεί να αποδοθεί σε τοπικά μεγάλη περατότητα των αλλουβίων ή αλλαγή της μορφολογικής κλίσης. Μεγάλος αριθμός ρεμάτων αναπτύσσεται ,είτε κατά μήκος ρηγμάτων, είτε παράλληλα σ' αυτά (περιοχή νότια της Ασωπίας).

Γενικά το υδρογραφικό χαρακτηρίζεται από μια άνιση ανάπτυξη του βόρειου και νότιου τμήματος εκατέρωθεν του κύριου κλάδου. Παρά το γεγονός ότι τα τμήματα αυτά αναπτύσσονται σε διαφορετικούς λιθολογικούς σχηματισμούς, πιστεύεται ότι η κυριότερη αιτία είναι η επίδραση της τεκτονικής. (Φραγκόπουλος 1992)

Στο βόρειο τμήμα το υδρογραφικό δίκτυο είναι καλά ανεπτυγμένο, ο αριθμός των κλάδων είναι μεγάλος και το μήκος τους σχετικά μικρό.

Στην περιοχή της Πάρνηθας όπου οι σχηματισμοί είναι μη περατοί (μάργες), η επιφανειακή απορροή υπερτερεί της κατείσδυσης και το υδρογραφικό δίκτυο γίνεται πυκνότερο με την ανάπτυξη πολλών και μικρών κλάδων κυρίως στους κλάδους των μικρών τάξεων.

Στα νοτιοδυτικά, όπου το ανάγλυφο είναι πιο ομαλό παρατηρείται πάλι ανάπτυξη κλάδων μεγάλου μήκους αλλά αυτό σχετίζεται κυρίως με τη λιθολογία της περιοχής και όχι τόσο με τη νεοτεκτονική δράση. Η περιοχή αποτελείται κυρίως από μαργαϊκούς σχηματισμούς, γεγονός που ευνοεί την ανάπτυξη σε μήκος αφού είναι σχετικά 'μη περατοί ' σχηματισμοί.

Με την λειτουργία του ρήγματος που διέρχεται από Ερυθρές-Δάφνη-Δαφνούλα, υπήρξε σχετική άνοδος του τμήματος, με αποτέλεσμα την αύξηση της οπισθοδρομούσας διάβρωσης προς το νότο. Στη λεκάνη του Ασωπού σημειώνονται φαινόμενα πειρατείας σε βάρος του . Το πρώτο σημείο είναι στις Πλαταιές από τον Λιβαδόστρα. Με αυτόν τον τρόπο

έχει δημιουργηθεί η λεκάνη των Πλαταιών, η οποία στο γεωλογικό παρελθόν ανήκε στη λεκάνη του Ασωπού. Το δεύτερο και σημαντικότερο φαινόμενο πειρατείας εις βάρος του Ασωπού παρατηρείται στο δυτικό άκρο του (Λεύκτρα) από το ρέμα Άσκη. Με τον τρόπο αυτό έχει αποκοπεί το ΒΔ άκρο της λεκάνης του Ασωπού που πηγάζει από τους πρόποδες του Ελικώνα. Τα αίτια των γεγονότων που αναφέρθηκαν δεν είναι γνωστά. Η περίπτωση του Λιβαδόστρα θα πρέπει να αποδοθεί στις τεκτονικές κινήσεις( ρήγμα με στρέψη) (Φραγκόπουλος. Ι. 1992).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1:** Εφαρμογή των νόμων του Horton, Ασωπός ποταμός (Φραγκόπουλος 1992)

Τάξη ρέματος u	Αριθμός κλάδων $N_u$	Συντελεστής διακλάδωσης $R_b$	Μέσο μήκος κλάδων $L_u$	Λόγος μήκους $R_L$	Μέση επιφάνεια λεκανών ( $km^2$ ) $A_u$	Λόγος επιφανείας $R_A$
1	305	3,67	0,67	2,13	0,49	4,51
2	83	4,37	1,43	2,19	2,19	3,66
3	19	4,75	3,14	1,54	8,03	3,95
4	4	4,00	4,86	5,23	31,68	9,49
5	1		25,43		300,73	
<b>Μέσοι όροι</b>		4,2		2,77		5,4

### Υφή υδρογραφικού δικτύου

Χαρακτηριστικό της λεκάνης του Ασωπού είναι οι μικρές τιμές συχνότητας (F) και πυκνότητας (D) , όπως προκύπτει από μελέτη του Ι.Φραγκόπουλου, που εκπονήθηκε για το ΙΓΜΕ (1992). Μεγαλύτερες τιμές πυκνότητας και συχνότητας εμφανίζονται στο νότιο τμήμα της περιοχής, Νότια των περιοχών Πλαταιών, Ερυθρών και Δάφνης, στο Μελισσοχώρι και Λουτουφι καθώς και στο ανατολικό άκρο κοντά στο Κλειδί.

Στο νότιο τμήμα, λόγω των έντονων κλίσεων της περιοχής αναμένονται και μεγάλες τιμές πυκνότητας και συχνότητας. Αυτό όμως δεν παρατηρείται και οι περιοχές με σχετικά μεγάλες τιμές D και F, που προαναφέρθηκαν ταυτίζονται με κλίσεις 50-80%. Είναι προφανές ότι οι τιμές D και F, οφείλονται στην μεγάλη περατότητα των ασβεστολίθων σε σχέση με τους υπόλοιπους σχηματισμούς της περιοχής.

Οι μεγάλες τιμές F και D που παρατηρούνται στο νότιο τμήμα, παρά το γεγονός ότι έχουμε ήπιες μορφολογικές κλίσεις, ταυτίζονται με τα υλικά των αναβαθμίδων και φανερώνει την μικρή περατότητα των σχηματισμών αυτών.

Η περιοχή ανάμεσα στο χωριό Λουτουφί και Μελισσοχώρι, που εμφανίζει μεγάλες τιμές F και D, με αντίστοιχες μικρές κλίσεις αναγλύφου, ταυτίζονται με τους Πλειστοκαινικούς αργιλικούς σχηματισμούς. Αυτό οφείλεται στην μικρή περατότητα του σχηματισμού, που ευνοεί την επιφανειακή απορροή.

### Δελταική περιοχή

Το δέλτα του Ασωπού ποταμού είναι ακιδωτού τύπου και η διαμόρφωσή του οφείλεται κυρίως στην επίδραση της κυματικής ενέργειας και λιγότερο στη ποτάμια δράση. Οι ποτάμιες αποθέσεις, οι οποίες αποτελούνται από λεπτόκοκκο υλικό, διευθετούνται με τη δράση των παράκτιων ρευμάτων και δημιουργούν σχετικά ομαλή ακτογραμμή. (Haslett 2001, Μπότσου 2007)

Σύμφωνα με τους Gaki et al. (2011) το δέλτα του Βοιωτικού Ασωπού έχει έκταση 6,5 km<sup>2</sup>. Οι σημερινές εκβολές του ποταμού βρίσκονται στην δυτική οριακή τους θέση. Σε παλαιότερους δηλαδή γεωλογικούς χρόνους οι εκβολές του ποταμού βρίσκονταν ανατολικότερα και με διαδοχικές μετατοπίσεις μεταφέρθηκαν στην σημερινή τους θέση. (Μαρουκιάν & Λεοντάρης 1988)

Οι πρόσφατες αλλαγές στις εκβολές του Ασωπού περιγράφονται με αντιπαραβολή παλαιότερων και πρόσφατων αεροφωτογραφιών από τις εκβολές του (Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδας – Δ/νση Αεροφωτογραφίσεων, ΥΠΕΧΩΔΕ) και κατά αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η εκτίμηση των διεργασιών που έδρασαν και διαμόρφωσαν τη σημερινή γεωμορφολογία το δέλτα. (Μπότσου 2007)

Στην αεροφωτογραφία του 1937 διακρίνονται τα κανάλια εκατέρωθεν του κυρίου κλάδου (σημείο 1) και η μεγαλύτερη ανάπτυξη της δελταικής πεδιάδας ανατολικά της κύριας κοίτης. Η προέλαση του δέλτα στο ανατολικό τμήμα υποδηλώνει ότι η στερεοπαροχή μέσω των δευτερευόντων κλάδων ήταν αυξημένη. Η ποτάμια τροφοδοσία είναι ο κύριος παράγοντας διαμόρφωσης του δέλτα, ενώ η επίδραση του θαλάσσιου παράγοντα είναι περιορισμένη σε σχέση με σήμερα. (Μπότσου 2007)

Στην αεροφωτογραφία του 1975 διακρίνεται πλέον η υποχώρηση της ακτογραμμής στο ανατολικό τμήμα. Το κανάλι (σημείο 1) αποκόπτεται από τον κύριο κλάδο, και οι θαλάσσιες διεργασίες ομαλοποιούν τις προηγούμενες αποθέσεις. Το δέλτα αποκτά την μορφή ριπιδίου. Στην ίδια αεροφωτογραφία διακρίνεται επίσης ο περιορισμός του μαιάνδρου στο σημείο 2 με την διάνοιξη του δρόμου. Ενδεχομένως στη μείωση της στερεοπαροχής να συνέλαβε η κατασκευή της γέφυρας στον επαρχιακό δρόμο Χαλκούτσι-Σκάλα Ωροπού (σημείο 3) είτε με τις κατασκευές υποστήριξής της (πέδιλα) είτε με επιχωματώσεις. (Μπότσου 2007)



**ΣΧΗΜΑ 2.2:** Οι εκβολές του Βοιωτικού Ασωπού (από πάνω προς τα κάτω) το 1937,1975 και 2004. Αεροφωτογραφία του Οργανισμού Κτηματολογίου και Χαρτογραφήσεων Ελλάδας – Δ/ση Αεροφωτογραφίσεων, ΥΠΕΧΩΔΕ Πηγή: Μπόττσου 2007

Στην πιο πρόσφατη αεροφωτογραφία δεν διακρίνονται οι δευτερεύοντες κλάδοι. Εμφανής επίσης είναι η μείωση της παρόχθιας βλάστησης και η οικοδόμηση στην δελταική πεδιάδα, εκατέρωθεν της κοίτης. Στο ανατολικό τμήμα μόνο η παρουσία αλόφιλης βλάστησης (*Salicornia*) μεταξύ των κτιρίων παραπέμπει στις υφάλμυρες συνθήκες των προηγούμενων χρόνων. Στο σημείο 4 γίνεται εγκιβωτισμός της κοίτης με τοποθέτηση

ζαρζανετιών, παρέμβαση που μειώνει την διάβρωση των πρανών. Τις περιόδους περιορισμένης ροής η κατασκευή υποστήριξης της γέφυρας (σημείο 3) στον επαρχιακό δρόμο Χαλκούτσι-Σκάλα Ωροπού, δεν επιτρέπει την ελεύθερη ροή υδάτων και φερτών υλών στα σημεία κατάντη της γέφυρας. (Μπότσου 2007)

## 2.2 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Η περιοχή έχει υποστεί την επίδραση επανειλημμένων τεκτονικών κινήσεων, οι οποίες, προκάλεσαν την πτύχωση και διάρρηξη των πετρωμάτων. Διακρίνονται δύο στάδια διαμόρφωσης της τεκτονικής δομής της περιοχής.

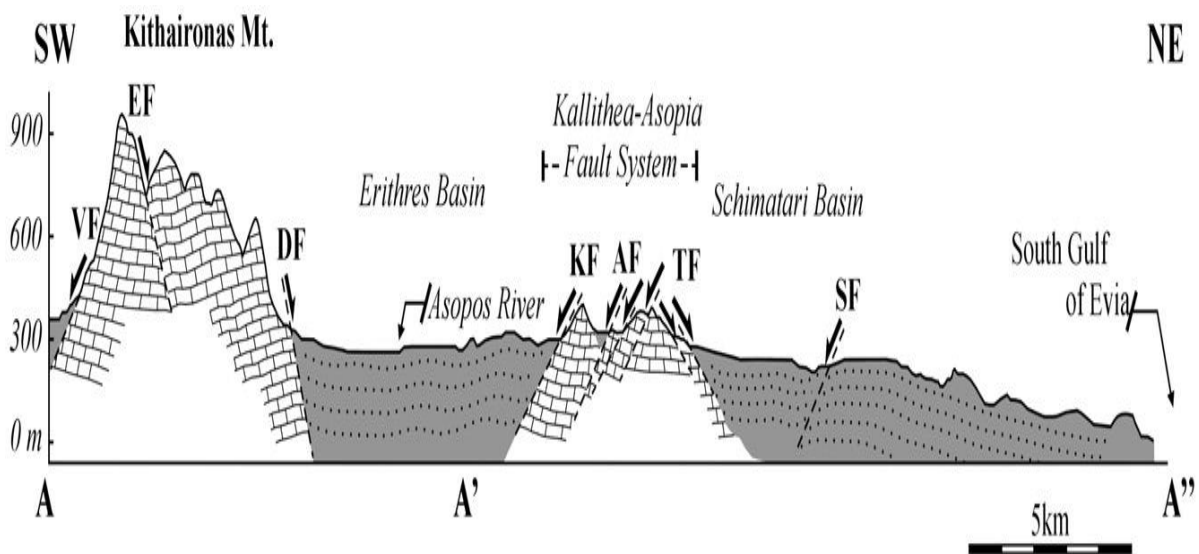
Πρώτο, το στάδιο της παλαιότερης προνεογενούς τεκτονικής που συνδέεται με την Πυρηνναϊκή πτύχωση της Αλπικής ορογένεσης και κατά το οποίο προκλήθηκαν πτυχώσεις και διαρρήξεις των παλαιοζωικών και μεσοζωικών ιζημάτων. Το είδος του τεκτονισμού και ο βαθμός της μεταβολής των πετρωμάτων κατά την περίοδο των πτυχώσεων εξαρτάται από τη φύση των πετρωμάτων και την ένταση και διάρκεια των πτυχώσεων. Ανάλογα με τους παραπάνω παράγοντες τα δύσκαμπτα και μικρότερης πλαστικότητας πετρώματα στα οποία ανήκουν οι παχυπλακώδεις και άστρωτοι μεσοτριαδικοί ασβεστόλιθοι της περιοχής, παρουσιάζουν μικρό βαθμό πτύχωσης, έντονη διάρρηξη και ρηγμάτωση, τοπικά δε διακριτική ανακρυστάλλωση και ασθενή μεταμόρφωση. Τα εύκαμπτα και μεγαλύτερης πλαστικότητας πετρώματα, όπως οι νεοπαλαιοζωικοί σχιστόλιθοι, οι κάτω και άνω τριαδικοί λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθοι καθώς και τα ανωτριαδικά ιζήματα, λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθοι και φυλλώδεις μάργες, παρουσιάζουν έντονη στολίδωση και μικρότερο βαθμό μεταμόρφωσης.

Δεύτερο ,το στάδιο της νεότερης τεκτονικής του Νεογενούς και Τεταρτογενούς που συνδέεται με την Αττική πτύχωση, στην διάρκεια της οποίας πτυχώθηκαν οι νεογενείς σχηματισμοί (μάργες, ασβεστόλιθοι, άργιλοι), και υπέστησαν παράλληλα έντονη διάρρηξη και ρηγμάτωση.

Το πιο χαρακτηριστικό γεγονός της Πυρηνναϊκής πτύχωσης είναι η εφίπλευση των νεοπαλαιοζωικών σχιστολίθων πάνω στους τριαδικούς ασβεστόλιθους, ιουρασικούς σχιστοψαμμίτες και κρητιδικούς ασβεστόλιθους που παρατηρείται βορειοανατολικά από την Μαλακάσα (Δούνας κ.α. 1978,1980). Η εφίπλευση αυτή παίζει σοβαρό ρόλο στη διακίνηση των καρστικών νερών προς την περιοχή του Καλάμου.

Μετά την ολοκλήρωση της φάσεως της Πυρηνναϊκής πτύχωσης, επακολούθησε το στάδιο της χαλάρωσης των τεκτονικών πιέσεων και του τεμαχισμού της περιοχής λόγω

κατακόρυφων μετακινήσεων των διαφόρων τμημάτων της. Στο στάδιο αυτό δημιουργήθηκαν μεγάλα ρήγματα διεύθυνσης Α-Δ και ΝΔ-ΒΑ και η καταβύθιση της λεκάνης Οινόφυτων-Μαλακάσας-Ωροπού, που αποτελεί τεκτονική τάφρο. Στο σύστημα αυτό διαρρήξεων ανήκει το σύνολο των ρηγμάτων της περιοχής μελέτης. Στο σύστημα Α-Δ ανήκει το ρήγμα που διέρχεται από τον Άγιο Θωμά, την Αυλώνα ως την Μαλακάσα και που διαχωρίζει τη λεκάνη από την οροσειρά της Πάρνηθας, καθώς και το ρήγμα Τανάγρα-Οινόφυτα-Ασπροχώρι-Μαλακάσα, που αποτελεί το βόρειο όριο της λεκάνης. Σύμφωνα με το σύστημα διάρρηξης ΝΔ-ΒΑ διευθύνονται τα ρήγματα που τέμνουν κατακόρυφα τους ασβεστόλιθους δυτικά από την Τανάγρα και στην περιοχή Αυλώνας και Μαλακάσας. Η νεοτεκτονική έπληξε ακόμα και τους διλουβιακούς σχηματισμούς (Παπανικολάου κ.α. 1988) κατά τη διάρκεια της οποίας ανανεώθηκαν και πολλές τεκτονικές γραμμές. Στην ορεινή και βόρεια πεδινή περιοχή εξακολουθεί η διάβρωση των lithολογικών σχηματισμών σε αντίθεση με την λεκάνη Αγ. Θωμά-Αυλώνα, όπου γίνεται απόθεση των υλικών. Οι αναβαθμίδες, οι κώνοι κορημάτων, όπως και τα πλευρικά κορήματα πιστοποιούν τη συνέχιση της τεκτονικής δραστηριότητας των κατακόρυφων κινήσεων στους ιστορικούς χρόνους.

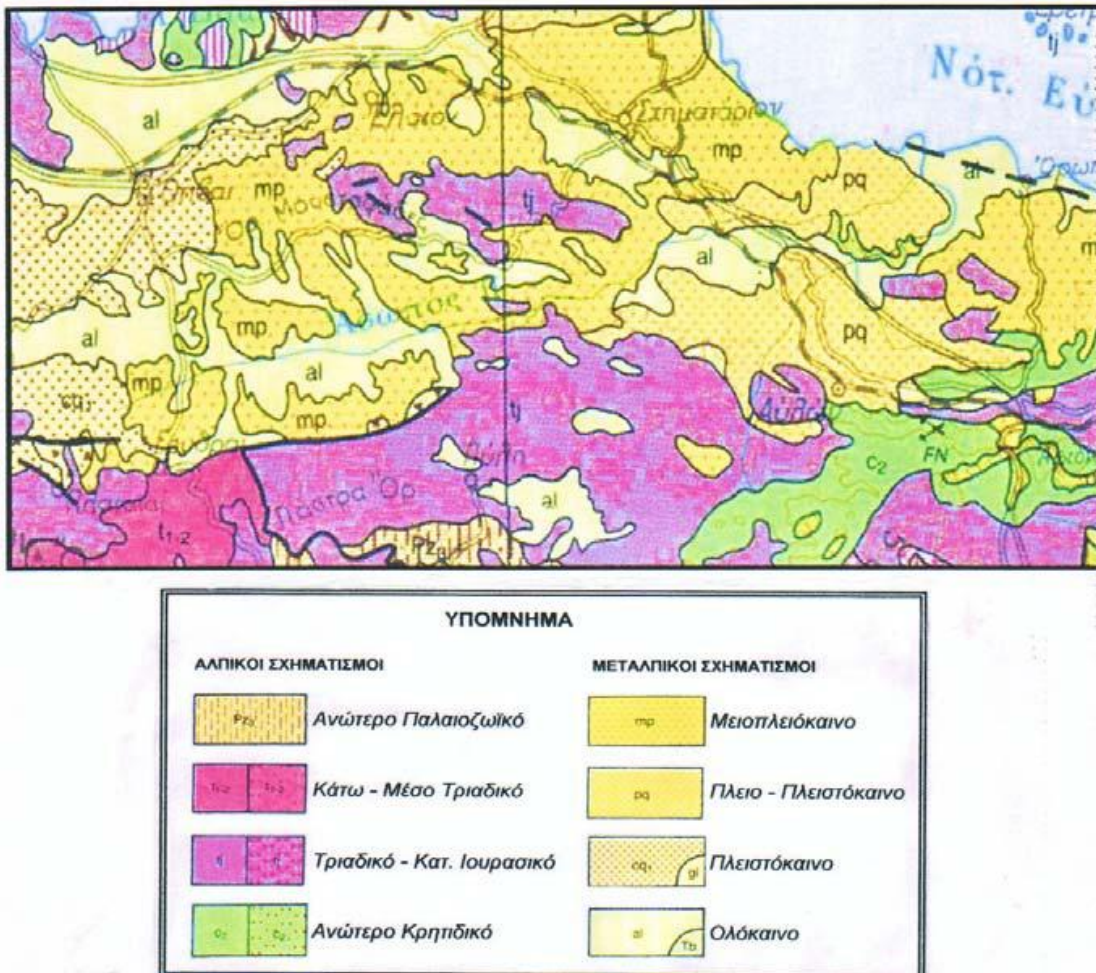


**ΣΧΗΜΑ 2.3:** Σχηματική γεωλογική τομή της ευρύτερης περιοχής της υδρολογικής λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού ποταμού. (Tsodoulos et al 2008)

### 2.3 ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

Η ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος εντάσσεται γεωτεκτονικά στην Πελαγονική ενότητα (Παπανικολάου κ.ά. 1986 ). Αναλυτικότερα, δομείται από ποικίλες λιθολογικές ενότητες που περιλαμβάνουν ιζήματα του Τεταρτογενούς και του Νεογενούς (Αν. Μειόκαινο), ενώ το αλπικό υπόβαθρο εντάσσεται στην ενότητα της Πελαγονικής.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που εμφανίζονται στη λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού διακρίνονται σε μη μεταμορφωμένους αλπικούς σχηματισμούς και μεταλλικές αποθέσεις. Οι αλπικοί σχηματισμοί είναι κυρίως ασβεστόλιθοι διαφόρων ηλικιών, οφιόλιθοι και ραδιολαρίτες. Οι μεταλλικοί σχηματισμοί αντιπροσωπεύονται από ιζήματα χερσαίας και λιμναίας φάσης, όπως μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, μάργες καθώς και αλλουβιακές αποθέσεις (Παπανικολάου 1988, Μέττος 1992).



**ΣΧΗΜΑ 2.4:** Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περοχής μελέτης (κλίμακα 1:500.000) (Ι.Γ.Μ.Ε. 1983)

Η λιθοστρωματογραφία της περιοχής έρευνας διαρθρώνεται από τους παλαιότερους προς τους νεότερους σχηματισμούς ως εξής:

### Τεταρτογενές

#### Τεναγώδεις και παράκτιοι σχηματισμοί (H.cd)

Αλλουβιακές αποθέσεις (al): πρόκειται για σύγχρονες χερσαίες και παράκτιες αποθέσεις των οποίων η σύσταση ποικίλει ανάλογα με τη περιοχή απόθεσής τους. Αποτελούνται από ασύνδετα αργιλοαμμώδη υλικά με διάσπαρτες κροκάλες και λατύπες καθώς και υλικά χειμάρριων αναβαθμίδων μικρού ύψους. Συχνά απαντώνται ερυθροί πηλοί. Στις παράκτιες περιοχές επικρατούν άμμοι, κροκάλες και συνεκτικοί ψαμμίτες.

Σύγχρονα πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων (H.cs,sc): πρόκειται για ασύνδετα υλικά, κατά κανόνα αδρομερή και γωνιώδη.

Ασύνδετα αργιλοαμμώδη και χαλικομιγή καστανόχρωμα υλικά (H.s,l): προέρχονται από την αποσάθρωση και εξαλλοίωση των γύρω σχηματισμών.

Οι αλλουβιακοί κώνοι και τα αλλουβιακά ριπίδια είναι αποτέλεσμα της διαφοράς του αναγλύφου που προέκυψε από τεκτονικά γεγονότα, τα οποία συνέβησαν κατά τη διάρκεια του Πλειστοκαίνου και συνεχίζονται ακόμα και σήμερα. Τα γεγονότα αυτά συντελούν στην αύξηση του ρυθμού διάβρωσης και παραγωγής υλικών, στην αύξηση της μεταφορικής ικανότητας του νερού και στην απόθεση των μεταφερόμενων υλικών στις παρυφές των ορεινών όγκων.

Παλαιά πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων (Pt.sc,cs): πρόκειται για αδρομερή στοιχεία, κυρίως ασβεστολιθικά, ποικίλου μεγέθους. Συνοδεύονται από μεγάλους ογκόλιθους και το συνδετικό τους υλικό είναι αργιλομαργαϊκό. Είναι συνεκτικά, αυλακώνονται από χειμάρρους σε σημαντικό βάθος και εναλλάσσονται με ερυθρές αργίλους.

Ποτάμιες αναβαθμίδες (Qd1): νεώτερου Διλουβίου, που φτάνουν έως και τα 35 m.

Κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, άμμοι, ερυθροί πηλοί (Qd1c): χειμαρρώδεις ποτάμιες αποθέσεις του Διλουβίου, ποικίλου βαθμού συνεκτικότητας. Τροφοδοτούνται από ανθρακικά πετρώματα της σχιστοψαμμιτοκερατολιθικής διάπλασης και άλλους σχηματισμούς.

Ελλουβιακός μανδύας (Qel2): καλύπτει διάφορους σχηματισμούς σημαντικού πάχους.

Ποταμοχερσαίες αποθέσεις Πλειστοκαίνου (Pt): καστανόχρωμα ιζήματα που καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση νότια του Σχηματαρίου – Οινοφύτων τα οποία βρίσκονται σε ασυμφωνία με τις υποκείμενες ανωμειοκαινικές αποθέσεις.



Στην περιοχή των χωριών Άγιος Θωμάς και Κλειδί τα Πλειστοκαινικά ιζήματα καλύπτουν μεγάλη έκταση, έχουν σχετικά μικρό πάχος και χαρακτηρίζονται από καστανοκόκκινο χρώμα. Συχνά η διάκριση μεταξύ των Πλειστοκαινικών ιζημάτων και των αποθέσεων του Νεογενούς είναι δύσκολη λόγω του χρώματος τους. Τα Πλειστοκαινικά ιζήματα της περιοχής χαρακτηρίζουν γενικά ένα παλαιό περιβάλλον ποταμοχερσαίας ιζηματογένεσης που εναλλασσόταν κατά περιόδους με εμφανίσεις πλημμυρικών φαινομένων, γεγονός που φαίνεται από τις ενστρώσεις άμμων και ερυθρών αργίλων.

### Νεογενές

Το Νεογενές στην περιοχή μελέτης αντιπροσωπεύεται από δύο ενότητες πετρωμάτων. Οι Νεογενείς σχηματισμοί στη βάση τους είναι λιμναίας φάσης και αποτελούνται από εναλλασσόμενα στρώματα μαργών, αργίλων και ψαμμιτών λευκοκίτρινου χρώματος με παρεμβολές κροκαλοπαγών. Κατά θέσεις εμφανίζονται κοιτάσματα λιγνιτών σημαντικού πάχους. Στη συνέχεια ακολουθούν χερσαίοι σχηματισμοί με πηλούς και κροκαλοπαγή, κυρίως ερυθρού χρώματος καθώς και αποθέσεις ποταμοχερσαίων ιζημάτων, ψαμμιτών και αργίλων. Το σχετικό πάχος του κάθε ορίζοντα των Νεογενών εξαρτάται από το περιβάλλον ιζηματογένεσης. Το Νεογενές καταλαμβάνει σημαντική έκταση της λεκάνης του Ασωπού, με ιδιαίτερα μεγάλη εξάπλωση στο βόρειο τμήμα της λεκάνης και σποραδικές εμφανίσεις στα ανατολικά.

Πλειοκαινικά ιζήματα (Pl): Μάργες, άργιλοι, ψαμμίτες, τραβερτίνες, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και κροκαλοπαγή. Στη βάση τους αποτελούνται από εναλλασσόμενα στρώματα λιμναίας φάσης μαργών, αργίλων και ψαμμιτών με παρεμβολές κροκαλοπαγών και κοιτάσματα λιγνιτών. Προς τα πάνω εξελίσσονται σε χερσαίους σχηματισμούς, κυρίως από ερυθροπηλούς και κροκαλοπαγή (Mg)

### Ανώτερο μειόκαινο

Ποταμοχερσαίες αποθέσεις περιοχής Δήλεσι – παραλίας Αυλίδος (Ms.t): καταλαμβάνουν ολόκληρη την περιοχή κατά μήκος του Ευβοϊκού κόλπου από την παραλία Αυλίδος και συνεχίζονται προς τα ανατολικά, στην περιοχή Ωρωπού- Μαρκοπούλου. Αποτελούν την πλευρική και προς τα πάνω μετάβαση των μαργών και μαργαϊκών ασβεστολίθων. Αποτελούνται κυρίως από κροκαλοπαγή μικρής και μεγάλης συνεκτικότητας που εναλλάσσονται με ψαμμίτες και καστανέρυθρους πηλούς και αργίλους. Οι κροκάλες έχουν ποικίλο μέγεθος με συνδετικό υλικό ψαμμιτικό ή αργιλοψαμμιτικό και προέρχονται από το

προνεογενές υπόβαθρο της Πάρνηθας, από μεταμορφωμένα πετρώματα καθώς και από τα βαθύτερα μέλη των νεογενών αποθέσεων.

Μάργες, άργιλοι, πηλοί, κροκάλες, άμμοι περιοχής Σχηματαρίου – Οινοφύτων (Ms.m,l): καλύπτουν πολύ μεγάλη έκταση στην ευρύτερη περιοχή, έχουν μεγάλο πάχος και ποικίλη λιθολογική σύσταση. Τα βαθύτερα μέλη των σχηματισμών αυτών αποτελούνται από πλακώδεις μάργες, αμμούχους πηλούς, λεπτά στρώματα αργίλων και πηλών υπόλευκου – τεφρόλευκου χρώματος. Μέσα στις αποθέσεις αυτές αναπτύχθηκαν κοιτάσματα λιγνιτών.

Στην περιοχή της Οινόης τα ιζήματα αυτά μεταβαίνουν προς τα πάνω σε ελαφρά πτυχωμένες υπόλευκες – τεφρόλευκες μάργες που εναλλάσσονται με πλακώδεις μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, πηλούχες μάργες και μικρές ενστρώσεις καστανών άμμων.

Βόρεια του Σχηματαρίου μεταβαίνουν σε υπόλευκες – τεφρές μάργες που εναλλάσσονται με πηλούχες μάργες, αμμούχους πηλούς, πλακώδεις μαργαϊκούς πηλίτες και φυλλώδεις μάργες που περικλείουν φυτικά υπολείμματα. Τα ανωτέρα μέλη τους αποτελούνται από εναλλαγές τεφρόχρωμων αμμούχων αργίλων – πηλών και αμμούχων μαργών γκριζοπράσινου χρώματος που φέρουν ενίοτε λεπτές λιγνιτικές διαστρώσεις.

Προς τα δυτικά και προς τα πάνω μεταβαίνουν σε αποθέσεις που συνίστανται από εναλλαγές κροκαλών με άμμους εντός των οποίων περιλαμβάνονται ενστρώσεις από πηλούχες – αργιλούχες άμμους τεφρού χρώματος.

Τα ανώτερα μέλη της σειράς αποτελούνται από εναλλαγές κροκαλοπαγών και καστανόχρωμων ενστρώσεων αργίλων και πηλών των οποίων το πάχος κυμαίνεται από 5 – 20 m.

Τα ιζήματα αυτά προς Βορρά μεταβαίνουν σε υπόλευκες μάργες, υποκάστανες αργίλους, πηλούς, κροκαλοπαγή και ψαμμίτες. Στη συνέχεια, επικρατούν υπόλευκες εύθρυπτες μάργες που εναλλάσσονται με πλακώδεις μαργαϊκούς ασβεστόλιθους και λεπτοπλακώδεις μάργες, που με τη σειρά τους μεταβαίνουν στις ποταμοχερσαίες αποθέσεις της περιοχής Συκάμινου – Δήλεσι.

Άργιλοι, πηλοί, αμμούχοι μάργες Ασωπίας (Ms.l,st): αποτελούνται από εναλλαγές πηλών, αργίλων και αμμούχων μαργών, χρώματος ανοικτού καστανού. Μέσα στα ιζήματα αυτά απαντούν φακοειδείς ενστρώσεις λεπτόκοκκων ψαμμιτών. Τα βαθύτερα μέλη των σχηματισμών αυτών στην περιφέρεια της λεκάνης κατά θέσεις αρχίζουν με λεπτοπλακώδεις – λεπτόκοκκους ψαμμίτες που εναλλάσσονται με πηλούς ή αργίλους.

Μάργες (Ms,m): λευκές έως τεφρόλευκες, υποκίτρινες ή κιτρινόλευκες μάργες, εύθρυπτες έως πολύ σκληρές με καλή στρώση, αμιγείς ή κατακερματισμένες με παρεμβολές αμμούχων ή και αργιλούχων μαργών και μερικές φορές με διάσπαρτες κροκάλες.

Μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και τραβερτίνες (Msmk,tv): σε μορφή συνήθως φακοειδών ενστρώσεων αλλά και εκτεταμένων οριζόντων, πάχους από λίγα έως και περισσότερο από 100 m. Είναι σκληροί μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και τραβερτίνες ή τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθοι, μεσοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις και κατά θέσεις άστρωτοι, ψευδοωολιθικοί και εν μέρει καρστικοποιημένοι, που συνοδεύονται κατά κανόνα από σκληρές τεφρόλευκες μάργες προς τις οποίες συνήθως μεταπίπτουν ταχύτατα ή εναλλάσσονται με αυτές.

Νεογενείς αποθέσεις της περιοχής Μαλακάσας – Ωρωπού (Ms.fl,c): αποτελούν τμήμα της μεγάλης νεογενούς λεκάνης Θηβών – Τανάγρας – Ωρωπού. Αποτελούνται από δύο ενότητες σχηματισμών, μια Ανώτερη εξ ολοκλήρου από ποταμοχερσαίες αποθέσεις και μια Κατώτερη κυρίως από λιμναίες και λιγότερο ποταμοχερσαίες αποθέσεις.

Ανώτερη ενότητα: περιλαμβάνει μόνο ένα λιθοστρωματογραφικό ορίζοντα τα κροκαλοπαγή Μαρκοπούλου – Ωρωπού. Αποτελούνται από κροκαλοπαγή, κατά κανόνα μέτριας συνεκτικότητας, με συνδετικό υλικό ψαμμιτικό και κροκάλες ποικίλης λιθολογικής σύστασης και ποικίλου μεγέθους, γενικά προχωρημένης αποστρογγύλωσης. Σε πολλές περιπτώσεις παρατηρούνται και κροκάλες – λατύπες μαργαϊκών ασβεστολίθων και τραβερτινών που προέρχονται από τους σχηματισμούς της Κατώτερης ενότητας. Συνοδεύονται πάντοτε από ψαμμίτες, οργίλους και καστανέρυθρους πηλούς με μορφή ενστρώσεων. Σ' αυτά τα ιζήματα είναι συχνή η παρουσία διασταυρούμενων στρώσεων, συνιζηματογενών ολισθήσεων και ρηγμάτων.

Κατώτερη ενότητα: αποτελείται κυρίως από λιμναίες αποθέσεις μαργών, μαργαϊκών ασβεστολίθων και κατά θέσεις τραβερτινών, στις οποίες παίρνουν μέρος και κλαστικά ιζήματα τα οποία επικρατούν στα κατώτερα μέλη του ανατολικού τμήματος της ενότητας αυτής.

### **Αλπικοί σχηματισμοί**

#### **Πελαγονική ζώνη**

Φλύσχης (fg): αποτελείται από εναλλασσόμενα στρώματα αργιλικών σχιστόλιθων και ψαμμιτών, λεπτό- έως μεσόκοκκων και συχνά χονδρόκοκκων, χρώματος υποπράσινου, με ενστρώσεις ψαμμούχων και λατυποπαγών ασβεστολίθων, καθώς και ανοιχτότεφρων έως μελανότεφρων ασβεστολίθων, μικρού πάχους, κυρίως στα κατώτερα μέρη του. Τοπικά παρατηρούνται παρεμβολές κροκαλολατυποπαγών με κροκαλολατύπες ψαμμιτικές και ασβεστολιθικές.

Ανωκρητιδικοί επικλυσιογενείς ασβεστόλιθοι (Ks.k): διακρίνονται σε δύο τμήματα: Ανώτερο και Κατώτερο.

Το Ανώτερο τμήμα αποτελείται από λεπτό- έως μεσοστρωματώδεις και μερικές φορές φυλλώδεις ασβεστολίθους, πάχους έως 100 m, χρώματος τεφρόφαιου, τεφρού και κατά θέσεις υποπράσινου ή κοκκινωπού, με διαστρώσεις και κονδύλους πυριτόλιθων. Κατά θέσεις υπάρχουν παρεμβολές ασβεστολιθικών κροκαλολατυποπαγών. Το Κατώτερο τμήμα αποτελείται κυρίως από μεσοστρωματώδεις και κατά θέσεις παχυστρωματώδεις ασβεστολίθους, χρώματος λευκότεφρου ή σκουρότεφρου. Είναι κρυσταλλικοί, νηριτικοί και καρστικοί, με συχνή την παρουσία βιοκλαστικών ασβεστολίθων.

### **Μέσο Τριαδικό**

Ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες ( Tm-Ji.k): ανοικτότεφροι και μερικές φορές σκοτεινότεφροι, μέσο- μέχρι παχυστρωματώδεις και κατά θέσεις άστρωτοι, μικροκρυσταλλικοί και κατά θέσεις πολύ κρυσταλλικοί, έντονα κερματισμένοι. Στη βάση τους είναι τοπικά λεπτοστρωματώδεις και έχουν χρώμα τεφρόμαυρο ή κόκκινο.

### **Κατώτερο- Μέσο Τριαδικό**

Φυλλίτες και ψαμμίτες (Ti-m.pf): με παρεμβολές κροκαλολατυποπαγών ποικίλου χρώματος. Φέρουν ενστρώσεις ασβεστολίθων και δολομιτών καθώς και σώματα εκρηξιγενών πετρωμάτων κυρίως κερατοφυρών, που συνοδεύονται από τοφφίτες, ( Ti-m.tf) που κατά θέσεις έχουν διαχωριστεί.

### **Ανώτερο Λιθανθρακοφόρο- Πέρμιο**

Αργιλικοί σχιστόλιθοι και ψαμμίτες (P-C): που εναλλάσσονται με γραουβάκες και κροκαλοπαγή με φακοειδείς ενστρώσεις ασβεστολίθων κατά θέσεις (P-C.k). Τοπικά παρουσιάζουν ασθενή μεταμόρφωση (φυλλίτες – χαλαζίτες).

### **Ηωελληνικό Τεκτονικό Κάλυμμα**

Πρόκειται για σχηματισμούς οι οποίοι είναι επωθημένοι πάνω στους προηγούμενους. Το Ηωελληνικό τεκτονικό κάλυμμα (ονομάζεται και «Προανωκρητιδικό»), είναι δυνατόν να διακριθεί στις παρακάτω ενότητες σχηματισμών:

- Στους ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμούς.
- Στις μάζες υπερβασικών πετρωμάτων.

Στους αυτούς απαντώνται:

σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα ( Fe- Ni): φακοειδούς μορφής.

Ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμοί (b.sh): εμφανίζονται στη βάση των υπερβασικών μαζών, έχουν μικρό πάχος και συνίστανται από : α) ιζήματα ωκεάνιων περιοχών, όπως ραδιολαριτών, πηλιτών, αργιλικών σχιστόλιθων και ασβεστολίθων με διαστρώσεις πυριτολίθων (k) και β) υποθαλάσσιες εκχύσεις βασικών πυριγενών πετρωμάτων, κυρίως βασαλτών, που έχουν υποστεί έντονη σπλιτίωση και εμφανίζονται συνήθως υπό μορφή pillow – lavas.

Μάζες υπερβασικών πετρωμάτων (o): μάζες μεγάλων διαστάσεων σερπεντιωμένων περιδοιτών, που σε πολλές θέσεις εγκλείουν κοιτάσματα λευκόλιθου. Είναι συμπαγή πετρώματα τεφροπράσινου χρώματος, με κύριο ορυκτό τον σερπεντίνη. Τη σύστασή του συμπληρώνουν λίγος χρωμίτης οξειδωμένος σε μαγνητίτη, κόκκοι μαγνητίτη και λίγα υδροξείδια σιδήρου.

## **2.4 ΕΛΑΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

Σε αντιστοιχία με τη γεωλογική σύσταση της περιοχής συναντώνται οι κατηγορίες εδαφών που περιγράφονται ακολούθως.

Τα Αλλουβιακά προέρχονται κυρίως από φερτές ύλες του Ασωπού ποταμού και των ρεμάτων. Είναι πλούσια σε άνθρακα και ασβέστιο και χαρακτηρίζονται σαν γεωργικά εδάφη υψηλής παραγωγικότητας (με λαχανικά ή αρδευόμενες μεγάλες καλλιέργειες). Τα εδάφη αυτά συναντώνται στις κοίτες του Ασωπού ποταμού αλλά και νότια της Μαλακάσας.

Τα εδάφη των Πλειστοκαινικών αποθέσεων (Διλουβιακά) απαρτίζονται από μάργες, ψαμμίτες και κροκαλλοπαγή. Συναντώνται στη ζώνη των χαμηλών λόφων της παραλίας. Χαρακτηρίζονται από καλλιέργειες οπωροφόρων, αμπελώνων ή συνδυασμό δενδρωδών και χαμηλών καλλιεργειών. Η βλάστηση τους περιλαμβάνει αραιά δάση πεύκων. (Θέος 2008)

Τα εδάφη του νεογενούς συστήματος συναντώνται κυρίως στην εγκάρσια ζώνη της γεωγραφικής ενότητας και απαρτίζονται από μαργαϊκούς, τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθους και μάργες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή. Συναντώνται επίσης και ασβεστόλιθοι του μη μεταμορφωμένου συστήματος της Πάρνηθας. Τα εδάφη αυτά καλύπτονται από δασική βλάστηση ή δενδρώδεις καλλιέργειες.(ΕΘΙΑΓΕ 1992)

## 2.5 ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από αυξημένη σεισμική δραστηριότητα, με κύρια συσσώρευση κατά μήκος της σεισμικής ζώνης Αλκωνίδων – Καπαρελίου – Πλαταιών – Ωρωπού.

Όπως διαπιστώνεται και από το απόσπασμα του σεισμοτεκτονικού χάρτη του ΙΓΜΕ που παρατίθεται στη συνέχεια, η περιοχή φιλοξενεί το γνωστό σεισμικό κέντρο του Ωρωπού, ενώ μεγάλη συγκέντρωση επικέντρων παρατηρείται κυρίως στον ανατολικό Κορινθιακό κόλπο (Αλκωνίδες) και δευτερευόντως στις περιοχές Θηβών και Αταλάντης.

Στις παραπάνω σεισμογενείς περιοχές, πρέπει να προστεθεί πλέον και το σεισμικό κέντρο των Αθηνών (Πάρνηθας), από το οποίο μπορεί να επηρεασθεί επίσης η περιοχή μελέτης. (Κατωπόδης 2010)

Αν και η ένταση των γεωδυναμικών φαινομένων είναι εξίσου σημαντική στο δυτικό όσο και στο ανατολικό τμήμα τα σεισμολογικά στοιχεία (Γαλανόπουλος 1955, 1967, 1971, 1981), δείχνουν μεγαλύτερη σεισμικότητα στο δυτικό τμήμα από ότι στο ανατολικό. Είναι ενδεικτικό ότι στο δυτικό τμήμα έχουν καταγραφεί τρία σεισμικά γεγονότα μεγέθους 6,5-7,0 R (1983, 1914, 1981), ενώ στο ανατολικό τα μεγαλύτερα γνωστά σεισμικά γεγονότα φαίνεται να μην ξεπερνούν τον μεγέθους 6 R σεισμό του 1983, κατά τον οποίο παρατηρήθηκαν ρηγματώσεις στα Κιούρκα. (Τσαραμπάρης 2010)

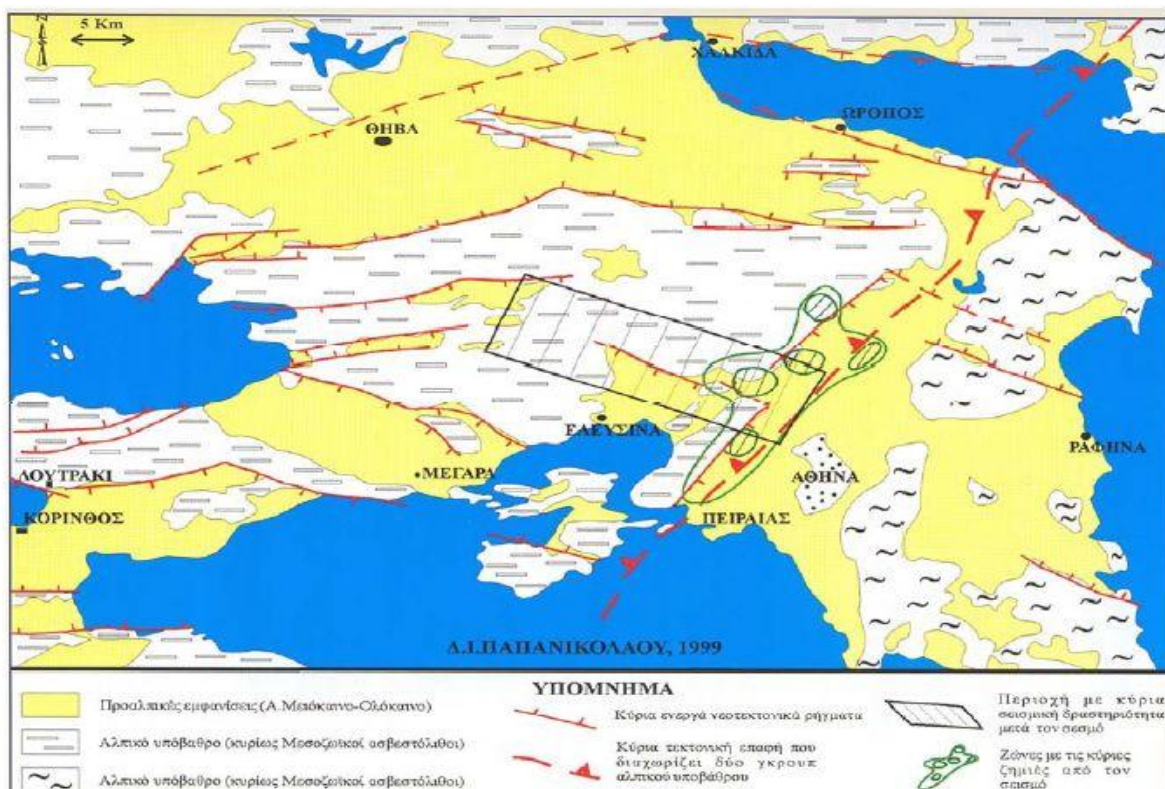


**ΣΧΗΜΑ 2.5:** Απόσπασμα από τον νεοτεκτονικό χάρτη του ΙΓΜΕ όπου σημειώνονται τα επίκεντρα σεισμών στην ευρύτερη περιοχή και προσδιορίζουν τα διάφορα σεισμικά κέντρα. Πηγή: Κατωπόδης 2010.

Το σεισμικό κέντρο του Ωρωπού, δίνει συνήθως σεισμούς μεγέθους  $M_s < 5,0$  Richter. Ο μεγαλύτερος από τους πρόσφατους σεισμούς του Ωρωπού, είχε μέγεθος  $M_s = 6,0$  Richter και μακροσεισμική ένταση στην πλειόσειστη περιοχή VIII της κλίμακας Mercalli-Sieberg. Πρόκειται για το σεισμό της 20ης Ιουλίου του 1938 που έπληξε την περιοχή του Ωρωπού και είχε 18 νεκρούς, τραυματίες και πολλές καταστροφές σε σπίτια, ενώ παρατηρήθηκαν πολλές ρωγμές στο έδαφος και φαινόμενα ρευστοποιήσεων. (Κατωπόδης 2010)

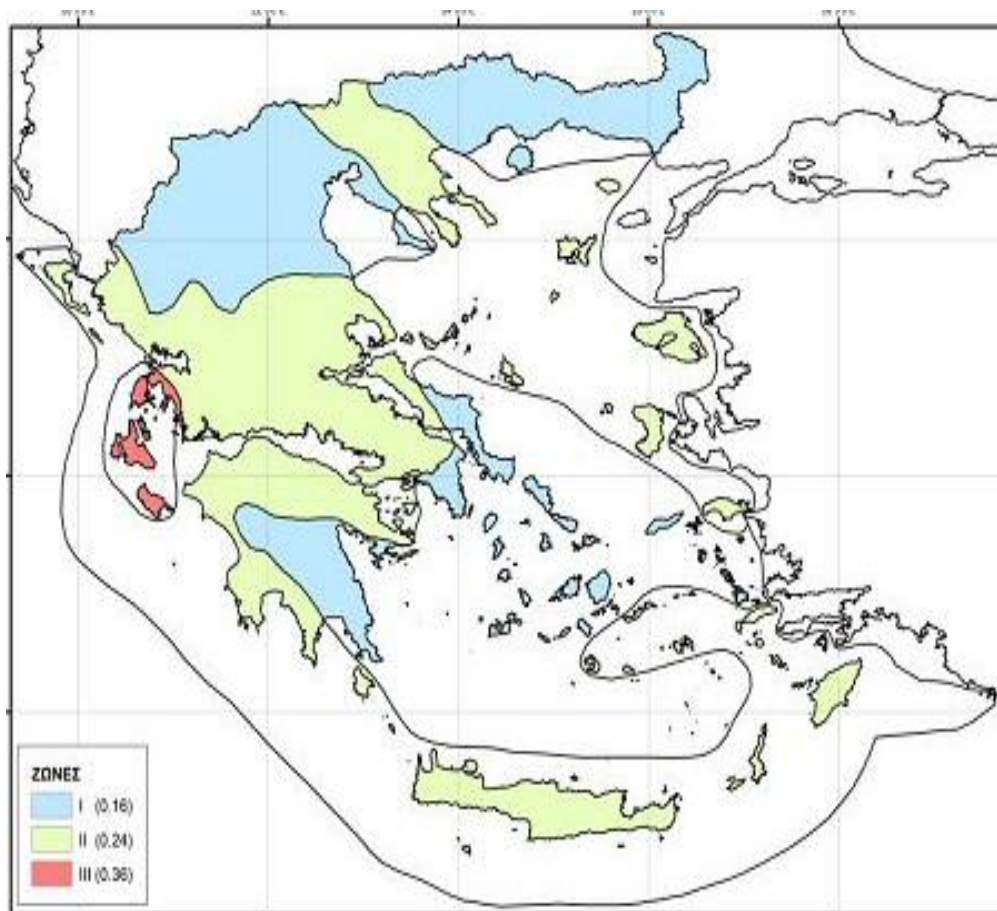
Η νεοτεκτονική δομή της ευρύτερης περιοχής, δίνεται σχηματικά στο συνθετικό χάρτη του Σχήματος 2.6, ο οποίος περιλαμβάνει τα μεγάλα ενεργά ρήγματα των οποίων το μήκος ξεπερνά τα 7 έως 8 χιλιόμετρα και επομένως το σεισμικό τους δυναμικό ξεπερνά σε μέγεθος τα 5,0 Richter.

Στο χάρτη αυτό φαίνεται η γενική διάταξη των ρηγμάτων όπου εντάσσονται και τα ρήγματα που ενεργοποιήθηκαν κατά τους σεισμούς του 1981 μεγέθους 6,5 - 7,0 Richter. Η αλλαγή στη συνέχεια της διεύθυνσης των ρηγμάτων, συνοδεύεται από μικρότερα σχετικά μεγέθη σεισμικού δυναμικού στην πλευρά του Νότιου Ευβοϊκού, όπου το μέγεθος φθάνει έως τα 6,0 Richter, όπως ο σεισμός του Ωρωπού του 1938.



**ΣΧΗΜΑ 2.6:** Η νεοτεκτονική δομή της Αττικής με την τεκτονική γραμμή που διαχωρίζει τα μεταμορφωμένα και μη μεταμορφωμένα στρώματα της ΝΑ και ΒΔ Αττικής αντίστοιχα. Απεικόνιση των ενεργών ρηγμάτων και ένδειξη της πλειόσειστης περιοχής του σεισμού της 7/9/1999 (Δ. Παπανικολάου κ.ά. 1999) Πηγή: Κατωπόδης 2010

Με βάση τον τελευταίο Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ,2003) η περιοχή όπου αναπτύσσεται η λεκάνη του Ασωπού ποταμού εντάσσεται στην ενδιάμεση ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας, σεισμική ζώνη ΙΙ ( $\alpha=0,24$ ) .



**ΣΧΗΜΑ 2.7:** Χάρτης ζωνών επικινδυνότητας της Ελλάδας (Ο.Α.Σ.Π., 2004)

## 2.6 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

### 2.6.1 Η υδροφορία των σχηματισμών

Ο τρόπος διακινήσεως του κατεισδύοντος ύδατος και η διαμόρφωση υπόγειων υδροφόρων οριζόντων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, οι σπουδαιότεροι από τους οποίους είναι η περατότητα των λιθολογικών μονάδων, η σχετική θέση μεταξύ περατών, ημιπερατών και στεγανών σχηματισμών, η τεκτονική της περιοχής και η θέση της επιφάνειας της θάλασσας.(Τσαραμπάρης 2010)

Στην περιοχή ενδιαφέροντος οι λιθολογικοί τύποι, που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην κατείσδυση, είναι οι ασβεστόλιθοι γενικά και κατά δεύτερο λόγο οι ανδρομερείς σχηματισμοί του Νεογενούς και Τεταρτογενούς. Οι ασβεστόλιθοι, επειδή έχουν μεγάλη



υδροπερατότητα και μεγάλη ανάπτυξη στον ευρύτερο χώρο της περιοχής, επιτρέπουν την κατείσδυση σημαντικού ποσοστού από τα ετήσια κατακρημνίσματα που δέχεται η περιοχή. Ένα κατά πολύ μικρότερο ποσοστό από αυτά, κατεισδύει μέσα στους αδρομερείς σχηματισμούς του Νεογενούς και Τεταρτογενούς. (Τσαραμπάρης 2010)

Οι σχηματισμοί της περιοχής υδρογεωλογικά διακρίνονται σε υδροπερατούς (το μεγαλύτερο μέρος των μεσοζωικών ασβεστολίθων, οι μαργαικοί ασβεστόλιθοι του Νεογενούς και οι αδρομερείς αποθέσεις του Τεταρτογενούς), σε ημιπερατούς (ένα μέρος των ασβεστολίθων, τα μεσοκοκκώδη στρώματα του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς και οι εξ' αποσαθρώσεως μανδύες των νεοπαλαιοζωικών στρωμάτων, των υλικών της σχιστοκερατολιθικής διαπλάσεως και των ιζημάτων του φλύσχη) και σε υδατοστεγανούς (η σχιστοκερατολιθική διάπλαση πλην των ασβεστολίθων, ο υγιής φλύσχη, τα αργιλομαργαικά στρώματα του Νεογενούς και οι λεπτομερείς αποθέσεις του Τεταρτογενούς). (Τσαραμπάρης 2010)

Στην περιοχή συναντώνται παλαιοζωικοί, μεσοζωικοί και καινοζωικοί σχηματισμοί. Η υδρολογική συμπεριφορά των σχηματισμών αυτών έχει ως εξής ( Δούνας κ.α. 1980):

### **1. Αργιλικό — ψαμμιτικοί σχιστόλιθοι του Ανωτέρω Παλαιοζωικού**

Τα πετρώματα αυτά χαρακτηρίζονται ως πρακτικά υδατοστεγή. Πρόκειται για μικρές κατά κανόνα εμφανίσεις που διαδραματίζουν το ρόλο στεγανών διαφραγμάτων. Κάποια μικρή πιθανότητα υδροφορίας μπορεί να συνδυάζεται με ζώνες ρηγματώσεων και φακοειδών ενστρώσεων μαρμάρων, χωρίς ιδιαίτερο ενδιαφέρον από πρακτικής πλευράς. (Δούνας κ.α. 1980)

### **2. Πετρώματα-Μεσοζωικού**

#### **i) Οι ασβεστόλιθοι**

Διακρίνονται τρεις στοιβάδες που διαφέρουν μεταξύ τους στη μορφή, τη σύσταση και τον τεκτονισμό. Τα όρια μετάβασης από τη μια στοιβάδα στην άλλη δεν είναι ευκρινή. Οι ασβεστόλιθοι του Μέσου Τριαδικού είναι παχυστρωματώδεις μέχρι άστρωτοι με μέγιστο πάχος μεγαλύτερο από 300 μέτρα. Σαν συνέπεια της ισχυρής διάρρηξης και κατακλάσεώς τους η ανάπτυξη του καρστικού δικτύου είναι μεγάλη με αποτέλεσμα να αποτελούν πολύ καλό υδροφορέα. Στο σύστημα των τριαδικών ασβεστόλιθων οι μεσοτριαδικοί ασβεστόλιθοι αποτελούν τον κύριο φορέα αποθηκέυσεως και κυκλοφορίας των υπογείων υδάτων.

Οι ασβεστόλιθοι του ανώτερου Τριαδικού — Ιουρασικού από πλευράς περατότητας κατατάσσονται στους περατούς ασβεστόλιθους που παρά τον μικρότερο βαθμό αποκάρσωσης σε σχέση με τους μεσοτριαδικούς ασβεστόλιθους θεωρείται σαν καλός υδροφορέας.

Οι κρητιδικοί ασβεστόλιθοι παρατηρούνται κυρίως ανατολικά και νοτιοανατολικά από τον Αυλώνα, όπου καλύπτουν έκταση πολλών δεκάδων τετραγωνικών χιλιομέτρων. Ο κατώτερος ορίζοντας, Κενομανίου ηλικίας, παρουσιάζει μέτρια αποκάρσωση και συμπεριφέρεται σαν μέτρια πέρατος σχηματισμός σε αντίθεση προς τον ανώτερο ορίζοντα, που από τον έντονο κερματισμό έχει αυξημένη δευτερογενή περατότητα και συμπεριφέρεται σαν ένας υδροπερατός σχηματισμός.

Οι ασβεστόλιθοι αποτελούν τον κύριο υδροφόρο σχηματισμό της περιοχής. Μέσα στους ασβεστόλιθους διαμορφώνονται ένας ως δυο υδροφόροι ορίζοντες με περιορισμένη κατά τόπους έκταση. Ο κατώτερος υδροφόρος ορίζοντας εντοπίζεται στους ασβεστόλιθους του Τριαδικού στο δυτικό τμήμα της λεκάνης (Αυλώνα - Αγ.Θωμά - Ερυθρές).

Στην μεταξύ Μαλακάσας και Αυλώνα περιοχή εντοπίζεται τοπικά και δεύτερος υδροφόρος ορίζοντας, ο οποίος συνδυάζεται με τους Κρητιδικούς ασβεστόλιθους, οι οποίοι επικάθονται στους σχιστοψαμμίτες του Παλαιοζωικού. (Παγούνης 1994)

### **ii) Σχιστοκερατολιθική διάπλαση του Ανω Ιουρασικού ~ Κάτω Κρητιδικού**

Οι σχηματισμοί αυτοί στο σύνολο τους είναι υδατοστεγείς. Περιορισμένη υδροφορία παρουσιάζεται μόνο στους οφιόλιθους που παρουσιάζουν πρωτογενές πορώδες, οφειλόμενο στην απότομη ψύξη και δευτερογενές, σαν συνέπεια κερματισμού και τεκτονισμού. Παρόλα αυτά και επειδή έχουν εξαλειωθεί, οι διακλάσεις αποφράσσονται με αργίλους σε βάθος, με αποτέλεσμα μόνο τα ανώτερα στρώματα να παρουσιάζουν περιορισμένη υδροφορία. Η υδρογεωλογική του σημασία όμως είναι πολύ μεγαλύτερη, διότι οριοθετούν τις κύριες ζώνες της υπόγειας απορροής, που εντοπίζονται στην περιοχή μεταξύ Αγ. Θωμά – Βίλιζα και Βίλιζα -Αυλώνα. (Παγούνης 1994)

## **3. Πετρώματα Καινοζωικού**

### **i) Νεογενείς σχηματισμοί**

Είναι σχηματισμοί διαφόρων φάσεων, αποτελούμενοι από αλληπάλληλα στρώματα άμμων, κροκάλων, αργιλοπηγών, ψαμμιτοκροκάλων, μαργών και μαργαϊκών ασβεστόλιθων.

Οι σχηματισμοί που περιέχουν αργίλους και μάργες θεωρούνται υδατοστεγείς. Η συνεκτικότητα των σχηματισμών αυτών οφείλεται στην παρουσία του συνδετικού μαργαϊκού υλικού. Οι σχηματισμοί που περιέχουν μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, λόγω πρωτογενούς και δευτερογενούς πορώδους, παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον από απόψεως υδροφορίας. Εντοπίζονται συνήθως τρεις ως πέντε υδροφόροι συνολικού πάχους στρωμάτων 25 έως 70 μέτρων και αποδοτικότητας 110 - 120 m<sup>3</sup>/ h. Η τροφοδοσία τους γίνεται ή από την κατ' ευθείαν κατείσδυση των βροχών (περιοχή Νεοχωράκι, Ασωπία, Αυλώνα, Αγ.Θωμά) ή

από μεταγγίσεις και διηθήσεις (Αυλώνα, κάμπος Αγ. Θωμά - Οινοφύτων, άνω - μέσος ρους Ασωπού).

Ανάλογα με τον τρόπο τροφοδοσίας τα υδροφόρα στρώματα βρίσκονται υπό πίεση ή είναι ελεύθερης στάθμης. Η πιεζομετρική επιφάνεια στην υπολεκάνη του άνω ρου κυμαίνεται σε απόλυτο υψόμετρο 230 - 290 m, ενώ στον μέσο ρου σε απόλυτο υψόμετρο 120 — 180 m (περιοχή Σχηματάρι - Οινόφυτα) και 30 — 70 m περίπου στον κάμπο Αγ. Θωμά -Αυλώνα. Ανάλογα στοιχεία για την υπολεκάνη του κάτω ρου δεν υπάρχουν. Τα προαναφερθέντα υποδηλώνουν την ύπαρξη υδροφόρων στρωμάτων σε διαφορετικά υψόμετρα.

Πρέπει να επισημανθεί όμως ότι τα στρώματα αυτά δεν μπορεί πλέον να θεωρούνται ως ανεξάρτητοι υδροφόροι ορίζοντες, διότι ο τρόπος ανόρυξης και σωλήνωσης των γεωτρήσεων οδήγησε στην επικοινωνία τους και τη διαμόρφωση μιας πιεζομετρικής επιφάνειας, η οποία πρέπει να ερμηνεύεται ως στάθμη ενιαίου υδροφόρου ορίζοντα παρ' όλες τις επιφυλάξεις που μπορεί να υπάρξουν από μια τέτοια απλοποίηση των υδρογεωλογικών συνθηκών.

Ο μέσος συντελεστής μεταβιβαστικότητας (  $T$  ) κυμαίνεται από 10<sup>-3</sup> έως 10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup> /sec και ο μέσος γενικός συντελεστής εναποθήκευσης γύρω στο 0,01. Η μέση διακύμανση της στάθμης μακράς περιόδου είναι 7,75 μέτρα περίπου. Οι υδροφόροι ορίζοντες των αποθέσεων αποστραγγίζονται προς διάφορες κατευθύνσεις.

Διακρίνονται όμως δύο κύριες ζώνες υπόγειας απορροής. Μια βόρεια ως βορειοανατολική και μια νοτιοανατολική ως ανατολική. Τα υπόγεια νερά μεταγγίζονται από την μια υδρογεωλογική ενότητα στην άλλη υπό μεγάλη συνήθως υδραυλική κλίση, που κυμαίνεται από 40 - 50 %, αλλά και 80% τοπικά (Φραγκόπουλος 1992).

## **ii) Οι διλουβιακές αποθέσεις**

Στο σύνολο τους οι σχηματισμοί είναι ημιπερατοί και παρουσιάζουν μικρό υδρογεωλογικό ενδιαφέρον. Φρέατα και γεωτρήσεις μέσα σε αυτούς τους σχηματισμούς αποδίδουν μικρές παροχές της τάξεως των 5-30 m<sup>3</sup>/h.

Σχετικά με τις διλουβιακές αποθέσεις κλειστών λεκανών, παρατηρείται ότι η υδροπερατότητά τους είναι πολύ περιορισμένη, γιατί οι σχηματισμοί αυτοί θεωρούνται ελάχιστα περατοί ή πρακτικά στεγανοί για τις περισσότερες περιπτώσεις. Μόνο στα κράσπεδα των παραπάνω λεκανών οι σχηματισμοί αυτοί παρουσιάζουν κάποια υδροπερατότητα, λόγω της αδρομερέστερης συστάσεως τους και ελάττωσης της περιεκτικότητας σε αργιλικά υλικά. Φρέατα που έχουν διανοιχθεί μέσα στους σχηματισμούς

αποδίδουν ελάχιστο νερό και τα περισσότερα από αυτά στερεύουν κατά την περίοδο του καλοκαιριού.

Όσον αφορά τα δилουβιακά πλευρικά κορήματα αυτά θεωρούνται ανάλογα, από πλευράς υδροπερατότητας, με τα κροκαλολατυποπαγή των δилουβιακών χειμαρίων αποθέσεων, δηλαδή ως ημιπερατοί σχηματισμοί. Αυτά λόγω της μικρής τους έκτασης και του γεγονότος ότι επικάθονται σε ασβεστόλιθους και μάλιστα σε μεγάλα σχετικά υψόμετρα, δεν παρουσιάζουν κανένα ενδιαφέρον από πλευράς εκμεταλλεύσεως των νερών που υπάρχουν μέσα σε αυτούς (Φραγκόπουλος 1992).

### **iii) Σχηματισμοί Αλλουβίου**

Μέσα στις αλλουβιακές αποθέσεις αναπτύσσεται υδροφόρος ορίζοντας, συχνά υπό πίεση. (Φραγκόπουλος 1992)

## **2.6.2 Υδρογεωλογικές ενότητες**

Η περίπλοκη γεωλογική δομή της περιοχής, με τις εναλλαγές υδροπερατών και γραμμές με τις υδρογεωλογικές υπολεκάνες του άνω, μέσου και κάτω ρου υδατοστεγών πετρωμάτων σε συνδυασμό με την έντονη τεκτονική δραστηριότητα που έχουν υποστεί, έχει οδηγήσει στη διαμόρφωση υδρογεωλογικών συστημάτων και υδρογεωλογικών ενοτήτων που αλληλοεξαρτώνται μεταξύ τους. Οι υδρογεωλογικές ενότητες ταυτίζονται σε γενικές γραμμές με τις υδρογεωλογικές υπολεκάνες του άνω, μέσου και κάτω ρου. (Δούνας 1978)

### **i) Υδρογεωλογικές ενότητες καρστικού συστήματος (Πάρνηθας)**

Στο νότιο, στο κεντρικό και στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης απορροής αναπτύσσονται οι υδρογεωλογικές ενότητες του καρστικού συστήματος Πάρνηθα - Πάστρα. Οι διάφορες ενότητες του εκτεταμένου καρστικού συστήματος επικοινωνούν μεταξύ τους υδραυλικά.

Η κύρια πηγή τροφοδοσίας τους είναι τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα που πέφτουν στους ασβεστόλιθους, οι οποίοι καταλαμβάνουν το 45 % περίπου της όλης έκτασης της λεκάνης. Οι ασβεστόλιθοι είναι τεμαχισμένοι σε τεκτονικά τεμάχια, που χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό διάρρηξης και αποκάρσωσης. Το νερό που κατεισδύει στα πετρώματα αυτά, ακολουθεί αρχικά γρήγορη κατακόρυφη πορεία έως ότου συναντήσει τον υδροφόρο ορίζοντα που έχει διαμορφωθεί μέσα στους ασβεστόλιθους και στη συνέχεια ανακόπτει ταχύτητα αλλά και κατεύθυνση που ελέγχεται από την υδραυλική κλίση του υδροφόρου ορίζοντα κάθε υδρογεωλογικής ενότητας.

Το καρστικό σύστημα τροφοδοτείται επίσης από τις κατεισδύσεις του Ασωπού στον μέσο ρου. Τα υπόγεια νερά στις υδρογεωλογικές ενότητες της ορεινής περιοχής του

συστήματος παρουσιάζουν βορειοανατολική διεύθυνση ροής, της πεδινής δε (Ασωπία - Τανάγρα) νοτιοανατολική ως ανατολική, για να καταλήξουν στη χαμηλότερη μορφολογικά υδρογεωλογική ενότητα Μαλακάσας - Καλάμου από τη οποία αναβλύζουν με μορφή παράκτιων και υποθαλάσσιων καρστικών πηγών (πηγές Αγ. Αποστόλων). Στα μέτωπα της κύριας υπόγειας απορροής (Βίλιζα, Αυλώνα, Μαλακάσα) εντοπίζονται οι γεωτρήσεις ύδρευσης της Πρωτεύουσας (Δούνας κ.α. 1978, Χατούπης Θ. 2003)

### **ii) Υδρογεωλογική ενότητα αποθέσεων υπολεκάνης άνω ρου**

Στα τεκτονικά βυθίσματα των υπολεκανών του άνω, μέσου και κάτω ρου έχουν δημιουργηθεί επικρεμάμενοι υδροφόροι ορίζοντες στις κλαστικές αποθέσεις του πλειοπλειστόκαινου. Η υδρογεωλογική λεκάνη του άνω ρου από τα νότια και βορειοανατολικά περιβάλλεται από τους ασβεστόλιθους του όρους Πάστρα και των κορυφών Μουσταφάδες, ενώ το βορειοδυτικό της όριο επικοινωνεί με την λεκάνη της Θήβας με την οποία ανήκουν στο ίδιο τεκτονικό βύθισμα.

Η τροφοδοσία της λεκάνης συντελείται από την απ' ευθείας κατείσδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στην επιφάνεια προβολής των υδροφορέων, στις πλευρικές μεταγίσεις από τους ασβεστόλιθους του όρους Πάστρα και σε ένα βαθμό από τις διηθήσεις του Ασωπού κατά μήκος της κοίτης του (Μελισσοχώρι - Λουτουφί). Η υδρογεωλογική αυτή ενότητα έχει διεύθυνση αποστράγγισης προς τη λεκάνη της Θήβας και προς την υπολεκάνη του άνω ρου στην ευρύτερη υδρογεωλογική ενότητα Θήβας - Οινοφύτων (Δούνας κ.α. 1978)

### **iii) Υδρογεωλογική ενότητα αποθέσεων υπολεκάνης μέσου ρου**

Η ενότητα αυτή καταλαμβάνει το τεκτονικό βύθισμα Αγ. Θωμά - Μαλακάσας. Περιβάλλεται από παντού από ανθρακικά πετρώματα με εξαίρεση τα τμήματα μεταξύ Συκάμινου - Οινοφύτων και Οινοφύτων - Τανάγρας, μέσω των οποίων επικοινωνεί το νότιο με το βόρειο τμήμα της νεογενούς λεκάνης των Οινοφύτων.

Ο Ασωπός ποταμός διατρέχει την υπολεκάνη μέσα από ανθρακικούς και προσχωματικούς σχηματισμούς μεγάλης περατότητας, οι οποίοι αναπτύσσονται στο μεγαλύτερο τμήμα της επιφάνειάς της. Η τροφοδοσία της λεκάνης γίνεται τόσο από τη απ' ευθείας κατείσδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, όσο και από τις διηθήσεις των υδρορεμάτων και πρώτα από όλα του Ασωπού ποταμού, σε όλη τη διαδρομή του μέσου ρου.

Το πεδινό τμήμα της υπολεκάνης του μέσου ρου δέχεται  $90 * 10^6$  m<sup>3</sup>/έτος από βροχοπτώσεις, από τις οποίες μεγάλο ποσοστό πρέπει να καταλήγει στους υδροφόρους. Τα υπόγεια αποθέματα νερού της υδρογεωλογικής αυτής ενότητας παραμένουν άγνωστα. Οι υδροφόροι ορίζοντες της ενότητας αυτής αποστραγγίζονται στους ασβεστόλιθους της

περιοχής Οινοφύτων και Συκάμινου – Μαυροσουβάλας (Δούνας κ.ά. 1978, Χατούπης Θ. 2003)

#### **iv) Υδρογεωλογική ενότητα αποθέσεων υπολεκάνης κάτω ρου**

Η υπολεκάνη αυτή ορίζεται από την ανθρακική μάζα Συκάμινο - Μαυροσουβάλα προς νότο και τον Ευβοϊκό κόλπο προς βορρά. Αποτελείται από ποταμοχειμαρρώδεις και λιμναίες αποθέσεις σε άμεση επικοινωνία με τη θάλασσα. Η υδροδυναμικότητα των υδροφόρων στρωμάτων είναι χαμηλή με περιορισμένη σημασία από πρακτικής πλευράς, όπως προκύπτει από την αξιολόγηση των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής.

Τέλος επισημαίνεται ότι σε μελέτη του ΙΓΜΕ οι υπολεκάνες του άνω και μέσου ρου του Ασωπού ποταμού θεωρούνται ως τμήματα της ευρείας λεκάνης Θηβών — Οινοφύτων. Τα ρυθμιστικά αποθέματα του υπογείου νερού εκτιμώνται συνολικά σε  $42 * 10^6 \text{ m}^3$  /έτος, περίπου. Λόγω όμως της εντατικής εκμετάλλευσης των υπογείων νερών η υδρογεωλογική κατάσταση στην περιοχή επιδεινώνεται συνεχώς (Δούνας κ.α.1978, Φραγκόπουλος 1992).

#### **2.6.3 Υδραυλικές σχέσεις μεταξύ επιφανειακών και υπόγειων νερών**

Η γνώση των υδραυλικών σχέσεων που επικρατούν μεταξύ του επιφανειακού και του υπόγειου νερού, έχει καθοριστικό ρόλο στην μελέτη και την ορθολογική διαχείριση του υδατικού δυναμικού. Στην γεωγραφική θέση της υπό μελέτης περιοχής βρίσκεται η λεκάνη απορροής του Ασωπού ποταμού.

Κύρια πηγή τροφοδοσίας του ποταμού είναι οι βροχοπτώσεις. Στη διαδρομή του, ξεκινώντας από την περιοχή των Λεύκτρων στα δυτικά, με την συγκέντρωση μικροαναβλύσεων και μικρορευμάτων της περιοχής και καταλήγοντας στον Ευβοϊκό κόλπο στα ανατολικά, διατρέχει διάφορα πετρώματα σε μήκος 65-70 km. Η ένταση της ροής του ποταμού μεταβάλλεται κατά την διαδρομή, ανάλογα με την γεωλογική δομή και την περατότητα των σχηματισμών από τους οποίους διέρχεται (Φραγκόπουλος 1992).

Συστηματικές μετρήσεις απορροής δεν έχουν γίνει. Η τιμή της απορροής που δίδεται στη μελέτη του Ι. Φραγκοπούλου και είναι ίση με  $26 * 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$  προέρχεται από παρατηρήσεις περιορισμένου χρόνου και από εκτιμήσεις, βασιζόμενες σε βιβλιογραφικά δεδομένα και δεν μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτική. Ανάλογα με το φορτίο του κάθε φορά, οι απώλειες μπορεί να φτάνουν και το 60% της παροχής ή παλαιότερα σε περιόδους χαμηλών παροχών του ποταμού η απώλεια να είναι ολική. Οι απώλειες στην υπολεκάνη του κάτω ρου πρέπει να θεωρηθούν ασήμαντες λόγω της φύσης των σχηματισμών αλλά και του μικρού μήκους της διαδρομής μέχρι τη θάλασσα.

#### **2.6.4 Υδροληπτικά έργα**

Η κοινωνική-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής και οι ανάγκες ύδρευσης της Πρωτεύουσας συνέβαλλαν αποφασιστικά στην έρευνα και στην εκμετάλλευση των υπόγειων έργων. Τα υδροληπτικά έργα υπόγειου νερού (πηγάδια, γεωτρήσεις), ανέρχονται σε μερικές χιλιάδες.

Από τα στοιχεία των γεωτρήσεων σε αποθέσεις λεκανών, προκύπτει, ότι η υδροδυναμικότητα των πλειστοκαινικών υδροφόρων ήταν ικανοποιητική, αλλά λόγω της εντατικής και χωρίς όρους εκμετάλλευσης επί μια 25ετία (1951-1976) είχε υποστεί κάμψη, ενώ τα επόμενα έτη η κατάσταση επιδεινώθηκε ακόμα περισσότερο. Το φαινόμενο της υπεράντλησης των υδροφόρων οριζόντων παρατηρείται και στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης με τη γενική πτώση της στάθμης και τη μείωση της αποδοτικότητας των γεωτρήσεων με αποτέλεσμα πολλές από αυτές να εγκαταλείπονται. Στην περιοχή υπάρχουν επίσης πολλά πηγάδια με μέγιστο βάθος 20-30 m. Η παροχή τους γενικά είναι μικρή και για το λόγο αυτό σε πολλές περιπτώσεις έχουν διανοιχθεί μέσα σε αυτά γεωτρήσεις.

Οι γεωτρήσεις στα ανθρακικά πετρώματα της περιοχής έχουν γίνει από το ΙΓΜΕ στα πλαίσια των ερευνητικών υδρογεωλογικών του προγραμμάτων και των έργων ύδρευσης της Αθήνας. Οι ερευνητικές γεωτρήσεις έχουν μικρές παροχές, σε αντίθεση με τις γεωτρήσεις ύδρευσης όπου η συνολική παροχή ανέρχεται στη τάξη μεγέθους των 4500 m<sup>3</sup>/hr, περίπου (Φραγκόπουλος 1992).

Στην ευρύτερη περιοχή έχουν γίνει και γεωτρήσεις μικρής έκτασης στην περιοχή Οινοφύτων και της Εθνική οδού για την ανεύρεση λιγνιτών. Η σημασία τους συνίσταται στην αναγνώριση της πετρολογικής σύστασης και των γεωτεχνικών χαρακτηριστικών των λιθολογικών σχηματισμών σε μικρό γενικά βάθος.

#### **2.6.5 Υπόγεια αποθέματα νερού**

Ο υπολογισμός των αποθεμάτων υπόγειου νερού βασίζεται στις μακροχρόνιες παρατηρήσεις της διακύμανσης της πιεζομετρίας των υδροφόρων οριζόντων και στα δεδομένα των υδρογεωλογικών ερευνών, σχετικά με την περατότητα των σχηματισμών και την κατακόρυφο και οριζόντια ανάπτυξη τους. Τα αποθέματα του υπογείου νερού στο καρστικό σύστημα Β-Δ της Πάρνηθας υπολογίζεται σε 45x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/year, ενώ στην λεκάνη Θήβας-Οινοφύτων σε 42 x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ year. Σημειώνεται ότι, οι υδρογεωλογικές έρευνες του καρστικού υδροφόρου συστήματος Πάρνηθας-Πάστρας έχουν περιοριστεί σε τμήματα της περιοχής με άμεση δυνατότητα αξιοποίησης του υπογείου νερού. Για το λόγο αυτό, αλλά και για το ότι στο σύστημα της Πάρνηθας εντοπίζονται

ανεξάρτητες υδρογεωλογικές ενότητες, τα αποθέματα υπόγειου νερού υπολογίστηκαν μόνο για την Β-Δ Πάρνηθα (Φραγκόπουλος 1992).

Τα αποθέματα υπόγειου νερού του καρστικού συστήματος της Πάρνηθας είναι πολύ μεγαλύτερα και υπερβαίνουν προφανώς τα  $110-220 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$ . Τα αποθέματα στους υδροφόρους ορίζοντες των αποθέσεων υπολογίστηκαν συνολικά για όλη τη λεκάνη Θήβας-Οινοφύτων, στην οποία όμως δεν συμπεριλήφθηκε ο κάμπος του Αυλώνα. Στους υδροφόρους ορίζοντες του πεδινού αυτού τμήματος γίνεται εντατική εκμετάλλευση με αποτέλεσμα την διαταραχή των υδροδυναμικών συνθηκών της περιοχής.

### 2.6.6 Υδροχημεία

Αρχικά πρέπει να αναφερθεί ότι τα στοιχεία των χημικών αναλύσεων βασίζονται σε βιβλιογραφικά δεδομένα του ΙΓΜΕ και του γραφείου μελετών Ι. Φραγκόπουλου. Γενικά, τα υπόγεια αποθέματα νερού της περιοχής κρίνονται κατάλληλα για άρδευση και βιομηχανική χρήση, με εξαίρεση τα καρστικά νερά στους ασβεστόλιθους του πεδινού τμήματος της λεκάνης μεταξύ Αγ. Θωμά-Οινοφύτων-Καλλιθέας, λόγω υφαλμύρωσης. Η δυνατότητα χρήσης του υπόγειου νερού για άρδευση είναι περιορισμένη, λόγω της παρουσίας διαφόρων ιόντων με υψηλές τιμές περιεκτικότητας κατά περιοχές.

Αυξημένη περιεκτικότητα ιόντων  $\text{Na}^+$  και  $\text{K}^+$  παρουσιάζεται στους προσχωματικούς υδροφόρους ορίζοντες, η οποία συνδυάζεται με τη χρήση λιπασμάτων στις διάφορες καλλιέργειες. Ανάλογη ερμηνεία δεν μπορεί να δοθεί για τις αυξημένες περιεκτικότητες  $\text{Na}$  και  $\text{Cl}$  στους καρστικούς υδροφορείς της περιοχής του Αγ. Θωμά-Οινοφύτων-Καλλιθέας, όπου στην προκειμένη περίπτωση οφείλονται στη διείσδυση θαλάσσιου νερού. Η υψηλή συγκέντρωση νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ) στην περιοχή Οινοφύτων-Τανάγρας, δηλώνει πιθανή ρύπανση του υπόγειου νερού από τα υγρά απόβλητα των περιοχών αυτών.

Τα ανθρακικά ιόντα ( $\text{HCO}_3$ ,  $\text{CO}_3$ ) που παρουσιάζονται επίσης με υψηλές συγκεντρώσεις, σχετίζονται με την παρουσία των ανθρακικών πετρωμάτων της περιοχής. Τα ιόντα  $\text{Ca}$  οφείλονται στη διάλυση του ανθρακικού ασβεστίου, από τα ανθρακικά πετρώματα και από τις αποθέσεις της λεκάνης με ασβεστολιθική σύσταση, ενώ τα ιόντα  $\text{Mg}$  στη χημική διεργασία των οφιόλιθων, των δολομιτών και των προϊόντων διάβρωσής τους στους προσχωματικούς σχηματισμούς της λεκάνης.

Γενικότερα τα νερά των υδροφόρων οριζόντων των προσχώσεων και του ορεινού συγκροτήματος Πάρνηθας-Πάστρας, χαρακτηρίζονται ως ανθρακικά και μαγνησιούχα κατά τύπους, υποβαθμισμένα ποιοτικά λόγω διείσδυσης της θάλασσας από φυσικές και δυναμικές συνθήκες. Τα νερά αυτά δημιουργούν εκτεταμένο μέτωπο, το οποίο αρχίζει από τον Ευβοϊκό



κόλλο, διέρχεται μεταξύ Καλλιθέας και Τανάγρας και καταλήγει στους πρόποδες της Β-Δ Πάρνηθας, μέσω των ανθρακικών πετρωμάτων του Τριαδικού.

## 2.7 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το κλίμα στο εσωτερικό του νομού προσεγγίζει το ηπειρωτικό, με κύριο χαρακτηριστικό το μεγάλο θερμοκρασιακό εύρος.

Για την εξέταση του μικροκλίματος και των μετεωρολογικών δεδομένων της περιοχής μελέτης χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας που προήλθαν από τον ΜΣ Τανάγρας που λόγω της θέσης του και την τοπογραφία της περιοχής επηρεάζει περισσότερο την περιοχή μελέτης.

### α. Θερμοκρασία - Υγρασία (1958-2010)

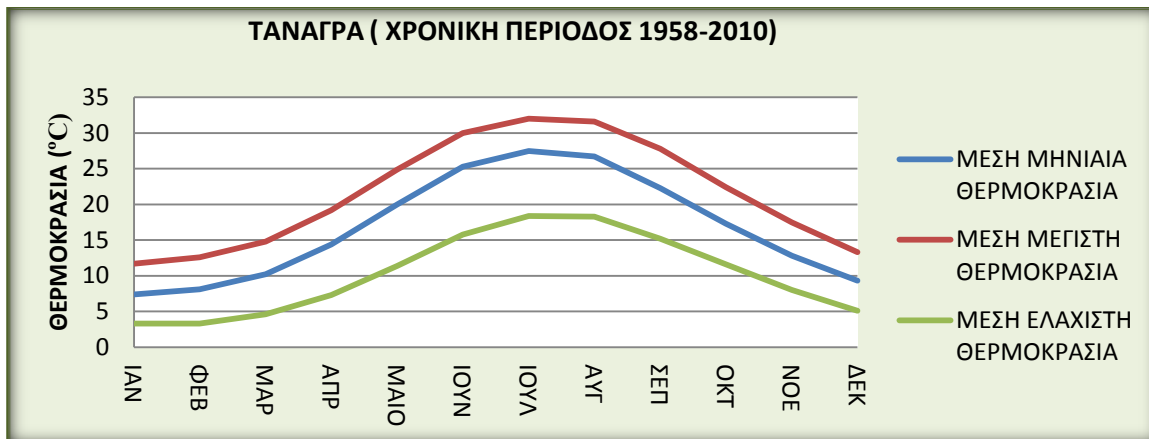
Από τα δεδομένα του Πίνακα 2.2 παρατηρείται ότι η μέση μέγιστη θερμοκρασία είναι το μήνα Ιούλιο με 32,0°C ενώ η μέση ελάχιστη θερμοκρασία παρατηρείται τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο με 3,3 °C. Η μεγαλύτερη μέση μηνιαία θερμοκρασία παρατηρείται τον Ιούλιο (27,5°C) ενώ η μικρότερη το μήνα Ιανουάριο (7,4°C).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2:** Μετεωρολογικά στοιχεία σταθμού Τανάγρας (1958-2010) Πηγή: Ε.Μ.Υ.

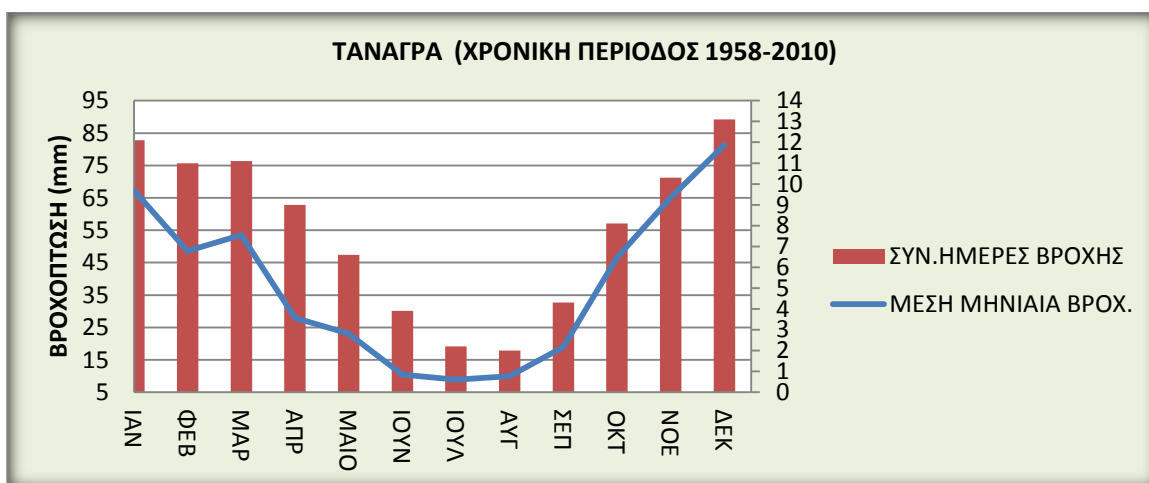
ΜΗΝΑΣ	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΜΕΣΗ ΜΕΓΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΜΕΣΗ ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ (mm)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	7,40	11,7	3,3	77,0	67,3
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	8,1	12,6	3,3	73,8	48,6
ΜΑΡΤΙΟΣ	10,2	14,8	4,6	71,8	53,5
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	14,4	19,2	7,3	65,9	27,9
ΜΑΙΟΣ	20,0	24,9	11,4	58,2	23,1
ΙΟΥΝΙΟΣ	25,3	30,0	15,8	48,2	10,5
ΙΟΥΛΙΟΣ	27,5	32,0	18,4	46,7	8,9
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	26,7	31,6	18,3	49,3	10,0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	22,3	27,8	15,2	54,4	19,0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	17,3	22,4	11,6	68,2	46,6
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	12,8	17,5	8,0	75,5	65,1
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	9,30	13,3	5,1	77,6	81,3

## β. Βροχόπτωση

Ο μήνας με το μεγαλύτερο ύψος βροχής είναι ο Δεκέμβριος (74,9 mm), ενώ το καλοκαίρι παρατηρούνται τα μικρότερα ύψη βροχής (Ιούνιος 12,8 mm, Ιούλιος 6,9 mm, Αύγουστος 10,3 mm).



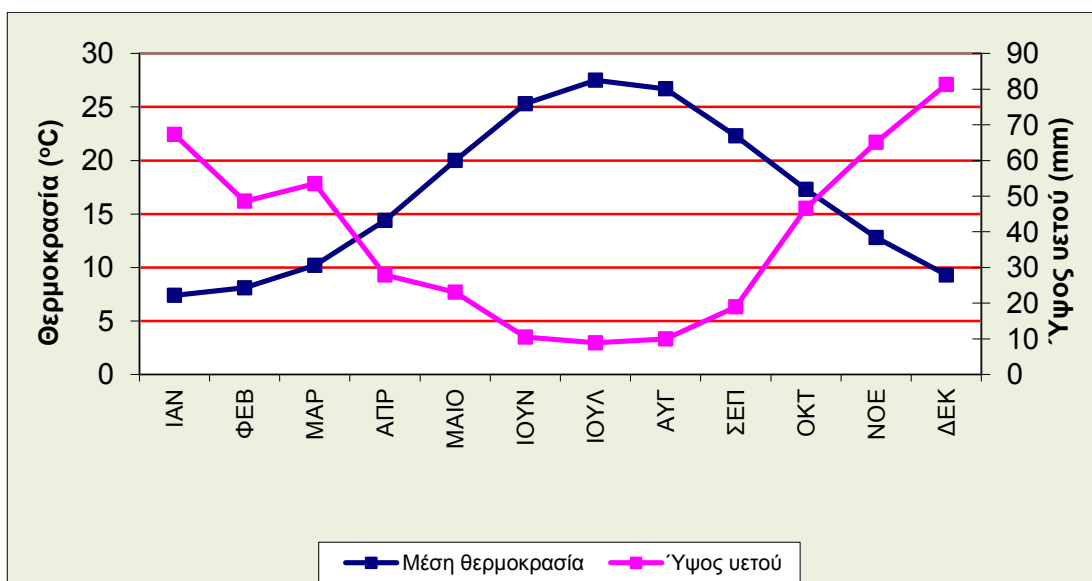
ΣΧΗΜΑ 2.8: Διάγραμμα μέσω μηνιαίων θερμοκρασιακών μεταβολών.



ΣΧΗΜΑ 2.9: Διάγραμμα μεταβολής της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης (Σταθμός Τανάγρας). Πηγή: Ε.Μ.Υ.

Η ξηρότητα του κλίματος προσδιορίζεται με την χρήση του ομβροθερμικού διαγράμματος όπου πραγματοποιείται σύγκριση των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών με το επίπεδο ολικής κατακρήμνισης. Τα διαστήματα όπου το διπλάσιο της θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερο από το επίπεδο κατακρήμνισης θεωρούνται περίοδοι ξηρού κλίματος (Στο Σχήμα 2.10 η αντιστοιχία της κλίμακας θερμοκρασία προς την κλίμακα κατακρήμνισης

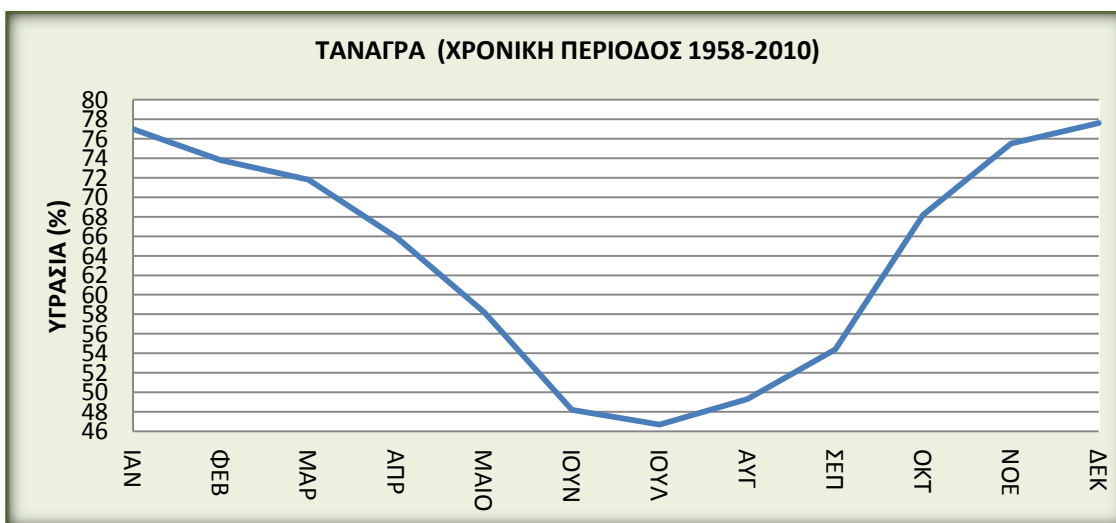
είναι 1 °C= 2 mm). Στην περιοχή μελέτης η ξηροθερμική περίοδος διαρκεί από τις αρχές Απριλίου έως τον Οκτώβριο.



ΣΧΗΜΑ 2.10: Ομβροθερμικό μηνιαίο διάγραμμα.

### γ. Υγρασία

Οι μήνες με τα μεγαλύτερα ποσοστά σχετικής υγρασίας είναι ο Ιανουάριος και ο Δεκέμβριος με τιμές αντίστοιχα 77 % και 77,6%. Ο μήνας με τα μικρότερα ποσοστά υγρασίας είναι ο Ιούλιος με σχετική υγρασία 46,7 %. Στο διάγραμμα που ακολουθεί δίνονται τα ετήσια επίπεδα σχετικής υγρασίας του αέρα και παρατηρείται ότι στη διάρκεια του έτους η πορεία της σχετικής υγρασίας παρουσιάζει απλή κύμανση.



ΣΧΗΜΑ 2.11: Διάγραμμα μηνιαίας διακύμανσης της σχετικής υγρασίας. Πηγή: Ε.Μ.Υ.

#### δ. Άνεμοι

Η ένταση των ανέμων είναι σχετικά μέτρια, αφού σε ποσοστό 95% κυμαίνεται μεταξύ 0-4 Β και με το ποσοστό άπνοιας να είναι 35,88%. Οι ισχυροί έως και πολύ ισχυροί άνεμοι έντασης 5-7 Β καλύπτουν ποσοστό μόνο 4,94% ενώ εξαιρετικά σπάνια συναντάμε ανέμους που ξεπερνούν τα 7 Β.

Στην περιοχή μελέτης επικρατούν Βόρειοι και ΒΔ άνεμοι σε ποσοστό 16,25% και 13,87% αντίστοιχα. Έπονται οι Δ άνεμοι με ποσοστό 11,2%, οι ΒΑ με 6,32%, οι ΝΔ με 4,95%, οι Α με 4,57%, οι Ν με 4,74% και οι ΝΑ με 2,21%.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3:** Ετήσια συχνότητα διεύθυνσης και έντασης ανέμου στο Μ.Σ.Τανάγρας. Πηγή: Ε.Μ.Υ.

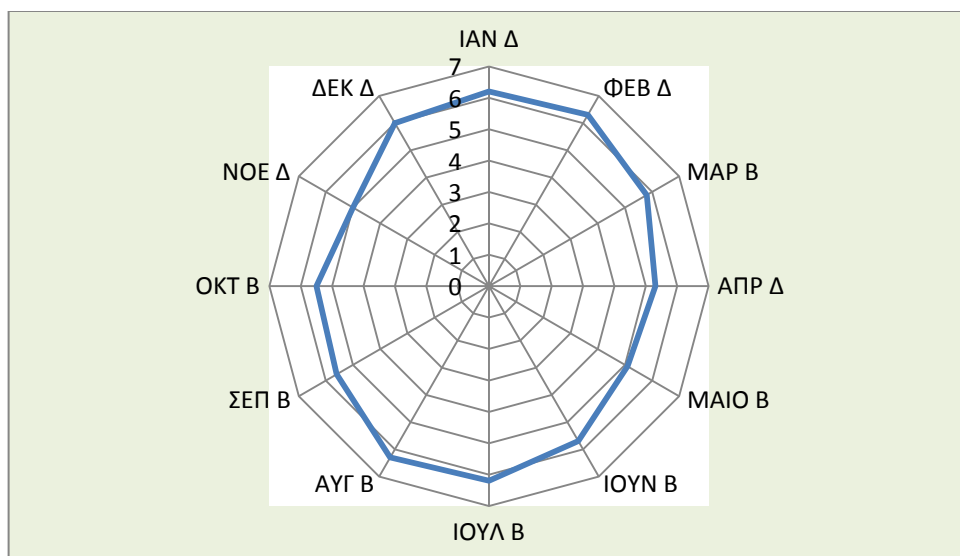
Ένταση ανέμου	Β	ΒΑ	Α	Α	Ν	Δ	Δ	ΒΔ	Νηνεμία	Σύνολο
<b>0</b>									35,879	35,879
<b>1</b>	0,252	0,120	0,197	0,077	0,077	0,055	0,449	0,340		1,567
<b>2</b>	3,023	1,807	1,851	0,690	0,843	0,898	4,162	4,491		17,765
<b>3</b>	5,422	2,903	1,796	0,745	1,413	1,380	4,042	5,246		22,947
<b>4</b>	5,794	1,391	0,646	0,504	1,654	1,829	1,939	3,067		16,824
<b>5</b>	1,413	0,088	0,055	0,120	0,537	0,591	0,427	0,581		3,812
<b>6</b>	0,296	0,011	0,011	0,055	0,164	0,153	0,131	0,110		0,931
<b>7</b>	0,044	0,000	0,011	0,011	0,044	0,033	0,033	0,022		0,198
<b>8</b>	0,011	0,000	0,000	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011		0,066
<b>9</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000		0,011
<b>10</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000
<b>11</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000
<b>Σύν</b>	16,255	6,320	4,567	2,213	4,743	4,950	11,205	13,868	35,879	100,0

Η ταχύτητα των ανέμων, σύμφωνα με τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού Τανάγρας παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.4 που ακολουθεί.

Οι επικρατέστεροι άνεμοι είναι οι Β. Η μέγιστη καταγεγραμμένη ταχύτητα των ανέμων που πνέουν στην περιοχή είναι των 6,3 Kt και αφορά ανέμους δυτικούς και βόρειους.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4:** Πίνακας που παρουσιάζεται η μέση μηνιαία διεύθυνση των ανέμων και η μέση μηνιαία έντασή τους. Πηγή : Ε.Μ.Υ.

ΜΗΝΑΣ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΕΜΩΝ	Δ	Δ	Β	Δ	Β	Β	Β	Β	Β	Β	Δ	Δ
ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΝΤΑΣΗ ΑΝΕΜΩΝ	6,2	6,3	5,8	5,3	5,1	5,7	6,2	6,3	5,6	5,5	5,0	6,0



**ΣΧΗΜΑ 2.12:** Ανεμόγραμμα με την μηνιαία επικράτηση των ανέμων.

## 2.8 ΧΛΩΡΙΔΑ-ΠΑΝΙΔΑ

### 2.8.1 Ζώνη βλάστησης

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης φυτοκοινωνικά υπάγεται, στις μεσο-μεσογειακές διαπλάσεις της αριάς *Quercion ilicis* με προδασική βλάστηση *Pistacio Rhamnion* με αείφυλλα σκληρόφυλλα (*Quercus coccifera*) και θερμόφιλα κωνοφόρα (δάση θερμόφιλα με χαλέπιο πεύκη). (Πυλαρινού 2007)

### 2.8.2 Βιοκλιματικά στοιχεία

Η περιοχή μελέτης (κατά Μαυρομάτη) περικλείεται στον ημίξηρο Βιοκλιματικό Όροφο με ήπιο χειμώνα, όπου η μέση ελάχιστη θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα κυμαίνεται μεταξύ 3° και 7° C (3° < m < 7°).

Σύμφωνα με την ίδια πηγή, η περιοχή κείται στα όρια του έντονου μεσο-μεσογειακού Βιοκλίματος με αριθμό ξηρών βιολογικά ημερών να κυμαίνεται μεταξύ 75 και 100 ( $75 < \chi < 100$ ), ενώ σε πιο παραλιακές θέσεις ο χαρακτήρας του βιοκλίματος γίνεται ασθενής θερμο-μεσογειακός, με αριθμό βιολογικά ξηρών ημερών μεταξύ 100 και 125 ( $100 < \chi < 125$ ). (Μπάκος 2009)

### 2.8.3 Οικοσυστήματα

Υπάρχουν δύο ειδών οικοσυστήματα στην περιοχή μελέτης, τα τελικά και τα σταθερά ή διαρκή οικοσυστήματα :

- **Τελικά οικοσυστήματα**

Υπόκεινται σε βιοκλιματικό καθορισμό και απαντούν στους περιβάλλοντες της περιοχής λόφους. Είτε βρίσκονται σε κατάσταση ισορροπίας η οποία προκύπτει από την εξέλιξη του εδάφους, της βλάστησης και της πανίδας κάτω από την επίδραση του κλίματος και περιλαμβάνουν δάση με χαλέπιο πεύκη και μακκία βλάστηση, είτε αποτελούνται από τις υποβαθμισμένες φυτοκοινωνίες των φρύγανων.

- **Σταθερά ή διαρκή οικοσυστήματα**

Υπόκεινται σε εδαφικό καθορισμό. Απαντώνται σε ακραία περιβάλλοντα (όπου ξεχωρίζει η σημασία ενός από τους περιβάλλοντες) και περιλαμβάνουν τις παρόχθιες συστάδες με ιτιά και πλατάνι και την ελοφυτική βλάστηση με καλαμιώνες.

Μεγάλο τμήμα της περιοχής μελέτης καταλαμβάνεται από αγροτικά οικοσυστήματα (καλλιέργειες γύρω από τον Ασωπό ποταμό), τα οποία κατά κύριο λόγο απαντώνται στις περιοχές γύρω από τα Οινόφυτα, το Συκάμινο και τον Ωρωπό. Υπάρχουν όμως και διάσπαρτες εκτάσεις καταλαμβανόμενες από δάση Χαλεπίου πεύκης, θαμνώνες αειφύλλων πλατύφυλλων και φυτοκοινωνίες φρύγανων, οι οποίες αυξάνονται στην περιοχή γύρω από τον Αυλώνα. Επίσης σημειώνεται παρουσία παρόχθιων συστάδων από ιτιές και πλατάνια και ελοφυτικής βλάστησης από καλαμιώνες. (Θέος 2008)

1. Τα παραπάνω υπολείμματα των φυσικών οικοσυστημάτων, ανάλογα με το στάδιο εξέλιξης στο οποίο βρίσκονται, διακρίνονται σε δυο κατηγορίες (Λοϊζίδου 1997) :

- Δάση Χαλεπίου Πεύκης, θαμνώνες αειφύλλων πλατύφυλλων, και υποβαθμισμένες φυτοκοινωνίες φρύγανων: πρόκειται για τελικά οικοσυστήματα, τα οποία βρίσκονται σε κατάσταση ισορροπίας, λόγω εξέλιξης του εδάφους, της βλάστησης και της πανίδας κάτω από την επίδραση του κλίματος.

- Παρόχθιες συστάδες και ελοφυτική βλάστηση: πρόκειται για σταθερά οικοσυστήματα, τα οποία απαντούν τοπικά, σε θέσεις όπου ξεχωρίζει ένας από τους παράγοντες του περιβάλλοντος.

#### 2.8.4 Περιοχές οικολογικού ενδιαφέροντος.

Στην υπό εξέταση περιοχή συναντάμε δύο περιοχές οικολογικού ενδιαφέροντος (Σχήμα 2.13)( [filotis.itia.ntua.gr](http://filotis.itia.ntua.gr)):

- **Ωροπόδες-εκβολές Ασωπού**

Ανατολικά των εκβολών του Ασωπού εκτείνεται η επιλέξιμη Περιοχή Κοινοτικού Ενδιαφέροντος (τύπου Β) στο δίκτυο Natura 2000, με κωδικό GR3000002. Πρόκειται για έναν υγρότοπο που χαρακτηρίζεται από την παρουσία των εκβολών του Ασωπού στο δυτικό του τμήμα καθώς και ένα σύνθετο σύστημα αμμωδών και λασπωδών εκτάσεων και από μια λιμνοθάλασσα στο ανατολικό του τμήμα. Το κεντρικό του τμήμα αποτελεί διάπλαση αλμυρού έλους το οποίο έχει κατακερματιστεί πρόσφατα από κτίρια και δρόμους. Ειδικότερα οι διαπλάσεις που χαρακτηρίζουν τον οικότοπο είναι: 1) Μικρές ελώδεις εκτάσεις με *Juncus* spp διάσπαρτες μεταξύ κτιρίων και δρόμων στο κεντρικό τμήμα του οικότοπου. Τα φυτικά είδη *Artiplex portulacoides*, *Sarcocornia perennis*, *Suaeda maritime*, *Salsola soda*, *Spergularia salina*, *Triglochin bulbosa* ssp. *barrelieri*, *Ruppia maritime*, *Juncus maritimus* και *Juncus subulatus* είναι σημαντικά για την δομή του υγρότοπου. 2) Αμμώδεις και λασπώσεις εκτάσεις στο ανατολικό τμήμα του οικότοπου που καλύπτονται εποχιακώς από την θάλασσα, σχηματίζοντας λιμνοθάλασσες και μεταβάλλοντας την τοπογραφία των θαλασσίων εισροών. 3) Υδρόφιλη βλάστηση όπως παραποτάμιες διαπλάσεις με *Vitex agnus-castus*, *Arundo donax* κ.ά., που καλύπτουν τις όχθες του Ασωπού σε απόσταση 100 m περίπου από την ακτή. Το πλησιέστερο στην ακτή μέρος των όχθων είναι γυμνό από βλάστηση.

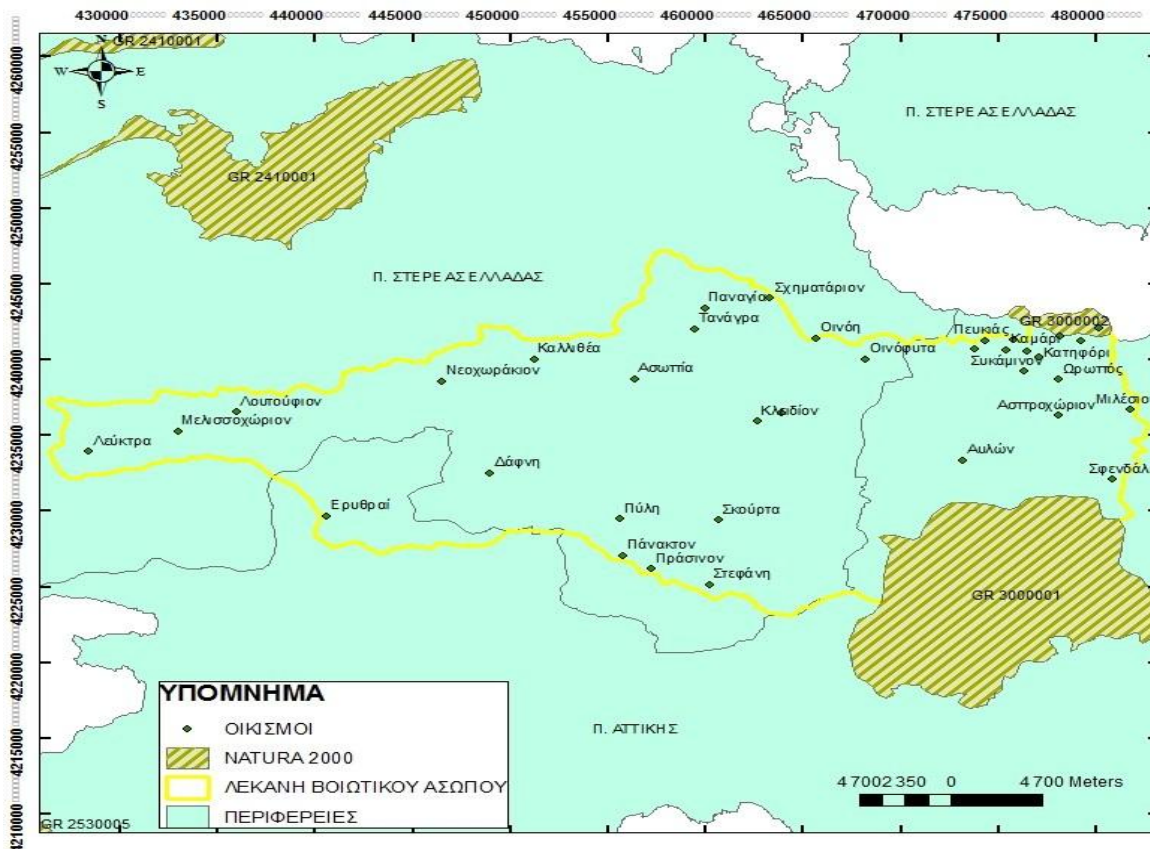
Η σπουδαιότητα του υγροτόπου έγκειται αφενός στο γεγονός ότι εξυπηρετεί τα μεταναστευτικά πουλιά ως ενδιάμεσος σταθμός ανάπαυσης, αφετέρου στο ότι ο πλέον χαρακτηριστικός του τύπος ενδιαιτήματος- οι εποχιακώς κατακλυζόμενες αμμώδεις και λασπώδεις εκτάσεις- είναι μοναδικός για την ανατολική κεντρική Ελλάδα.

- **Όρος Πάρνηθα**

Στο ΝΑ τμήμα του Ασωπού ποταμού εκτείνεται η Περιοχή Κοινοτικού Ενδιαφέροντος (τύπου Α) στο δίκτυο Natura 2000, με κωδικό GR3000001. Αποτελεί δασώδη έκταση που χαρακτηρίζεται κυρίως από δάση ενδημικής κεφαλληνιακής ελάτης *Abies cephalonica*, σε

σχετικά φτωχά και ξηρά εδάφη, από εύκρατα δάση κωνοφόρων (κυρίως *Pinus halepensis*), μακκία βλάστηση, ορεινά λιβάδια, βραχώδεις λόφους, πηγές και ρέματα. Στην περιοχή διακρίνονται δύο κύριες ζώνες βλάστησης: 1) η ζώνη της κεφαλληνιακής ελάτης (από τα 600-800 m και υψηλότερα), με δάση *Abies cephalonica*, διαπλάσεις *Quercus ilex* και παρουσία *Q. pubescense*, *Fraxinus ornus* καθώς και άλλων μεσογειακών θάμνων μεγάλου υψόμετρου και 2) η ζώνη της χαλεπίου πεύκης και των αείφυλλων σκληρόφυλλων θάμνων που βρίσκονται είτε αμιγή είτε αποτελούν υπόροφο στα πευκοδάση. Από το 1961 η περιοχή έχει κηρυχθεί Εθνικός Δρυμός. Ο πυρήνας του δρυμού με έκταση 3.800 ha περιλαμβάνει τα υψηλότερα σημεία του βουνού και βρίσκεται στο κέντρο της περιοχής.

Ο Εθνικός Δρυμός Πάρνηθας, με τη μεγάλη του βιοποικιλότητα, είναι πολύ ενδιαφέρουσα περιοχή, ικανή για την προστασία και τη διατήρηση της χλωρίδας και πανίδας της Ν Ελλάδας. Η χλωρίδα της Πάρνηθας είναι από τις πλουσιότερες στην Ελλάδα, καθώς έχουν καταγραφεί 818 είδη φυτών, ορισμένα από τα οποία είναι ενδημικά ή απειλούμενα με εξαφάνιση. Στην περιοχή βρίσκεται επίσης πλούσια πανίδα, πολλά είδη της οποίας προστατεύονται νομικά τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Είναι ενδεικτικό ότι η περιοχή είναι η μόνη στη νότια Ελλάδα όπου επιβιώνει το ελάφι *Cervus elaphus*.



ΣΧΗΜΑ 2.13: Περιοχές Natura 2000. (Πηγή : ΥΠΕΧΩΔΕ)



### 2.8.5 Χλωρίδα-Βλάστηση

Η χλωρίδα της περιοχής μελέτης μπορεί να χαρακτηριστεί από τις πλουσιότερες της Περιφέρειας Αττικής, γεγονός που οφείλεται στην ποικιλία του ανάγλυφου (εναλλαγές από πεδινές, λοφώδεις και ορεινές εκτάσεις). Παρόλα αυτά με τις πυρκαγιές των τελευταίων ετών, με την οικιστική και βιομηχανική ανάπτυξη και την εντατική καλλιέργεια, μεγάλο μέρος της χλωρίδας της περιοχής μελέτης έχει εξαφανιστεί ή υποβαθμιστεί.

Σε εναλλαγή με τις ετήσιες και μόνιμες καλλιέργειες που απαντούν σε μεγάλα ποσοστά στην περιοχή, παρατηρείται αυτοφυής βλάστηση η οποία αποτελείται από τις παρακάτω μονάδες (Λοϊζίδου 1997):

- **Δασική βλάστηση θερμοφύλλων κωνοφόρων με κυρίαρχο είδος την Χαλέπιο πεύκη (*Pinus halepensis*)**

Η Χαλέπιος πεύκη στην περιοχή μελέτης απαντά είτε σε πυκνές συστάδες (κυρίως στις περιβάλλουσες του Ασωπού λοφώδεις εξάρσεις), καλής δομής, είτε σε αραιότερες, φωτεινές συστάδες.

Ανάλογα με το βαθμό κάλυψης και το ύψος του δενδρώδους ορόφου των συστάδων της Χαλεπίου, ποικίλει και η πυκνότητα και χλωριδική ποικιλία του θαμνώδους και ημιθαμνώδους υπορόφου. Παρακάτω αναφέρονται τα είδη που συμμετέχουν στην χλωριδική σύνθεση των συστάδων της Χαλεπίου πεύκης.

**Στον ανώροφο κυριαρχούν τα δενδρώδη είδη:** *Pinus halepensis* (Χαλέπιος πεύκη) και *Cotynus coggygria* (Κότυνος)

**Στον υπόροφο κυριαρχούν τα θαμνώδη-ημιθαμνώδη είδη:** *Pistacia lentiscus* (Σχίνος), *Anthyllis hermanniae*, *Calycotome villosa*, *Cistus creticus* (Λαδανιά), *Cistus salviifolius* *Fumana thymifolia*, *Genista acanthoclada*, *Olea europaea ssp. Oleaster* (Αγριελιά), *Prasium majus*, *Quercus coccifera* (Πουρνάρι), *Ruscus aculeantus* (Ρούσκος), *Smilax áspera* και τα ποώδη είδη: *Lagoecia cuminooides*, *Ballota acetabulosa*, *Brachypodium ramosum*, *Hypericum empetrifolium*, *Hypparhenia hirta*, *Lagurus oratus*, *Ophrys sphegodes*, *Phagnalon rupestre*, *Teucrium diraricatum* και *Teucrium polium*.

- **Θαμνώνες σκληρόφυλλων αειφύλλων με κυρίαρχο είδος το πουρνάρι (*Quercus coccifera*) και φυτοκοινωνίες φρύγανων**

Οι εκτάσεις με σκληρόφυλλη αείφυλλη βλάστηση απαντούν σε περιορισμένες εκτάσεις, κυρίως σε έντονα διαβρωμένα εδάφη στην περιοχή μελέτης. Εμφανίζονται όμως και σε λοφώδεις περιοχές, μακριά από την κοίτη του Ασωπού, όπου και παρουσιάζουν πλουσιότερη χλωριδική σύνθεση και καλύτερη δομή. Τα είδη που απαρτίζουν αυτή τη

μονάδα βλάστησης είναι: *Quercus coccifera* (Πουρνάρι), *Stipa bromoides*, *Juniperus oxycedrus* (Κέδρος), *Lagurus oratus*, *Olea europaea ssp. Oleaster* (Αγριελιά), *Trifolium scabrum*, *Pistacia lentiscus* (Σχίνος), *Trifolium stellatum*, *Spartium junceum* (Σπάρτο), *Asparagus acutifolius*, *Cistus salviifolius* (Λαδανιά), *Phlomis fruticosa*, *Coridothymus capitatus* (Θυμάρι), *Oryzopsis miliacea*, *Genista acanthoclada* (Αφάνα), *Oryzopsis coerulescens*, *Calycotome villosa* (Ασπάλαθος), *Ballota acetabulosa*, *Reichardia picroides*, *Brachypodium ramosum*, *Dactylis glomerata*.

Έντονη είναι και η παρουσία των φρύγανων, οι κοινότητες των οποίων καταλαμβάνουν κυρίως βραχώδεις, με ελάχιστο έδαφος θέσεις, λοφωδών εκτάσεων, από συμπαγείς διαβρωμένους ασβεστόλιθους. Απαντούν κατά θέσεις ανάμεσα στους θαμνώνες σκληρόφυλλων αείφυλλων, ή ως αυτοτελείς μονάδες στις βραχώδεις θέσεις. Αποτελούν δε υποβάθμιση των φυτοκοινωνιών climax της χαλεπίου και των σκληρόφυλλων αείφυλλων. Κυριότερος εκπρόσωπος είναι το θυμάρι (*Corydothymus capitatus*) ενώ στην χλωριδική σύνθεση συμμετέχουν ακόμη τα είδη: *Coridothymus capitatus* (θυμάρι), *Trifolium campestre*, *Furmana thymifolia*, *Genista acanthoclada*, *Anthyllis hermanniae* (αλογοθύμαρο), *Phagnalon rupestre*, *Phlomis fruticosa* (ασφάκα), *Micromeria Juliana*, *Teucrium polium*, *Ballota acetabulosa*, *Calycotome villosa* (ασπάλαθος), *Psovallea bituminosa*, *Trifolium angustifolium*, *Urginea maritime*, *Trifolium stellatum*, *Festuca ovina*.

• **Παρυδάτια βλάστηση με καλάμια (*Phragmites australis*), ιτιές (*Salix spp*) και Πλάτανους (*Platanus orientalis*)**

Οι ελοφυτικές φυτοκοινωνίες απαντούν σε ορισμένες μόνο θέσεις του ποταμού, καταλαμβάνοντας μικρές επιφάνειες, με κυρίαρχο είδος το αγριοκάλαμο (*Phragmites australis*). Συχνή είναι επίσης και η παρουσία της Πικροδάφνης (*Nerium oleander*) και της Λυγαριάς (*Vitex agnus castus*). Τα κυριότερα είδη στη χλωριδική σύνθεση αυτών των φυτοκοινωνιών είναι: *Phragmites australis* (Αγριοκάλαμο), *Dracunculus vulgaris*, *Nerium oleander* (Πικροδάφνη), *Hedera helix*, *Vitex agnus castus* (Λυγαριά), *Galium aparine*, *Calystegia sepium*, *Equisetum arvense*, *Solanum dulcamara*, *Rumex aquaticus*, *Clematis flammula*, *Typha latifolia*, *Clematis vitalba*, *Scirpus lacustris tabaermontani*, *Oenanthe fistulosa*.

Το ίδιο και οι σχηματισμοί με Πλάτανους (*Platanus orientalis*) απαντούν σε περιορισμένες θέσεις, με αραιή συχνότητα και πυκνότητα, που μαζί με τις πικροδάφνες και το αγριοκάλαμο συγκροτούν μικρές παρόχθιες κοινότητες, μικρού πλάτους λόγω της επέκτασης των καλλιεργούμενων εκτάσεων μέσω εκχερσώσεων που γίνονται στην περιοχή.

- **Νιτροφίλη βλάστηση στις άκρες των δρόμων στις, άκρες της κοίτης του ποταμού**

Κατά μήκος της κοίτης των ρεμάτων και του Ασωπού παρατηρούνται φυτοκοινωνίες νιτρόφιλες και ζιζανίων που οφείλονται κυρίως στην ρύπανση από τα χρησιμοποιούμενα λιπάσματα. Επίσης, κατά μήκος των οδών αναπτύσσεται μια ζωνώδης, μικρού πλάτους, παρόμοια βλάστηση.

Στις παραπάνω **φυτοκοινωνίες** συμμετέχουν κυρίως τα είδη: *Anagallis arvensis*, *Capsella bursa-pastoris*, *Conyza bonariensis*, *Erodium cicutarium*, *Euphorbia helioscopia*, *Galium aparine*, *Geranium lucidum*, *Hordeum murinum*, *Malva sylvestris*, *Silybum marianum*, *Sisymbrium orientale*, *Tribulus terrestris* ενώ τα είδη που απαντώνται στα κράσπεδα κατά μήκος των οδών είναι: *Anthemis arvensis*, *Bromus madritensis*, *Capsella bursa-pastoris*, *Chondrilla juncea*, *Dipsacus fullonum*, *Echium italicum*, *Erodium cicutarium*, *Poa bulbosa*, *Sonchus oleraceus*, *Xeranthemum mapterum*.

#### **2.8.6 Πανίδα**

Η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει συμβάλλει στη δημιουργία ενός αγροτικού, κατά κύριο, λόγο οικοσυστήματος, στο οποίο παρεμβάλλονται τα υπολείμματα των φυσικών οικοσυστημάτων, δημιουργώντας έτσι ένα μωσαϊκό βιοτόπων. Ο κατακερματισμός της αυτοφυούς βλάστησης και η κυριαρχία των αγροτικών οικοσυστημάτων, έχει άμεση επίδραση στην πανίδα της περιοχής μελέτης, η οποία αποτελείται από απομονωμένους και ανομοιόμορφα εξαπλωμένους πληθυσμούς, με μέτρια ποικιλότητα και αφθονία. Παρόλα αυτά οι πληθυσμοί αυτοί, κρίνονται ιδιαίτερα σημαντικοί για την περιοχή.

Στις φυτοκοινωνίες της αείφυλλης σκληρόφυλλης βλάστησης, φρύγανων, δάση χαλεπίου πεύκης, καλαμιώνων και στα υπολείμματα παρόχθιας βλάστησης στη σύνθεση της **ερπετοπανίδας** συμμετέχουν τα ακόλουθα είδη (Λοϊζίδου 1997): *Ablepharus kitaibelii kitaibelii* (νανόσκιγκος), *Chalcides ocellatus ocellatus* (λιακόνι, βουτράκι), *Coluber caspius*, *Coluber gemonensis* (δενδρογαλιά), *Coluber najadum dahlia* (σαίτα), *Coronella austriaca* (ασινόφιδο), *Cyrtodactylous kotschy bibroni* (σαμιαμίδι), *Elaphe longissima longissima* (γιατρόφιδο), *Elaphe quatrolineata* (λαφίτης), *Elaphe situla* (σπιτόφιδο), *Emys orbicularis* (βαλτοχελώνα), *Eryx jaculus* (λουρίτης), *Hermidactylus turcicus turcicus* (μολοντήρι), *Lacerta trilineata trilineata* (πρασινουστέρα), *Malpolon monspessulanus insignitus* (σαπίτης), *Natrix natrix persa* (νερόφιδο), *Natrix tessellata tessellata*, *Ophisaurus apodus thracicus* (τωφλίτης), *Podarcis erhardii liradhiace* (σκουσκούρα, σιλιβούτι), *Podarcis muralis albanica* (τοιχόσαυρα), *Podarcis taurica* (βαλκανόσαυρα), *Telescopus fallax* (αγιόφιδο),

*Testudo hermanni* (μεσογειακή χελώνα), *Testudo marginata* (κρασπεδοχελώνα), *Typhlops vermicularis*, *Vipera ammodytes meridionalis* (οχιά).

Σημαντικό είδος στην πανίδα των καλαμιώνων είναι τα **αμφίβια**. Κύριο είδος είναι ο νεροβάτραχος *Rana ridibunda* καθώς και ο πρασινόφρυνος *Bufo viridis*.

Τα κύρια είδη των **θηλαστικών** που υπάρχουν στην περιοχή μελέτης είναι : *Apodemus sylvaticus* (κρικοποντικός), *Crocidura suaveolens* (κηπομυγαλίδα), *Erinaceus concolor* (σκαντζόχοιρος), *Meles meles* (ασβός), *Mus musculus* (σταχοποντικός), *Mustella nivalis* (νυφίτσα), *Neomys anomalus* (βαλτομυγαλίδα), *Pipistrellus kuhli kuhli* (νυχτερίδα), *Vulpes vulpes* (αλεπού), *Martes foina* (κουνάβι).

Όσον αφορά στην **ορνιθοπανίδα** της περιοχής, τα μόνα στοιχεία που υπάρχουν αναφέρονται στον υγρότοπο των εκβολών του Ασωπού, ο οποίος παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον για τα μεταναστευτικά πουλιά, ενώ είναι σημαντικός για την αναπαραγωγή ορισμένων ειδών. Μεταξύ αυτών ο Καλαμοκανάς (*Himantopus himantopus*) – είδος απειλούμενο σε πανευρωπαϊκό επίπεδο -σχηματίζει την μοναδική ίσως τακτική αποικία του στην Αττική. Στην ίδια κατηγορία (Παράρτημα I της Οδηγίας 79/409/ΕΟΚ) ανήκει και η Μικρογαλιάντρα (*Calandrella brachydactyla*) που επίσης αναπαράγεται στην περιοχή. Επίσης, έχει παρατηρηθεί η μεγαλύτερη πυκνότητα στην Αττική των Θαλασσοσφυριχτών (*Charadrius alexandrinus*). Κατά τη μετανάστευση ιδιαίτερα αξιόλογοι είναι οι αριθμοί ορισμένων ειδών, όπως ο Μαχητής (*Philomachus pugnax*) και η παρουσία απειλούμενων ειδών όπως η Χαλκόκοτα (*Plegadis falcinellus*).

Από τα **ψάρια** του γλυκού νερού, ο κέφαλος (*Leusiscus cephalus*) είναι το μόνο αυτόχθονο είδος ενώ με κυπρίνους (*Cyprinus carpio*) και πέστροφες έχουν εμπλουτιστεί τμήματα του ποταμού.

Στην περιοχή έχουν καταγραφεί 140 περίπου διαφορετικά **είδη πουλιών**. Τριάντα ένα από αυτά περιλαμβάνονται στο Παράρτημα I της Οδηγίας 79/409/ΕΟΚ (είδη για τα οποία προβλέπονται μέτρα ειδικής διατήρησης που αφορούν στον οικότοπο τους για να εξασφαλιστεί η επιβίωση και η αναπαραγωγή των ειδών αυτών στη ζώνη εξάπλωσης τους). Τα είδη αυτά είναι (Πυλαρινού 2007) :

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5 :** Είδη πουλιών του παραρτήματος 1 της Κοινοτικής Οδηγίας 79/409 στον υγρότοπο των εκβολών του Ασωπού Ποταμού. Πηγή: Ψυλαρινού 2007

	<b>Επιστημονικό όνομα</b>	<b>Κοινό όνομα</b>		<b>Επιστημονικό όνομα</b>	<b>Κοινό όνομα</b>
1.	<i>Phalacrocorax carbo</i>	Κορμοράνος	17.	<i>Glareola pratincola</i>	Νεροχελίδο
2.	<i>Ardea purpurea</i>	Πορφυροτσικνιάς	18.	<i>Larus melanocephalus</i>	Μελανοκέφαλος
3.	<i>Egretta alba</i>	Αργυροτσικνιάς	19.	<i>Chlidonias niger</i>	Μαυρογλάρο
4.	<i>Egretta garzetta</i>	Λευκοτσικνιάς	20.	<i>Chlidonias hybridus</i>	Μουστακογλάρο
5.	<i>Ardeola ralloides</i>	Κρυπτοτσικνιάς	21.	<i>Gelochelidon nilotica</i>	Γελογλάρο
6.	<i>Plegadis falcinellus</i>	Χαλκόκοτα	22.	<i>Sterna caspia</i>	Καρατζάς
7.	<i>Falco peregrinus</i>	Πετρίτης	23.	<i>Sterna hirundo</i>	Ποταμογλάρο
8.	<i>Circus aeruginosus</i>	Καλαμόκιρκος	24.	<i>Sterna albifrons</i>	Νανογλάρο
9.	<i>Circus cyaneus</i>	Βαλτόκιρκος	25.	<i>Sterna sandicensis</i>	Χειμωνογλάρο
10.	<i>Pluvialis apricaria</i>	Βροχοπούλι	26.	<i>Alcedo atthis</i>	Αλκυόνη
11.	<i>Arenaria interpres</i>	Χαλικοκυλιστής	27.	<i>Caladrella brachydactyla</i>	Μικρογαλιάνδρα
12.	<i>Tringa glareola</i>	Λασπότρυγγας	28.	<i>Lullula arborea</i>	Δενδροσταρήθρα
13.	<i>Philomachus pugnax</i>	Ψευτομαχητής	29.	<i>Anthus campestris</i>	Χαμοκελάδα
14.	<i>Recurvirostra avocetta</i>	Αβοκέτα	30.	<i>Lanius collurio</i>	Αετομάχος
15.	<i>Himantopus himantopus</i>	Καλαμοκανάς	31.	<i>Lanius minor</i>	Γαιδουροκεφαλός
16.	<i>Burhinus oedicephalus</i>	Πετροτριλίδα			

## 2.9 ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

### 2.9.1 Διοικητική υπαγωγή

Ο Ασωπός ποταμός διαρρέει τις Περιφερειακές Ενότητες Βοιωτίας , Ανατολικής Αττικής και Δυτικής Αττικής που ανήκουν διοικητικά στις Περιφέρειες Στερεάς Ελλάδας και Αττικής αντίστοιχα.

Οι Δημοτικές και Τοπικές Κοινότητες ,βάσει του Προγράμματος «Καλλικράτης», που περιέχονται στην λεκάνη απορροής του Βοιωτικού Ασωπού παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.6 που ακολουθεί.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6:** Δημοτικές ή τοπικές κοινότητες της περιοχής μελέτης. Πηγή Ε.Σ.Υ.Ε

ΔΗΜΟΤΙΚΗ Ή ΤΟΠΙΚΗ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ	ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΔΗΜΟΣ	ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ
Τ.Κ. ΔΑΦΝΗΣ	ΔΕΡΒΕΝΟΧΩΡΙΑ	ΤΑΝΑΓΡΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ
Τ.Κ. ΠΥΛΗΣ (ΠΑΝΑΚΤΟΣ& ΠΡΑΣΙΝΟ)	ΔΕΡΒΕΝΟΧΩΡΙΑ	ΤΑΝΑΓΡΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ
Τ.Κ. ΣΚΟΥΡΤΩΝ	ΔΕΡΒΕΝΟΧΩΡΙΑ	ΤΑΝΑΓΡΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ
Τ.Κ. ΣΤΕΦΑΝΗΣ	ΔΕΡΒΕΝΟΧΩΡΙΑ	ΤΑΝΑΓΡΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ
Δ.Κ ΟΙΝΟΦΥΤΩΝ	ΟΙΝΟΦΥΤΑ	ΤΑΝΑΓΡΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ
Τ.Κ. ΑΓΙΟΥ ΘΩΜΑ	ΟΙΝΟΦΥΤΑ	ΤΑΝΑΓΡΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ
Τ.Κ. ΚΛΕΙΔΙΟΥ	ΟΙΝΟΦΥΤΑ	ΤΑΝΑΓΡΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ
Δ.Κ ΣΧΗΜΑΤΑΡΙΟΥ (ΟΙΝΟΗ)	ΣΧΗΜΑΤΑΡΙ	ΤΑΝΑΓΡΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ
Τ.Κ. ΑΣΩΠΙΑΣ	ΤΑΝΑΓΡΑ	ΤΑΝΑΓΡΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ
Τ.Κ. ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ	ΤΑΝΑΓΡΑ	ΤΑΝΑΓΡΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ
Τ.Κ. ΤΑΝΑΓΡΑΣ	ΤΑΝΑΓΡΑ	ΤΑΝΑΓΡΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ
Τ.Κ ΛΕΥΚΤΡΩΝ	ΠΛΑΤΑΙΕΣ	ΘΗΒΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ
Τ.Κ. ΛΟΥΤΟΥΦΙΟΥ	ΠΛΑΤΑΙΕΣ	ΘΗΒΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ
Τ.Κ. ΜΕΛΙΣΣΟΧΩΡΙΟΥ	ΠΛΑΤΑΙΕΣ	ΘΗΒΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ
Τ.Κ. ΝΕΟΧΩΡΑΚΙΟΥ	ΘΗΒΑ	ΘΗΒΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ
Τ.Κ.ΑΥΛΩΝΑ	ΑΥΛΩΝΑΣ	ΩΡΟΠΟΥ	ΑΝ. ΑΤΤΙΚΗ
ΟΙΚΙΣΜΟΙ ΜΙΛΕΣΙΟ-ΣΦΕΝΔΑΛΗ	ΜΑΛΑΚΑΣΑ	ΩΡΟΠΟΥ	ΑΝ. ΑΤΤΙΚΗ
Τ.Κ. ΣΚΑΛΑΣ ΩΡΟΠΟΥ (ΧΑΛΚΟΥΤΣΙ)	ΣΚΑΛΑ ΩΡΟΠΟΥ	ΩΡΟΠΟΥ	ΑΝ. ΑΤΤΙΚΗ
Τ.Κ ΣΥΚΑΜΙΝΟΥ (ΚΑΤΗΦΟΡΙ,ΚΑΜΑΡΙ,ΠΕΥΚΙΑΣ)	ΣΥΚΑΜΙΝΟΣ	ΩΡΟΠΟΥ	ΑΝ. ΑΤΤΙΚΗ
Τ.Κ. ΩΡΟΠΟΥ (ΚΑΜΠΟΣ ΩΡΟΠΟΥ)	ΩΡΟΠΟΣ	ΩΡΟΠΟΥ	ΑΝ. ΑΤΤΙΚΗ
Δ.Κ. ΕΡΥΘΡΩΝ	ΕΡΥΘΡΕΣ	ΜΑΝΔΡΑΣ-ΕΙΔΥΛΛΙΑΣ	ΔΥΤ. ΑΤΤΙΚΗ

### **2.9.2 Πληθυσμιακή εξέλιξη της περιοχής μελέτης**

Ο πληθυσμός της προαναφερθείσας περιοχής ανά οικισμό για τα έτη 1961-2001 τίθεται στον Πίνακα 2.7.

Κατά τη δεκαετία 1961-1971 παρατηρείται μικρή αύξηση (4,32 %) του πληθυσμού σε αντίθεση με τις δύο επόμενες δεκαετίες όπου παρατηρούνται αλματώδεις αυξήσεις και πιο συγκεκριμένα τη δεκαετία 1971-1981 παρατηρείται αύξηση 27,87% ενώ στην επόμενη δεκαετία αύξηση 27,28%. Όμως, κατά τη τελευταία δεκαετία 1991-2001, παρατηρείται μείωση του πληθυσμού και μείωση αυτή είναι της τάξης των 4,95%.

Λαμβάνοντας υπόψη την πληθυσμιακή αύξηση καθώς και τις εν γένει αναπτυξιακές δυνατότητες της ευρύτερης περιοχής μελέτης (βιομηχανικές και βιοτεχνικές μονάδες στο Σχηματάρι και στα Οινόφυτα) σε συνδυασμό και με τη συνεχή δόμηση και τις εντάξεις νέων περιοχών στο σχέδιο, διαπιστώνεται ότι η οικιστική φυσιογνωμία της περιοχής είναι δυναμική.

Ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο, όσον αφορά στα πληθυσμιακά στοιχεία, είναι η παρατηρούμενη τάση μετακίνησης του πληθυσμού και η μόνιμη μετεγκατάσταση του στους μικρούς οικισμούς της περιοχής που οφείλεται -κατά ένα μεγάλο ποσοστό- στην εξεύρεση εργασίας στην αναπτυσσόμενη βιομηχανικά περιοχή Οινοφύτων-Σχηματαρίου.

Γενικά οι οικισμοί της περιοχής μελέτης είναι αγροτικοί. Η Δημοτική Κοινότητα Σχηματαρίου και η Δημοτική Κοινότητα Οινοφύτων είναι τα μόνα ημιαστικά κέντρα της περιοχής μελέτης με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις υπηρεσιών κοινωνικής υποδομής.

### **2.9.3 Υποδομές**

#### **Οικιστικό δίκτυο**

Οι μεγαλύτεροι οικισμοί της περιοχής είναι οι Δήμοι Αυλώνα και Οινοφύτων, οι οποίοι χαρακτηρίζουν την οικιστική της δομή και αποτελούν τα βασικά αστικά της κέντρα.

Ο Δήμος Οινοφύτων έχει εγκεκριμένο ΓΠΣ (ΦΕΚ 63/Δ/6.2.1989) καθώς και ο Δήμος Αυλώνα (ΦΕΚ 574Δ/88), ενώ για τους υπόλοιπους οικισμούς δεν έχει εκπονηθεί Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο.

Η ανάπτυξη της πόλης των Οινοφύτων γίνεται κατά μήκος της Εθνικής Οδού Αθηνών-Λαμίας.

Η πολεοδομική συνοχή του οικισμού της Αυλώνας διασπάται σε δύο πολεοδομικές ενότητες από τη σιδηροδρομική γραμμή Αθήνας-Θεσσαλονίκης, ενώ το παραδοσιακό τμήμα του (προς νότο) με τα στενά δρομάκια και τα λιθόκτιστα σπίτια με τις κεραμοσκεπές, έχει αισθητά αλλοιωθεί από τις σύγχρονες κατασκευές. Επίσης, φαινόμενα όπως η αυθαίρετη

δόμηση στα νοτιοανατολικά και βόρεια τμήματα του οικισμού είναι δείγματα του οικιστικού οργανισμού της ευρύτερης περιοχής. Το ανατολικό τμήμα του είναι σχετικά καινούργιο ενώ ως σημαντική καταγράφεται η έλλειψη υπηρεσιών κοινωνικής υποδομής με βασική τη συγκέντρωση της εκπαίδευσης στον οικισμό του Αυλώνα. Στην ευρύτερη περιοχή του οικισμού υπάρχει μια έκταση 4200 m<sup>2</sup> με στρατιωτικά οικήματα Αξιωματικών.(Θέος 2008)



**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**

- ◆ ΟΙΚΙΣΜΟΙ
- ▭ ΛΕΚΑΝΗ ΒΟΙΩΤΙΚΟΥ ΑΣΩΠΟΥ
- ▭ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΕΣ
- ▭ ΟΡΙΑ ΔΗΜΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ "ΚΑΛΙΚΡΑΤΗΣ"

**ΣΧΗΜΑ 2.14:** Χάρτης με την διοικητική υπαγωγή των διαφόρων περιοχών της λεκάνης απορροής του Βοιωτικού Ασωπού ποταμού. Πηγή: Ο.Κ.Χ.Ε



**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.7 :** Πληθυσμιακή εξέλιξη της περιοχής μελέτης. Στον πίνακα παρουσιάζονται οι εκατοστιαίες μεταβολές του πληθυσμού. Πηγή: ΕΣΥΕ

ΔΗΜΟΤΙΚΗ Ή ΤΟΠΙΚΗ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ 1961	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ 1971	ΜΕΤΑΒΟΛΗ (%) 1961- 1971	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ 1981	ΜΕΤΑΒΟΛΗ (%) 1971- 1981	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ 1991	ΜΕΤΑΒΟΛΗ (%) 1981- 1991	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ 2001	ΜΕΤΑΒΟΛΗ (%) 1991- 2001
Τ.Κ. ΔΑΦΝΗΣ	221	295	33,4	288	-2,3	233	-19,1	139	3,3
Τ.Κ. ΠΥΛΗΣ	741	686	-7,4	957	39,5	1195	24,8	812	-32
Τ.Κ. ΣΚΟΥΡΤΩΝ	633	693	9,5	766	10,5	816	6,5	907	11,1
Τ.Κ. ΣΤΕΦΑΝΗΣ	213	404	89	230	-43,1	453	97	261	-42,4
Δ.Κ ΟΙΝΟΦΥΤΩΝ	915	523	-42,8	2535	384,7	7051	178,1	6079	13,8
Τ.Κ. ΑΓΙΟΥ ΘΩΜΑ	1183	1222	3,2	1398	14,4	1628	16,4	1425	-12,5
Τ.Κ. ΚΛΕΙΔΙΟΥ	377	382	1,3	374	-2,1	412	10,1	365	-11,4
Δ.Κ ΣΧΗΜΑΤΑΡΙΟΥ	1848	1389	-24,8	3287	136,6	7302	122,1	7092	-2,8
Τ.Κ. ΑΣΩΠΙΑΣ	1054	1094	3,8	1087	-0,6	1038	-4,5	1192	14,8
Τ.Κ. ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ	580	623	7,4	576	-7,5	865	50,1	682	-26,8
Τ.Κ. ΤΑΝΑΓΡΑΣ	1305	1985	52,1	1097	-44,7	1085	-1,1	1121	3,3
Τ.Κ. ΛΕΥΚΤΡΩΝ	1137	1225	7,7	1159	-5,3	1447	24,8	936	-35,3
Τ.Κ. ΛΟΥΤΟΥΦΙΟΥ	295	347	17,6	304	-12,4	398	30,9	307	-22,8
Τ.Κ. ΜΕΛΙΣΣΟΧΩΡΙ	633	751	18,6	731	-2,6	800	9,4	594	-25,7
Τ.Κ. ΝΕΟΧΩΡΑΚΙΟΥ	509	550	8	594	8	695	17	521	-25
Τ.Κ. ΑΥΛΩΝΑ	2608	2681	2,8	5215	94,5	6441	23,5	5085	-21
Τ.Κ. ΣΚΑΛΑΣ ΩΡΟΠΟΥ	909	1055	16,1	2693	155,3	1295	16,7	3672	183
Τ.Κ ΣΥΚΑΜΙΝΟΥ	501	464	-7,3	589	26,9	1045	77,4	1299	24,3
Τ.Κ. ΩΡΟΠΟΥ	423	434	2,6	672	54,8	924	37,5	1224	32,4
Δ.Κ. ΕΡΥΘΡΩΝ	3308	3466	4,7	3550	2,4	3519	-0,8	3105	-11,7
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>19393</b>	<b>20269</b>	<b>4,32</b>	<b>28102</b>	<b>27,87</b>	<b>38642</b>	<b>27,28</b>	<b>36818</b>	<b>-4,95</b>

### **Θεσμικό καθεστώς**

Για το δήμο του Αυλώνα υπάρχει πολεοδομική μελέτη η οποία περιέχει "την οριστικοποίηση των ορίων της προς πολεοδόμηση ζωνών του ΓΠΣ". Γενικότερα, οι ρυθμίσεις που υπάρχουν είναι οι ακόλουθες :

1. Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης έχει καθοριστεί ζώνη οικιστικού ελέγχου κατωτάτου ορίου κατάτμησης και λοιπών όρων και περιορισμών δόμησης στην εκτός του εγκεκριμένου ρυμοτομικού σχεδίου και εκτός ορίων οικισμών προ του 1923 περιοχή των Δ. Σχηματαρίου και Οινοφύτων (ΦΕΚ686/Δ/27.9.1989).
2. Εγκεκριμένη πολεοδομική μελέτη της περιοχής β'κατοικίας "Χαλκούτσι" της Κ. Σκάλας Ωρωπού (ΦΕΚ 555/Δ/2.8.1988).
3. Έχουν καθοριστεί εντός της ΖΟΕ Αττικής περιοχές για β'κατοικία (ΦΕΚ 456/Δ/24.9.1985).

Ο καθορισμός ΖΟΕ διαφόρων χρήσεων για την ευρύτερη περιοχή των οικισμών Οινοφύτων-Σχηματαρίου-Τανάγρας δεν έχει ακόμη εγκριθεί, εξαιτίας των συνεχών τροποποιήσεων. Οι ΖΟΕ περιλαμβάνουν τις εξής χρήσεις :

- βιομηχανικές εγκαταστάσεις
- μη οχλούσες βιομηχανίες και βιοτεχνίες ο υπηρεσίες
- γεωργική γη, όπου ανάλογα επιτρέπεται ή όχι η επέκταση και ο εκσυγχρονισμός των υφιστάμενων επιχειρήσεων
- δάση (ζώνες απόλυτης προστασίας)
- κοινοτικά άλση.

### **Δίκτυα υποδομής**

#### **Οδικό δίκτυο**

Ο κύριος οδικός άξονας είναι η Εθνική Οδός Αθηνών-Λαμίας με δευτερεύοντες οδικούς άξονες, που επίσης εξυπηρετούν την περιοχή μελέτης, τους ακόλουθους :

- Μαλακάσα-Αυλώνα-Συκάμινο-Χαλκούτσι και
- Χαλκούτσι-Σκάλα Ωρωπού.

#### **Σιδηροδρομικό δίκτυο**

Τμήμα της Σ.Γ. Αθηνών-Θεσσαλονίκης διασχίζει τη λεκάνη του Ασωπού ποταμού και συνδέει τους οικισμούς Αυλώνα-Οινόφυτα και Σχηματάρι με την Αθήνα και τη Θήβα.

### **Τεχνική υποδομή**

#### ***Δίκτυο ύδρευσης***

Η υδροδότηση του Αυλώνα γίνεται από γεωτρήσεις μέσω δικτύου, όπως επίσης και του Ωρωπού και του Χαλκουτσίου. Στο Συκάμινο το νερό προέρχεται από γεωτρήσεις ενώ στα Οινόφυτα υπάρχουν τρεις γεωτρήσεις που τροφοδοτούν κεντρική δεξαμενή και η διανομή γίνεται μέσω δικτύου. Το νερό προέρχεται κυρίως από γεωτρήσεις, πηγάδια και πηγές και γενικά καλύπτει τις ανάγκες της περιοχής.

#### ***Αποχέτευση όμβριων***

Ο μόνος οικισμός της περιοχής μελέτης που διαθέτει δίκτυο για τη συλλογή των όμβριων είναι ο Δήμος του Αυλώνα.

#### ***Αποχέτευση αστικών λυμάτων***

Γίνεται κυρίως σε απορροφητικούς βόθρους που αδειάζουν με σχετική συχνότητα και των οποίων το περιεχόμενο διατίθεται ανεξέλεγκτα σε επιφανειακούς αποδέκτες και σε γειτονικά ρέματα.

Η κατάσταση αυτή αποτελεί ένα σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα μιας και δεν υπάρχει οργανωμένος τρόπος συλλογής και επεξεργασίας των βοθρολυμάτων.

### **Τεχνικό έργο ειδικής φύσης ευρύτερης περιοχής μελέτης**

- Βιολογικός Ερυθρών : Δεν έχει γίνει ακόμη η σύνδεση με το δίκτυο αποχέτευσης.
- Βιολογικός Οινοφύτων-Σχηματαρίου : Η εγκατάσταση αρχικά θα λειτουργήσει με βοθρολύματα της ευρύτερης περιοχής Οινοφύτων-Σχηματαρίου και της παραλίας Δήλεσι. Βρίσκεται υπό κατασκευή αν και το έργο έχει δημοπρατηθεί από το 1993.

## **2.10 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ**

Η κατανομή των χρήσεων γης στις βασικές κατηγορίες στο σύνολο της λεκάνης του ποταμού Ασωπού ανά κοινότητα/δήμο σύμφωνα με τα στοιχεία που προέκυψαν από την Ελληνική Στατιστική αρχή για το έτος 2005 δίνεται στους Πίνακες 2.8, 2.9 και 2.10.

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι η μεγαλύτερη από την μισή έκταση της λεκάνης καλύπτεται από γεωργική γη (56%), ένα σημαντικό ποσοστό (42%) από δάση και ημιφυσικές εκτάσεις ενώ οι αστικές περιοχές αποτελούν μόλις το 2% της συνολικής έκτασης.

Η βιομηχανική δραστηριότητα εντοπίζεται στους πρώην δήμους Οινοφύτων και Αυλώνα, δηλαδή στην λεκάνη του μέσου ρου του ποταμού Ασωπού. Στα ανάντη του ποταμού κύρια χρήση γης αποτελεί η γεωργία. Εκτεταμένο συγκοινωνιακό δίκτυο εντοπίζεται στους πρώην δήμους Σχηματαρίου, Τανάγρας και Οινοφύτων γεγονός που σχετίζεται άμεσα και με την βιομηχανική ανάπτυξη της περιοχής.

## **2.11 ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

### **2.11.1 Παραγωγικοί τομείς**

#### **Πρωτογενής τομέας**

Οι δραστηριότητες του πρωτογενή τομέα στην περιοχή μελέτης παρουσιάζουν σημαντικές προοπτικές εξέλιξης. Τα συγκριτικά πλεονεκτήματα της περιοχής μελέτης εντοπίζονται στις πολύ ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες και στη θέση της. Οι ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες συντελούν ώστε η διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου να είναι μεγάλη και η δυνατότητα πρώιμων και αποδοτικότερων καλλιεργειών υψηλή. Επιπλέον, η γειτνίαση της περιοχής με την Αθήνα που αποτελεί το σημαντικότερο κέντρο υποδοχής και διάθεσης των αγροτικών προϊόντων συντελεί στη μείωση του κόστους μεταφοράς, στην ελαχιστοποίηση του κινδύνου καταστροφής των προϊόντων και παράλληλα επιτυγχάνονται καλύτερες τιμές διάθεσης. (Μπάκος 2009)

- **Γεωργία**

Βασική παρατήρηση για την γεωργία της περιοχής μελέτης είναι η μείωση της καλλιεργούμενης γεωργικής γης και η έντονη οικοπεδοποίηση της λόγω της χωροθέτησης βιομηχανικών εγκαταστάσεων. (Πυλαρινού 2007)

- **Κτηνοτροφία**

Κτηνοτροφία υπάρχει στους ορεινούς δασικούς βοσκότοπους καθώς και στις πεδινές περιοχές που δεν καλλιεργούνται. Οι μονάδες εντατικής κτηνοτροφίας είναι υπερτοπικής κλίμακας και εξυπηρετούν κυρίως το μεγαλύτερο κέντρο της χώρας, την Αθήνα. (Θέος 2008)

- **Αλιεία**

Η θαλάσσια αλιεία στην περιοχή μελέτης δεν είναι ιδιαίτερα αναπτυγμένη και εξυπηρετεί κυρίως την τοπική αγορά και διενεργείται στην Κοινότητα Σκάλας Ωρωπού.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.8 : Οι γεωργικές εκτάσεις ανά δήμο/ κοινότητα (χιλ. στρέμματα). Πηγή : Ε.Σ.Υ.Ε.

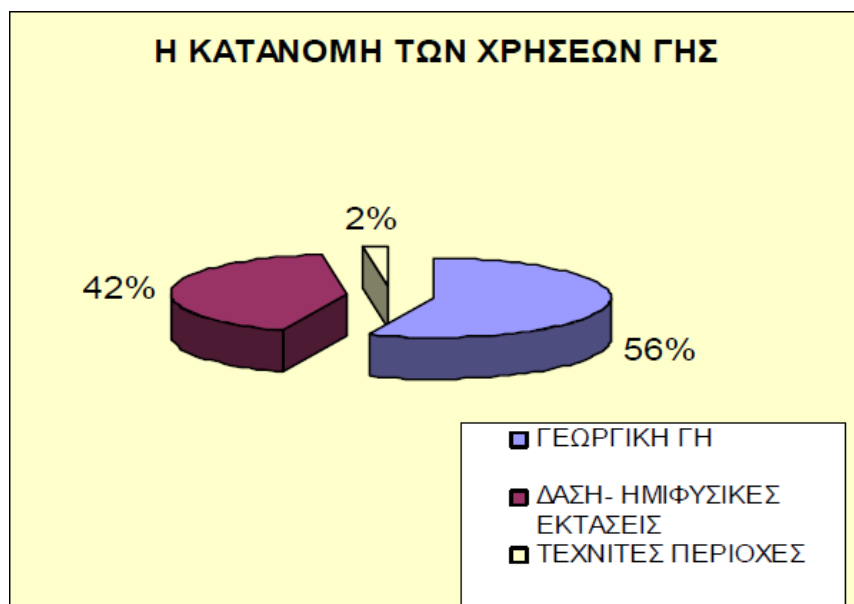
ΔΗΜΟΙ - ΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ	ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ					
	Αρόσιμη γη	Μόνιμες καλλιέργειες	Βοσκότοποι - Μεταβατικές δασώδεις / θαμνώδεις εκτάσεις	Βοσκότοποι - Συνδυασμοί θαμνώδους και / ή ποώδους βλάστησης	Βοσκότοποι – Εκτάσεις με αραυή ή καθόλου βλάστηση	Ετερογενείς γεωργικές περιοχές
Δ.ΔΕΡΒΕΝΟΧΩΡΙΩΝ	21,6	3,7	0,0	14,5	0,3	33,0
Δ.ΠΛΑΤΑΙΩΝ	60,5	6,8	0,3	4,8	0,3	22,8
Δ.ΟΙΝΟΦΥΤΩΝ	23,5	8,7	0,0	4,2	0,0	25,6
Δ.ΣΧΗΜΑΤΑΡΙΟΥ	9,5	2,2	0,0	0,0	0,0	15,8
Κ.ΣΥΚΑΜΙΝΟΥ	1,1	7,4	0,0	0,0	0,0	5,5
Κ.ΩΡΩΠΟΥ	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	4,6
Δ.ΑΥΛΩΝΟΣ	4,8	6,6	0,0	1,6	1,7	34,3
Δ.ΕΡΥΘΡΩΝ	28,9	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Δ.ΤΑΝΑΓΡΑΣ	76,1	7,9	0,0	3,9	0,2	9,5
Δ.Δ. ΝΕΟΧΩΡΑΚΙΟΥ	14,7	0,06	0,0	0,0	0,0	0,0

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.9 : Οι δασώδεις- ημιφυσικές εκτάσεις ανά δήμο/ κοινότητα (χιλ. στρέμματα) Πηγή :Ε.Σ.Υ.Ε.

ΔΗΜΟΙ - ΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ	ΔΑΣΗ ΗΜΙ-ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ			
	Δάση	Μεταβατικές δασώδεις-θαμνώδεις εκτάσεις	Συνδυασμοί θαμνώδους και / ή ποώδους βλάστησης	Εκτάσεις με αραυή ή καθόλου βλάστηση
Δ.ΔΕΡΒΕΝΟΧΩΡΙΩΝ	39,5	26,6	81,8	0,3
Δ.ΠΛΑΤΑΙΩΝ	12,8	12,7	50,8	0,2
Δ.ΟΙΝΟΦΥΤΩΝ	4,3	0,0	8,4	0,0
Δ.ΣΧΗΜΑΤΑΡΙΟΥ	0,0	0,6	4,1	0,0
Κ.ΣΥΚΑΜΙΝΟΥ	0,8	0,0	2,0	0,4
Κ.ΩΡΩΠΟΥ	0,0	0,0	3,3	0,0
Δ.ΑΥΛΩΝΟΣ	13,1	12,9	26,7	2,0
Δ.ΕΡΥΘΡΩΝ	3,4	0,1	18,2	0,8
Δ.ΤΑΝΑΓΡΑΣ	0,4	0,4	21,8	0,0
Δ.Δ. ΝΕΟΧΩΡΑΚΙΟΥ	0,4	0,1	1,0	0,0

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.10 :** Οι τεχνητές περιοχές ανά δήμο/ κοινότητα (χιλ. στρέμματα) Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε.

ΔΗΜΟΙ - ΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ	ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ			
	Αστική οικοδόμηση	Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες	Δίκτυα συγκοινωνιών	Ορυχεία, χώροι απόρριψης απορριμμάτων και εργοτάξια
Δ.ΔΕΡΒΕΝΟΧΩΡΙΩΝ	0,5	0.0	0.0	0,2
Δ.ΠΛΑΤΑΙΩΝ	1,2	0.0	0.0	0.0
Δ.ΟΙΝΟΦΥΤΩΝ	0,9	1,0	0,3	0,1
Δ.ΣΧΗΜΑΤΑΡΙΟΥ	0,5	0.0	4,7	0.0
Κ.ΣΥΚΑΜΙΝΟΥ	0,2	0.0	0.0	0.0
Κ.ΩΡΩΠΟΥ	0,2	0.0	0.0	0.0
Δ.ΑΥΛΩΝΟΣ	0,6	2,2	0,9	0.0
Δ.ΕΡΥΘΡΩΝ	0,6	0.0	0.0	0,1
Δ.ΤΑΝΑΓΡΑΣ	0,9	0.0	2,4	0,1
Δ.Δ. ΝΕΟΧΩΡΑΚΙΟΥ	0,2	0,0	0,1	0,0



**ΣΧΗΜΑ 2.15 :** Κατανομή των χρήσεων γης (Μασούρα 2008)

### Δευτερογενής τομέας

Η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από άναρχη βιομηχανική ανάπτυξη η οποία δημιουργήθηκε λόγω της γειννίας με την Αθήνα και την παροχή κινήτρων για την εγκατάσταση βιομηχανικών μονάδων εκτός των ορίων του νομού Αττικής. Κύριος λόγος για αυτήν την βιομηχανική συσσώρευση ακριβώς έξω από τα όρια του νομού Αττικής ήταν το Π.Δ.84/84. Την δεκαετία 1986-1996 εγκαταστάθηκαν στη λεκάνη του ποταμού Ασωπού τουλάχιστον 150 νέες επιχειρήσεις ενώ τουλάχιστον 60 επιχειρήσεις έκλεισαν. Στην περιοχή Ωρωπού, Σκάλας Ωρωπού και Συκάμινου η μεταποιητική δραστηριότητα είναι αρκετά περιορισμένη και υπάρχουν κυρίως λίγες και μικρές μονάδες μεταποίησης.

Η βιομηχανική δραστηριότητα στην περιοχή μελέτης είναι συγκεντρωμένη κυρίως στα όρια της Κοινότητας Οινοφύτων ενώ μικρότερες συγκεντρώσεις βιομηχανικών μονάδων υπάρχουν στην περιοχή του Δ. Αυλώνα. ( Πυλαρινού 2007)

Στον παρακάτω Πίνακα μπορούμε να δούμε πως κατανέμεται το πλήθος των επιχειρήσεων ανά κλάδο παραγωγής στην Λεκάνη Απορροής του Ασωπού Ποταμού (ΠΗΓΗ ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.11 :** Κατανομή του πλήθους των επιχειρήσεων ανά κλάδο παραγωγής στην Λεκάνη Απορροής του Βοιωτικού Ασωπού ποταμού

<b>Κλάδος</b>	<b>Αριθμός Επιχειρήσεων</b>
<b>Κλωστοϋφαντουργεία-Βαφεία-Φινιριστήρια</b>	17
<b>Μεταλλουργικές Βιομηχανίες</b>	51
<b>Βιομηχανίες Τροφίμων</b>	21
<b>Βιομηχανίες Απορρυπαντικών και Προϊόντων Καθαρισμού</b>	6
<b>Βιομηχανίες Παραγωγής Χημικών Προϊόντων</b>	10
<b>Βιομηχανίες Γεωργικών Φαρμάκων και Λιπασμάτων</b>	3
<b>Βιομηχανίες Χρωμάτων</b>	6
<b>Βιομηχανίες Φαρμάκων</b>	4
<b>Βιομηχανίες Πλαστικών Ειδών</b>	21
<b>Βιομηχανίες Ζωοτροφών</b>	3
<b>Διάφορες Βιομηχανίες</b>	66
<b>Πτη-κτηνοτροφικές Εγκαταστάσεις</b>	16
<b>Σύνολο</b>	224

### **Τριτογενής Τομέας**

- **Εμπόριο- Υπηρεσίες**

Ο μεγαλύτερος αριθμός καταστημάτων συγκεντρώνεται στη Σκάλα Ωρωπού, κυρίως λόγω της μεγάλης παραθεριστικής κίνησης. Επίσης, η συγκεκριμένη κοινότητα λειτουργεί ως κέντρο εξυπηρέτησης της ζήτησης που εκδηλώνεται κυρίως για διοικητικές υπηρεσίες που δεν υπάρχουν στις υπόλοιπες κοινότητες.

- **Τουρισμός**

Η περιοχή μελέτης δεν παρουσιάζει αξιόλογη τουριστική ανάπτυξη. Εξαιρέση αποτελεί η περιοχή της Σκάλας Ωρωπού, καθώς και η παραλιακή οικιστική ζώνη η οποία εξελίσσεται σε περιοχή παραθεριστικής κατοικίας και επιδέχεται βελτιώσεις σε εξυπηρετήσεις και λειτουργίες ώστε να αναπτυχθεί τουριστικά.

Ένα τμήμα της περιοχής (Σκάλα Ωρωπού, Ωρωπός) λειτουργεί σαν περιοχή αναψυχής και παραθερισμού των κατοίκων του Λεκανοπεδίου της Αθήνας.

Οι βασικές δραστηριότητες είναι του πρωτογενή και του δευτερογενή τομέα ενώ χαρακτηριστική είναι η τάση μετατροπής της παραθεριστικής κατοικίας σε μόνιμη, κυρίως στην παράλια ζώνη.

Στον Πίνακα 2.12 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο απασχολούμενος πληθυσμός ανά παραγωγικό τομέα. Ως οικονομικά ενεργός πληθυσμός θεωρούνται οι απασχολούμενοι και οι άνεργοι σύμφωνα με την Ε.Σ.Υ.Ε. Σύμφωνα με τα στοιχεία που μας παρατίθενται από τον Πίνακα 2.12 ο συνολικός οικονομικά ενεργός πληθυσμός της Λεκάνης Απορροής του Ασωπού Ποταμού ανέρχεται στους 18.243 για το έτος 2001 εκ των οποίων οι 16.725 είναι απασχολούμενοι και οι 1.518 είναι άνεργοι.

## **2.12 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΑΣΩΠΟΥ**

### ***2.12.1 Βιομηχανία***

#### **α. Υφιστάμενη κατάσταση**

Η βιομηχανική δραστηριότητα έχει ξεκινήσει από τα τέλη της δεκαετίας του 1960, με ιδιαίτερη άνθηση την τελευταία δεκαετία. Συγκεκριμένα βάσει πρόσφατης καταγραφής (Μασούρα 2008) των βιομηχανικών και βιοτεχνικών μονάδων στην γεωγραφική περιοχή που εκτείνεται Βορειοανατολικά της κοίτης του ποταμού Ασωπού, σε ζώνη 7 km υπάρχουν τουλάχιστον 407 μονάδες, με ημερήσιο όγκο υγρών αποβλήτων που κυμαίνεται από 0,3



m<sup>3</sup>/day έως 3000 m<sup>3</sup>/day ανάλογα με την παραγωγική διαδικασία που ακολουθείται και το μέγεθος κάθε βιομηχανίας. Τα απόβλητα αυτά παράγονται κυρίως από τα κλωστοϋφαντουργεία-βαφεία-φινιριστήρια, τις βιομηχανίες τροφίμων, τις μεταλλουργικές μονάδες, τις χημικές μονάδες καθώς επίσης και από τις κτηνοτροφικές μονάδες.

Σύμφωνα με προηγούμενη μελέτη στην περιοχή (Λοϊζίδου κ.ά 1997), ο συνολικός όγκος παραγόμενων βιομηχανικών αποβλήτων για το έτος 1997 ανερχόταν στα 9500 m<sup>3</sup>/day. Προκύπτει, ότι σχεδόν το 60% των παραγόμενων αποβλήτων προέρχεται από τον κλάδο της κλωστοϋφαντουργίας, ακολουθεί ο κλάδος των μονάδων διατροφής με ποσοστό πάνω από 30% και ο κλάδος της μεταλλουργίας με ποσοστό 6%, ενώ οι υπόλοιποι κλάδοι συμμετέχουν σε μικρό ποσοστό (Μασούρα 2008).

Ένα από τα κύρια περιβαλλοντικά προβλήματα, που διογκώνεται εξαιτίας της απουσίας σχεδίου διαχείρισης των παραγόμενων υγρών, είναι η ανεξέλεγκτη διάθεση των επεξεργασμένων ή μη υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στους διάφορους φυσικούς αποδέκτες και κυρίως τον Ασωπό ποταμό. Το γεγονός αυτό έχει οδηγήσει στην επιβάρυνση του χειμάρρου με υψηλά ρυπαντικά φορτία και σε σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας τους.



**ΣΧΗΜΑ 2.16 :** Επιβάρυνση του Ασωπού ποταμού με υγρά απόβλητα. Πηγή: Δημαράς & Μαστρογιάννης 2010

Ανάλογη είναι και η κατάσταση όσον αφορά στα στερεά απόβλητα. Στην περιοχή δεν υπάρχει κρατικός σχεδιασμός για ολοκληρωμένη διαχείριση των παραγόμενων στερεών βιομηχανικών αποβλήτων, πράγμα το οποίο οδηγεί στην απρογραμμάτιστη και πολλές φορές παράνομη διάθεση τους σε ρέματα και αυτοσχέδιες χωματερές. Η άτακτη διάθεση των στερεών αποβλήτων σε ανεξέλεγκτους χώρους αποτελεί σημαντικό παράγοντα διαφυγής ρύπων στα επιφανειακά και υπόγεια νερά μέσω της επιφανειακής απορροής και της αποστράγγισης των εδαφών. (Παπαδιόχου & Τριανταφύλλου 2011)

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.12 :** Κατανομή απασχολούμενου πληθυσμού ανά παραγωγικό τομέα. Πηγή: Πηγή: Ελληνική Στατιστική Αρχή, σύνδεσμος “Στατιστικά θέματα” (Θεοδώρου 2012)

Νομός	Δήμος	Δημ. Διαμέρισμα	Οικονομικά ενεργοί							Οικονομικά Μη ενεργοί
			Σύνολο	Απασχολούμενοι					Ανεργοί	
				Σύνολο	Πρωτογενής Τομέας	Δευτερογενής Τομέας	Τριτογενής Τομέας	Δεν δήλωσαν κλάδο Οικονομικής Δραστηριότητας	Σύνολο	
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	Δ. ΔΕΡΒΕΡΝΟΧΩΡΙΩΝ	Δ. Δ. Δάονης	68	67	50	3	13	1	1	58
		Δ. Δ. Πύλης	321	276	75	88	97	16	45	428
		Δ. Δ. Σκούρτων	368	347	112	115	118	2	21	418
	Δ. ΘΗΒΑΙΩΝ	Δ. Δ. Νεοχωρακίου	292	272	241	6	22	3	20	200
	Δ. ΟΙΝΟΦΥΤΩΝ	Δ. Δ. Αγίου Θωμά	728	685	248	256	151	30	43	588
		Δ. Δ. Κλαδίου	144	130	42	57	29	2	14	193
		Δ. Δ. Οτινοφύτων	3.079	2.834	158	1.212	922	542	245	2.460
	Δ. ΠΛΑΤΑΙΩΝ	Δ. Δ. Λακίτρων	413	384	230	65	89	0	29	468
		Δ. Δ. Λοντουφίου	153	147	93	15	34	5	6	129
		Δ. Δ. Μελισσοχωρίου	283	270	158	51	56	5	13	279
	Δ. ΣΧΗΜΑΤΑΡΙΟΥ	Δ. Δ. Σχηματαρίου	3.428	3.156	548	1.161	985	462	272	3.006
	Δ. ΤΑΝΑΓΡΑΣ	Δ. Δ. Ασωπίας	590	574	323	111	133	7	16	489
		Δ. Δ. Καλλιθέας	409	396	279	36	78	3	13	232
Δ. Δ. Τανάγρας		562	501	178	131	142	50	61	507	
ΑΤΤΙΚΗΣ	Δ. ΑΥΛΩΝΟΣ	Δ. Δ. Αυλώνας	2.068	1.833	379	800	614	40	235	2.649
	Δ. ΕΡΥΘΡΩΝ	Δ. Δ. Ερυθρών	1.178	1.073	194	243	386	50	105	7.630
	Δ. ΟΡΩΠΙΩΝ	Δ. Δ. Νέον Παλατίων	1.220	1.123	119	329	633	42	97	1.754
		Δ. Δ. Σκάλας Ωρωπού	1.300	1.181	143	404	594	40	119	1.508
		Δ. Δ. Ωρωπού	554	474	126	113	192	43	80	569
	Κ. ΜΑΛΑΚΑΣΗΣ	Κ. Δ. Μαλακάσης	564	522	31	167	313	11	42	750
	Κ. ΣΥΚΑΜΙΝΟΥ	Κ. Δ. Συκαμίνου	521	480	90	144	233	13	41	684
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>18.243</b>	<b>16.725</b>	<b>3.817</b>	<b>5.507</b>	<b>6.034</b>	<b>1.367</b>	<b>1.518</b>	<b>19.013</b>

Τέλος, σημαντική είναι και η επιβάρυνση της ατμόσφαιρας από τις αέριες εκπομπές των βιομηχανιών. Στην περιοχή δεν έχουν πραγματοποιηθεί συστηματικές μετρήσεις των αερίων ρύπων. Από μακροσκοπική παρατήρηση επί σειρά ετών προκύπτει η συνεχής παρουσία νέφους ιδιαίτερα σε περιόδους νηνεμίας ή ελαφρών ανέμων. Παράλληλα δεν υπάρχει στην περιοχή κάποιος επίσημος μηχανισμός καταγραφής και ελέγχου των αερίων ρύπων.

Οι πηγές αέριας ρύπανσης στην αέρια περιοχή είναι (Λοϊζίδου κ.ά. 1997):

- Καύση μαζούτ για παραγωγικές ανάγκες και για θέρμανση το χειμώνα
- Παραγωγικές διαδικασίες βιομηχανιών
- Βιομηχανίες ανάκτησης μολύβδου παλαιών συσσωρευτών
- Ανεξέλεγκτη καύση απορριμμάτων
- Καύση περιβλημάτων καλωδίων για ανάκτηση χαλκού



**ΣΧΗΜΑ 2.17** : Ατμοσφαιρική ρύπανση από βιομηχανίες. Πηγή: Δημαράς & Μαστρογιάννης 2010

### **β. Πρακτικές διάθεσης υγρών αποβλήτων**

Οι πιο συνηθισμένοι τρόποι διάθεσης των παραγόμενων υγρών αποβλήτων, ανεξάρτητα από το αν αυτά επεξεργάζονται ή όχι πριν την τελική διάθεση τους, είναι οι εξής (Λοϊζίδου κ.ά 1997):

- απόρριψη στον ποταμό Ασωπό και τους παραποτάμους του
- επιφανειακή διάθεση
- συγκέντρωση σε βόθρο

Το κύριο κριτήριο διάθεσης είναι η απόσταση από τον Ασωπό ή παραποτάμους αυτού. Επιπλέον σημαντικό κριτήριο είναι η ποσότητα των αποβλήτων που απορρίπτονται από κάποια μονάδα όπου στην περίπτωση που η ποσότητα είναι μεγάλη ο συνηθέστερος τρόπος διάθεσης είναι η απόρριψη στον Ασωπό ποταμό ακόμη και αν βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από τη βιομηχανία.

Στην περίπτωση που αποδέκτης είναι ο Ασωπός, συμπεριλαμβάνονται και βιομηχανίες οι οποίες αποχετεύουν σε επιφανειακούς αγωγούς όμβριων υδάτων οι οποίοι όμως έχουν ως τελικό προορισμό και πάλι τον Ασωπό.

Επίσης δημοφιλή πρακτική που ακολουθείται από μεγάλο ποσοστό βιομηχανιών αποτελεί η επιφανειακή διάθεση των υγρών αποβλήτων τους. Στις περισσότερες των περιπτώσεων η επιφανειακή διάθεση λαμβάνει χώρα για τις στρατσώνες και τα νερά που προέρχονται από την αναγέννηση των απιονιστών που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία του νερού των γεωτρήσεων (Λοϊζίδου κ.ά 1997). Η συγκεκριμένη πρακτική διάθεσης έχει ως αποτέλεσμα τόσο την επιβάρυνση του εδάφους με ανεπιθύμητες ρυπαντικές παραμέτρους (σε ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις όπως αναμένεται σε αρκετές περιπτώσεις) όσο και του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα λόγω της υδατοπερατότητας διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών που εμφανίζονται στην περιοχή.

Επίσης ιδιαίτερα διαδομένη πρακτική διάθεσης είναι η συγκέντρωση των αποβλήτων σε βόθρους. Οι βόθροι αυτοί αν και στην πλειονότητα τους είναι απορροφητικοί, λόγω τόσο του μεγάλου όγκου υγρών αποβλήτων που παράγονται καθημερινά και διοχετεύονται σε αυτούς, όσο και της ποιότητας των αποβλήτων (π.χ. αυξημένα λιπαρά με αποτέλεσμα την επιφανειακή επίστρωση των τοιχωμάτων), γεμίζουν σχετικά γρήγορα και η εκκένωση τους γίνεται από βυτιοφόρα. Τονίζεται ότι τελικός χώρος διάθεσης είναι φυσικά lagoons που δεν είναι ελεγχόμενα. Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι η επιλογή της διάθεσης των αποβλήτων σε βόθρο δεν δίνει ουσιαστική λύση στο πρόβλημα αυτό, αλλά απλά αποτελεί ένα ενδιάμεσο στάδιο διάθεσης. Επιπλέον, λόγω του ότι οι βόθροι είναι απορροφητικοί αναμένεται η ποιότητα του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα να έχει επιβαρυνθεί σε αρκετά μεγάλο βαθμό από τις ρυπαντικές παραμέτρους που συναντώνται στα απόβλητα αυτά. (Παπαδιόχου & Τριανταφύλλου 2011)

#### **γ. Οι βιομηχανικές και βιοτεχνικές μονάδες**

Η ευρύτερη περιοχή του Ασωπού περιλαμβάνει τις περιοχές Οινόφυτα, Σχηματάρι, Οινόη, Άγιος Θωμάς, Αυλώνας και Δερβενοχώρια. Οι ενεργές μονάδες για το έτος 2007 προήλθαν από το Μητρώο Αδειών που τηρεί η Πυροσβεστική Υπηρεσία Οινοφύτων.

Πραγματοποιήθηκε διαχωρισμός των μονάδων σε κύριους βιομηχανικούς κλάδους και στη συνέχεια για κάθε κλάδο πραγματοποιήθηκε ομαδοποίηση των μονάδων σε ομοειδείς παραγωγικές διαδικασίες προκειμένου να εκτιμηθούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων αποβλήτων (Μασούρα 2008).

Οι μονάδες αυτές καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Οι κύριοι βιομηχανικοί κλάδοι που αντιπροσωπεύουν την περιοχή είναι:

- Κλωστοϋφαντουργεία - Βαφεία - Φινιριστήρια
- Μεταλλουργικές βιομηχανίες
- Βιομηχανίες παραγωγής τροφίμων
- Βιομηχανίες παραγωγής ανόργανων λιπασμάτων
- Βιομηχανίες παραγωγής γεωργικών φαρμάκων
- Βιομηχανίες παραγωγής φαρμακευτικών προϊόντων
- Βιομηχανίες παραγωγής χρωμάτων
- Βιομηχανίες παραγωγής χημικών ουσιών
- Βιομηχανίες παραγωγής απορρυπαντικών
- Βιομηχανίες παραγωγής προϊόντων χαρτιού
- Βυρσοδεψεία
- Βιομηχανίες παραγωγής πλαστικών προϊόντων
- Βιομηχανίες παραγωγής σκυροδέματος
- Βιομηχανίες κατασκευής μηχανημάτων
- Βιομηχανίες παραγωγής ιατρικών ειδών

Το 1997 είχαν καταμετρηθεί στην περιοχή συνολικά 281 μονάδες από τις οποίες καθαρά βιομηχανική - βιοτεχνική δραστηριότητα είχαν οι 208 (Ε.Μ.Π. 1997).

Στον Πίνακα 2.13 που παρουσιάζεται ο αριθμός των μονάδων ανά βιομηχανικό κλάδο παρατηρείται μια αύξηση την τελευταία δεκαετία κατά 95,7 % ενώ αξιοσημείωτη ανάπτυξη παρουσιάζουν ο κλάδος της μεταλλουργίας με αύξηση του αριθμού των μονάδων κατά 221,5% και ο κλάδος προϊόντων διατροφής με αύξηση κατά 247,6 %. Σταθερότητα παρατηρείται στον τομέα της βυρσοδεψίας ενώ και ο κλάδος της κλωστοϋφαντουργίας δεν σημείωσε ιδιαίτερη ανάπτυξη (Μασούρα 2008).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.13:** Αριθμός μονάδων ανά βιομηχανικό κλάδο της περιοχής της λεκάνης απορροής του Βοιωτικού Ασωπού ποταμού για τα έτη 1997 και 2008. Πηγή: Μασούρα 2008)

<b>ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΚΛΑΔΟΣ</b>	<b>ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΟΝΑΔΩΝ (1997)</b>	<b>ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΟΝΑΔΩΝ (2008)</b>
ΚΛΩΣΤΟΥΦΑΝΤΟΥΡΓΕΙΑ	17	22
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ	51	164
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΤΙΚΩΝ	6	12
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΙΔΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ	21	73
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	10	20
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΦΑΡΜΑΚΩΝ ΚΑΙ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ	3	8
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	4	13
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΧΡΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΒΕΡΝΙΚΙΩΝ	6	9
ΒΥΡΣΟΔΕΨΕΙΑ	1	1
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ	89	85
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>208</b>	<b>407</b>

### **Εξασθενές χρώμιο**

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα ρύπανσης που εντοπίζονται στην ευρύτερη περιοχή του Ασωπού, εξαιτίας της βιομηχανικής δραστηριότητας, είναι η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων και ειδικότερα εξασθενούς χρωμίου Cr(VI) σε υδατικά δείγματα που ελήφθησαν τόσο από γεωτρήσεις όσο και από τον ποταμό.

Ανώτερα Εκπαιδευτικά Ιδρύματα ( Ε.Κ.Π.Α., Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ε.Μ.Π.), Επιστημονικοί Φορείς (Ι.Γ.Μ.Ε., Ένωση Ελλήνων Χημικών, Πανελλήνια Ένωση Ιατρών Δημόσιας Υγείας) και μεγάλος αριθμός μεμονομένων επιστημόνων που ασχολήθηκαν με το πρόβλημα της ρύπανσης του Ασωπού και των υπόγειων νερών της ευρύτερης περιοχής των Οινοφύτων, συμφωνούν, σε μερικά βασικά συμπεράσματα (Γιαννακόπουλος κα 2010):

- Οι υψηλές συγκεντρώσεις Cr(VI) στα υπόγεια νερά της εν λόγω περιοχής οφείλονται στην επιβάρυνσή τους με επικίνδυνα απόβλητα (υγρά, ιλύες και λοιπά επικίνδυνα απόβλητα) από την ανεξέλεγκτη βιομηχανική δραστηριότητα της περιοχής. Ενοχοποιούνται κυρίως μονάδες επιμεταλλώσεων και χρωμάτων-χρωστικών. Σύμφωνα με την Ένωση Ελλήνων Χημικών πέραν αυτών, ρύπανση των υδάτων με Cr(III) όσο και με Cr(VI) μπορεί επίσης να προκληθεί από βυρσοδεψία και κλωστοϋφαντουργεία

- Η επικινδυνότητα όχι μόνο του εισπνεόμενου αλλά και του καταπινόμενου Cr(VI) είναι εξαιρετικά πιο επικίνδυνη από αυτή του Cr(III). Θα πρέπει συνεπώς να θεσπιστούν ξεχωριστά όρια, και γενικότερα να υπάρξει ξεχωριστή αντιμετώπιση για το εξασθενές χρώμιο σε σχέση με το τρισθενές.
- Το ισχύον όριο των 50μg/l (ή 50ppb) που αναφέρεται στο «ολικό χρώμιο», συνεπώς και στο εξασθενές, είναι εξαιρετικά υψηλό, και θα πρέπει να μειωθεί δραστικά. Αυτό προκύπτει τόσο με βάση σχετικές μελέτες και έρευνες, όσο και από το γεγονός ότι στους φυσικούς υδατικούς πόρους, μαζί και στη θάλασσα, η περιεκτικότητα σε Cr(VI) δεν ξεπερνάει το τη μέση τιμή του 1μg/L. Ειδικότερα, το ολικό χρώμιο στα φυσικά νερά των ΗΠΑ κυμαίνεται από <1 έως 30mg/L με ενδιάμεση τιμή 10mg/L ενώ στη θάλασσα η μέση συγκέντρωση είναι 0,3μg/L. Η Ε.Ε.Χ. σημειώνει ότι το (ολικό) χρώμιο υπάρχει στα (φυσικά) πόσιμα νερά σε συγκεντρώσεις 2 έως 5μg/L . Παρουσία (ολικού) χρωμίου πάνω από 10μg/L υποδηλώνει ανθρωπογενή ρύπανση ή/και φυσική ρύπανση από την έκλυση πετρωμάτων.
- Από την άλλη πλευρά, για τα ρυπασμένα νερά με βιομηχανικά υγρά απόβλητα η παράμετρος «ολικό χρώμιο» ή άλλως «χρώμιο» είναι παραπλανητική καθώς, όπως διαπιστώθηκε από αναλύσεις στην ευρύτερη περιοχή των Οινοφύτων, το 80% έως 90% του χρωμίου είναι εξασθενές. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από την εργασία της Ε.Ε.Χ. σύμφωνα με την οποία, στις περιπτώσεις της ανθρωπογενούς ρύπανσης το εξασθενές χρώμιο βρίσκεται σε ποσοστό 85-90% του συνολικού. Το φαινόμενο εξηγείται από το γεγονός ότι στα φυσικά νερά, όπου η περιεκτικότητα των αναγωγικών παραγόντων είναι πολύ χαμηλή, οι ενώσεις του εξασθενούς χρωμίου είναι σταθερές, δεν ανάγονται δηλ. σε ενώσεις τρισθενούς χρωμίου.

### **2.12.2 Γεωργία**

Η κύρια πρακτική άρδευσης στις γεωργικές δραστηριότητες της λεκάνης του Ασωπού, που περιλαμβάνει αροτραίες και δενδρώδεις καλλιέργειες, είναι η μέθοδος τεχνητής βροχής. Αυτή η μέθοδος έχει ως αποτέλεσμα να χάνονται μεγάλες ποσότητες ύδατος προς τους υπόγειους υδροφόρους και τους επιφανειακούς αποδέκτες.

Η παραγωγική δραστηριότητα της περιοχής χαρακτηρίζεται κυρίως από σιτηρά (σκληρό σιτάρι), βρώμη, βαμβάκι και ορισμένες κατηγορίες κτηνοτροφικών φυτών (κριθάρι για σανό).

Οι κυριότερες καλλιέργειες που απαντώνται είναι το σκληρό σιτάρι με 43%, τα ελαιόδεντρα με 15%, οι άμπελοι οινοπαραγωγής με 6,8%, το βαμβάκι με 6,7% και η κηπευτική γη με 6,6%. Μεγάλο επίσης είναι και το ποσοστό αγρανάπαυσης που αγγίζει το 10% επί του συνόλου των καλλιεργούμενων εκτάσεων.

### **2.12.3 Κτηνοτροφία**

Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης απασχολούνται κτηνοτροφικές μονάδες, μικρής, μεσαίας και μεγάλης δυναμικότητας όπως χοιροστάσια, πτηνοτροφεία, βουστάσια και προβατοτροφεία (Γεωργακάκης 1998).

Από τα απόβλητα των πτηνο-κτηνοτροφικών μονάδων, εκείνα που παρουσιάζουν ενδιαφέρον από την άποψη ρυπαντικού φορτίου είναι τα απόβλητα χοιροστασίων δεδομένου ότι στα πτηνοτροφεία και στα βουστάσια δεν παράγονται αξιόλογες ποσότητες υγρών αποβλήτων εξαιτίας της στερεάς φύσης των αποβλήτων αυτών.

Στις χοιροτροφικές μονάδες της περιοχής πραγματοποιείται αναερόβια επεξεργασία των αποβλήτων σε ανοιχτές χωμάτινες δεξαμενές και στη συνέχεια διάθεση σε εδαφικούς αποδέκτες, μειώνοντας έτσι το ρυπαντικό φορτίο των αποβλήτων μέχρι και 80%. Ωστόσο σε πολλές μονάδες δεν υπάρχει η κατάλληλη υποδομή με αποτέλεσμα η απόρριψη εντελώς ανεπεξέργαστων αποβλήτων σε υδατικούς και εδαφικούς αποδέκτες να αποτελεί συνήθη πρακτική.

Τα πτηνο-κτηνοτροφικά απόβλητα χαρακτηρίζονται από υψηλές συγκεντρώσεις σε θρεπτικά συστατικά και συγκεκριμένα σε αμμωνιάκα ( $\text{NH}_4^+$ ), φωσφορικά ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) και κάλιο ( $\text{K}^+$ ), ενώ περιέχουν σε μικρότερες ποσότητες S, Ca, Mg και ιχνοστοιχεία.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

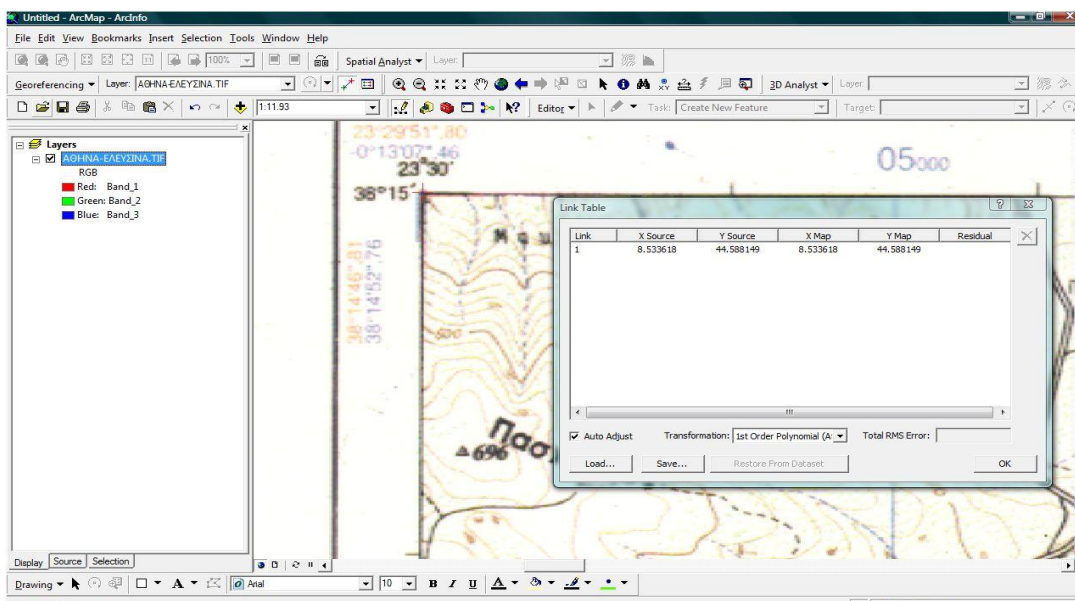
Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι ο προσδιορισμός της παροχής ύδατος και της στερεοπαροχής ανά μονάδα επιφανείας της υδρολογικής λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού καθώς και η μελλοντική εκτίμηση των παραμέτρων αυτών.

### 3.1 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΧΑΡΤΩΝ

Για την διεκπεραίωση της εργασίας αντλήθηκαν πρωτογενή δεδομένα από τοπογραφικούς χάρτες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ) κλίμακας 1:50.000 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 μελέτη με τη χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) και συγκεκριμένα με το λογισμικό ArcGIS. Σημειώνεται ότι όλοι οι μαθηματικοί υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν στο περιβάλλον του Microsoft office excel.

Για τη δημιουργία των ψηφιακών χαρτών (τοπογραφικού και γεωλογικού) χρησιμοποιήθηκαν ως υπόβαθρο οι χάρτες με ονομασία ΒΑΓΙΑ, ΘΗΒΑΙ, ΧΑΛΚΙΣ, ΕΡΕΤΡΙΑ, ΚΗΦΙΣΙΑ, ΑΘΗΝΑ-ΕΛΕΥΣΙΣ, ΕΡΥΘΡΑΙ σε κλίμακα 1:50.000 από την ΓΥΣ και ο γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος σε κλίμακα 1:500.000 του ΙΓΜΕ οι οποίοι σαρώθηκαν με ειδικό σαρωτή. Για να ξεκινήσει η διαδικασία της ψηφιοποίησης και να δημιουργηθεί ο ψηφιακός χάρτης είναι απαραίτητη μια διαδικασία η οποία περιγράφεται στη συνέχεια. Ο χάρτης εισάγεται στο πρόγραμμα και γίνεται η γεωαναφορά του ώστε να επιτρέπονται μετρήσεις και αλληλεπίδραση με άλλα στοιχεία που θα εισαχθούν για την ίδια περιοχή. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε και επεξεργάστηκε ο τοπογραφικός χάρτης.

Για τη γεωαναφορά χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Arc Map εκκίνησε με κενό χάρτη και μέσω της εντολής Add Data βρέθηκε ο φάκελος που περιέχει τον επιθυμητό χάρτη, επιλέχθηκε και εμφανίστηκε στην οθόνη. Στη συνέχεια έγινε η γεωαναφορά του χάρτη μέσω της εντολής Georeferencing, με την οποία επιλέγονται 4 σημεία ελέγχου των οποίων οι συντεταγμένες είναι γνωστές (όπως για παράδειγμα οι τομές όπου συναντώνται οι κάθετες και οι οριζόντιες γραμμές του πλέγματος των συντεταγμένων). Για κάθε σημείο που επιλέγεται εισάγονται οι συντεταγμένες του (γεωγραφικό μήκος και πλάτος). (Χαλκιάς 2003)



**ΣΧΗΜΑ 3.1 :** Εισαγωγή συντεταγμένων για την γεωαναφορά του τοπογραφικού χάρτη ΑΘΗΝΑ-ΕΛΕΥΣΙΣ

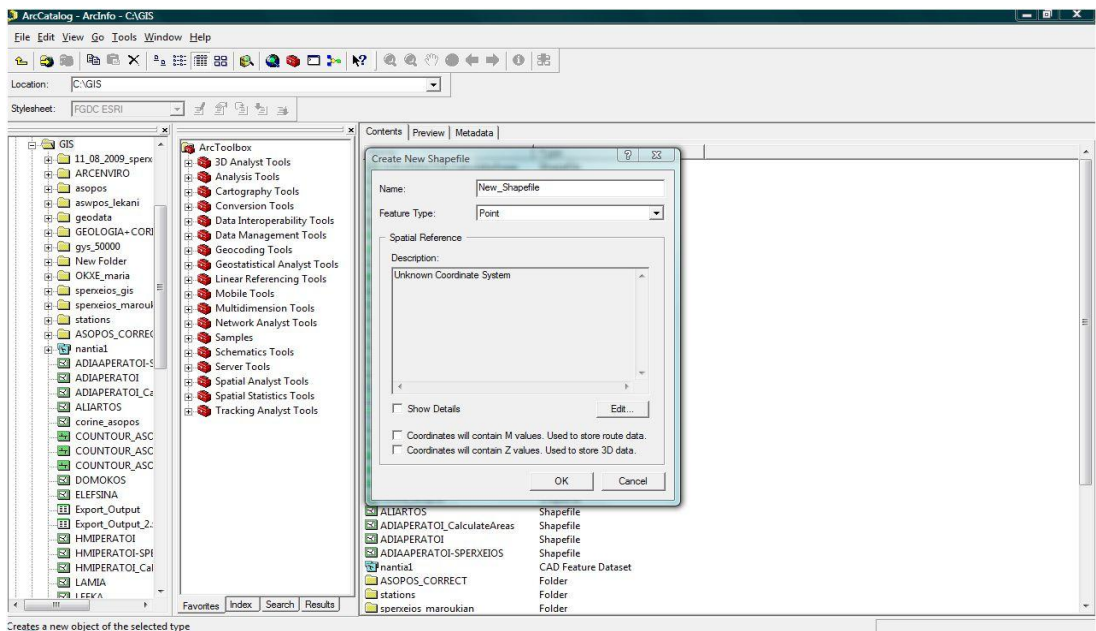
Επιλέχθηκε στο layers για σύστημα συντεταγμένων το Greek Grid και πιο συγκεκριμένα το ΕΓΣΑ '87. Η εργασία αποθηκεύεται σε μορφή .mxd (Arc Map Document) οπότε κάθε φορά ο χάρτης και το σύστημα συντεταγμένων έχουν ήδη εισαχθεί από την εκκίνηση του προγράμματος. ( Χαλκιάς 2003)

Μετά το πέρας της διαδικασίας γεωαναφοράς άρχισε η δημιουργία των οντοτήτων ώστε να ξεκινήσει η ψηφιοποίηση. Κάθε οντότητα αντιπροσωπεύεται στο πρόγραμμα και το ψηφιακό χάρτη ως shapfile. Για τη δημιουργία ενός shapfile η διαδικασία είναι η εξής:

Μέσω του υποπρογράμματος Arc Catalog ανοίγουμε τον επιθυμητό φάκελο όπου θα αποθηκευτούν τα shapfiles. Εν συνεχεία με την εντολή New→Shapfile, εμφανίζεται ένα παράθυρο για τη δημιουργία της οντότητας και για τα χαρακτηριστικά της.

Ο χρήστης πρέπει να δώσει ένα όνομα για την οντότητα που θα αντιπροσωπεύει το συγκεκριμένο shapfile, να προσδιορίσει τον τύπο που θα είναι και να ορίσει σε ποιο σύστημα συντεταγμένων θα ανήκει. Υπάρχουν 3 είδη οντοτήτων για ένα ψηφιακό χάρτη: Γραμμικές (polyline), σημειακές (point) και πολυγωνικές (polygon). Οι γραμμικές χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν τα γραμμικά στοιχεία ενός χάρτη, όπως είναι το οδικό δίκτυο, το υδρογραφικό δίκτυο, η κορυφογραμμή ενός ορεινού όγκου και άλλα παρόμοιας φύσης στοιχεία. Οι σημειακές οντότητες αναπαριστούν στοιχεία που έχουν συγκεκριμένη θέση και που εντοπίζονται ως μια κουκίδα σε ένα χάρτη. Τέτοια είναι υψομετρικά σημεία, οι πόλεις, οι πηγές, τα παρατηρητήρια, οι βιομηχανίες και ούτω καθ' εξής. Οι πολυγωνικές οντότητες αναπαριστούν δεδομένα τα οποία έχουν χωρική υπόσταση

και που καλύπτουν μια μεγάλη περιοχή στο χάρτη οπότε μπορούν να ψηφιοποιηθούν και να αναπαρίστανται ως ένα μεγάλο πολύγωνο, όπως χρήσεις γης (καλλιέργειες ή και διαφορετικά είδη καλλιεργειών βιομηχανική χρήση, έλη, και άλλα), δασικές εκτάσεις, πετρώματα από τα οποία αποτελείται μια περιοχή, οικιστικό δίκτυο όταν η κλίμακα του χάρτη είναι τέτοια ώστε να καλύπτει συγκεκριμένη περιοχή και όχι να είναι απλά ένα σημείο.



**ΣΧΗΜΑ 3.2 :** Δημιουργία shapefile.

Τα πρώτα στοιχεία του χάρτη που ψηφιοποιήθηκαν ήταν οι ισούψείς καμπύλες, το υδρογραφικό δίκτυο, ο υδροκρίτης και τα υψομετρικά σημεία, οι κορυφές δηλαδή των ορεινών όγκων και τα τριγωνομετρικά σημεία. Στη συνέχεια για να είναι όλα τα στοιχεία σε αρμονία και μεταξύ τους και με τον χάρτη πρέπει να εισαχθούν σε ενιαίες συντεταγμένες. Οπότε ορίζεται για κάθε shapefile το σύστημα συντεταγμένων επιλέγοντας το Greek Grid, μέσω της εντολής Edit.

Για να ξεκινήσει η ψηφιοποίηση πρέπει να εισαχθούν τα shapefiles στο πρόγραμμα και στο ίδιο αρχείο χάρτη με τον χάρτη στον οποίο έχει ήδη γίνει γεωαναφορά. Για να γίνει αυτό πρέπει να ανοιχτεί το αρχείο .mxd που αποθηκεύτηκε προηγουμένως και να εισαχθούν με την εντολή Add Data όπου θα επιλεχτούν από το φάκελο στον οποίο. Στη συνέχεια μπορεί να αποθηκευτεί η μέχρι τώρα εργασία ώστε να μην χρειάζεται η εισαγωγή τους κάθε φορά. Με δεξί κλικ και επιλογή Open Attribute Table μπορεί ο χρήστης να επεξεργαστεί τον πίνακα περιγραφών του shapefile και να προσθέσει στήλες ή να εισάγει στοιχεία για κάθε αντικείμενο που έχει ψηφιοποιηθεί.

Στη συνέχεια αρχίζουμε την ψηφιοποίηση του χάρτη με την εντολή Start Editing, όπου στο file της εντολής Target επιλέγετε το επιθυμητό shape file που θα ψηφιοποιηθεί. Το μαρκάρισμα της κάθε οντότητας (γραμμικής, πολυγωνικής) ξεκάνει με ένα κλικ και τελειώνει με διπλό κλικ και αυτόματα προσχωρείται στο πίνακα όπου στη συνέχεια συμπληρώνεται ο τύπος γραμμής στο οποίο αντιστοιχεί. Για να σταματήσει η διαδικασία ψηφιοποίησης επιλέγουμε από τον Editor την εντολή Stop Editing.

### **Ψηφιακό μοντέλο εδάφους**

Έχοντας ψηφιοποιήσει τις ισοϋψείς καμπύλες και τα υψομετρικά σημεία της περιοχής είναι δυνατή η δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου εδάφους. Υπάρχουν γενικά δύο είδη τρισδιάστατης απεικόνισης του ανάγλυφου, το δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων( Triangulated Irregular Network ή αλλιώς TIN) και το Ψηφιδωτό Μοντέλο Εδάφους, Raster. (Χαλκιάς 2003)

Ένα μοντέλο TIN αναπαριστά το ανάγλυφο ως ένα σύνολο από τρίγωνα που έχουν ως κορυφές σημεία με συγκεκριμένο υψόμετρο z και συντεταγμένες x,y. Όσο μεγαλύτερη είναι η λεπτομέρεια στη ψηφιοποίηση σε δεδομένη κλίμακα χάρτη τόσο μικρότερα θα είναι τα τρίγωνα που θα σχηματίσουν το ανάγλυφο. Στη προκειμένη περίπτωση, στις περιοχές όπου οι ισοϋψείς καμπύλες είναι πυκνές, όπως στα μέρη με μεγαλύτερα υψόμετρα τα τρίγωνα είναι πολύ μικρά ενώ κατά μήκος της κύριας κοίτης του Βοιωτικού Ασωπού και εκατέρωθεν αυτής όπου το υψόμετρο μεταβάλλεται ελάχιστα τα τρίγωνα είναι πολύ μεγαλύτερα. (Χαλκιάς 2003)

Για τη δημιουργία ενός τέτοιου μοντέλου εδάφους στο πρόγραμμα Arc Map η διαδικασία είναι η εξής (Χαλκιάς 2003):

Αφού εμφανιστεί το μενού 3D Analyst, επιλέγεται η εντολή Create/Modify TIN→Create Tin From Features. Στο παράθυρο που εμφανίζεται το πρόγραμμα ζητά από το χρήστη να καθοριστούν τα shapefiles που θα χρησιμοποιηθούν ως βάση και πηγή για τη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου. Για να γίνει αυτό θα πρέπει τα shapefiles που θα επιλεγούν να περιέχουν τις απαιτούμενες πληροφορίες για το υψόμετρο που αντιπροσωπεύουν. Έτσι, οι ισοϋψείς καμπύλες εκτός από τη θέση x,y που αντιπροσωπεύουν και που ορίζεται από το σύστημα συντεταγμένων αυτόματα με την ψηφιοποίηση τους στο χάρτη μιας και έχουν ήδη εισαχθεί στο Ελληνικό Σύστημα Συντεταγμένων, απαιτούνται πληροφορίες για τη θέση z στην οποία βρίσκονται, δηλαδή το υψόμετρο το οποίο αντιπροσωπεύουν. Αφού λοιπόν επιλέχθηκαν τα shapefiles που χρειάζονται, θα πρέπει να

γίνουν οι απαιτούμενες ρυθμίσεις για κάθε ένα από αυτά, μέσω του πεδίου Settings for selected layer.

Στη συνέχεια δημιουργήθηκε ο άλλος τύπος τρισδιάστατου μοντέλου εδάφους, το ψηφιδωτό ή raster. Αυτός ο τύπος τρισδιάστατης απεικόνισης του εδάφους αποτελείται από ένα αρχείο εικόνας που καλύπτει το χάρτη, όπου κάθε εικονοστοιχείο έχει καταγεγραμμένη πληροφορία για το υψόμετρο στο οποίο βρίσκεται το συγκεκριμένο σημείο με βάση τις πληροφορίες που έχει πάρει από τη πηγή που του έχει οριστεί. Η εικόνα που θα προκύψει, αποτελείται από εικονοστοιχεία των οποίων το χρώμα εξαρτάται από το υψόμετρο και που μπορεί να το ορίσει ο χρήστης. Οι συνδυασμοί χρωμάτων είναι αντίστοιχοι με αυτούς που χρησιμοποιούνται στα μοντέλα TIN, με τη διαφορά ότι δε διακρίνονται τρίγωνα και γωνίες αλλά pixels.

Για να δημιουργηθεί ένα τέτοιο μοντέλο εδάφους η διαδικασία είναι η εξής (Χαλκιάς 2003): μέσω του μενού Arc Toolbox, στο 3D Analyst Tools, επιλέγει ο χρήστης Conversion→from TIN→TIN to Raster. Ο χρήστης εισάγει το TIN και ονομάζει όπως επιθυμεί το raster και επιλέγει ok.

Από το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (Digital Elevation Model/DEM), με την εντολή Slope του Surface Analysis (Spatial Analyst) μπορούμε να δημιουργήσουμε τον χάρτη κλίσεων.

Τέλος σημειώνεται ότι ο κάθε θεματικός χάρτης εξάγεται σε μορφή αρχείου εικόνας, με την εντολή Export Map (από το μενού File), έτσι ώστε στη συνέχεια να εισαχθεί και να απεικονιστεί στην παρούσα εργασία. (Χαλκιάς 2003)

Με βάση την παραπάνω περιγραφόμενη διαδικασία έχουν προκύψει ο γεωλογικός, ο ψηφιακός χάρτης εδάφους και ο χάρτης κλίσεων της περιοχής του Βοιωτικού Ασωπού που παρουσιάζονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II.

### **3.2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ**

Ο υπολογισμός της επιφανειακής απορρόης σε ένα υδρογραφικό δίκτυο μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους και μετρήσεις. Μερικές από αυτές τις μεθόδους είναι οι ακόλουθες:

- Μέθοδοι μέτρησης της στάθμης
- Μέθοδοι της παροχής
- Μέθοδος μέτρησης της ταχύτητας –διατομής
- Μέθοδοι μόνιμων κατασκευών

- Μέθοδος χρησιμοποίησης χημικών ουσιών
- Εναλλακτικές μέθοδοι στις οποίες χρησιμοποιούνται εμπειρικές σχέσεις που συνδέουν την απορροή με τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.

Για την περιοχή μελέτης δεδομένου ότι δεν υπάρχουν μετρήσεις παροχών, η επιφανειακή απορροή (Q) υπολογίστηκε έμμεσα ακολουθώντας δύο προσεγγίσεις. Η πρώτη προσέγγιση αναφέρεται στον υπολογισμό των επιμέρους παραμέτρων του υδατικού ισοζυγίου σε μηνιαία βάση, δηλαδή μέσω του υπολογισμού 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) χρησιμοποιώντας τον τύπο του υδρολογικού ισοζυγίου  $P=ET+Q+I$ . Η δεύτερη προσέγγιση στηρίζεται στο μηνιαίο μοντέλο υδατικού ισοζυγίου του Thornthwaite, όπως αυτό περιγράφεται από τον Mather (1978).

Και στις δυο περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκαν τα βροχομετρικά ύψη και οι ατμοσφαιρικές θερμοκρασίες από τέσσερις μετεωρολογικούς σταθμούς της ΕΜΥ (Πίνακας 3.1 και 3.2).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 :** Μέσο βροχομετρικό ύψος (P σε mm) των μετεωρολογικών σταθμών της περιοχής μελέτης και οι χρονικές περίοδοι που καλύπτουν τις μετρήσεις. Πηγή: Ε.Μ.Υ.

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΤΑΝΑΓΡΑ	ΑΛΙΑΡΤΟΣ	ΕΛΕΥΣΙΝΑ	ΤΑΤΟΙ
<b>ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ</b>	1958-2000	1958-1997	1958-2000	1958-2000
<b>ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ</b>	65,36	70,04	46,89	68,55
<b>ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ</b>	49,43	73,63	38,72	49,58
<b>ΜΑΡΤΙΟΣ</b>	54,77	96,35	42,17	50,19
<b>ΑΠΡΙΛΙΟΣ</b>	26,71	83,32	25,45	24,64
<b>ΜΑΙΟΣ</b>	22,62	70,91	18,96	20,58
<b>ΙΟΥΝΙΟΣ</b>	11,25	72,71	7,87	10,8
<b>ΙΟΥΛΙΟΣ</b>	7,90	38,67	5,36	10,52
<b>ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ</b>	9,55	30,60	5,15	4,87
<b>ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ</b>	17,93	17,07	11,86	13,44
<b>ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ</b>	48,42	6,28	40,81	47,98
<b>ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ</b>	62,93	13,54	62,29	57,58
<b>ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ</b>	76,04	22,19	65,69	76,37
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>	452,9	595,29	371,23	435,09

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2:** Μέση θερμοκρασία (T σε °C) των μετεωρολογικών σταθμών της περιοχής μελέτης και οι χρονικές περίοδοι που καλύπτουν τις μετρήσεις. Πηγή: Ε.Μ.Υ.

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΤΑΝΑΓΡΑ	ΑΛΙΑΡΤΟΣ	ΕΛΕΥΣΙΝΑ	ΤΑΤΟΙ
<b>ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ</b>	1958-2000	1958-2000	1958-2000	1958-2000
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	7,3	7,1	9,2	7,5
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	7,5	8,2	9,5	8,1
ΜΑΡΤΙΟΣ	9,6	10,6	11,4	9,8
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	13,3	15,2	15,2	13,5
ΜΑΙΟΣ	18,2	20,6	20,3	18,4
ΙΟΥΝΙΟΣ	22,9	25,7	25,03	23
ΙΟΥΛΙΟΣ	25,1	27,2	27,7	25,5
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	24,9	26,2	27,5	25,5
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	21,3	22,6	23,8	21,9
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	16,8	16,9	18,9	17,04
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	12,7	12	14,5	12,7
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	9,2	8,6	10,97	9,3
ΕΤΗΣΙΟ	15,73	16,74	17,83	16,02

### 3.2.1. 1<sup>η</sup> Προσέγγιση υπολογισμού της επιφανειακής απορροής: Εξίσωση Υδατικού Ισοζυγίου

Κατά την προσέγγιση αυτή όπως προαναφέρθηκε προσδιορίζονται οι βασικές συνιστώσες που υπεισέρχονται στην εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου, με σκοπό τον τελικό υπολογισμό του απορρέοντος ύδατος το οποίο τροφοδοτεί τον Ασωπό ποταμό.

Το υδατικό ισοζύγιο στη λεκάνη απορροής του Βοιωτικού Ασωπού εκφράζεται από την βασική εξίσωση: Το υδατικό ισοζύγιο στη λεκάνη απορροής του Βοιωτικού Ασωπού εκφράζεται από την βασική εξίσωση:

$$P=Q+ET+I \quad (3.1)$$

όπου **P**: το ποσό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που δέχεται ετήσια η λεκάνη απορροής, **Q**: η ετήσια απορρέουσα ποσότητα ύδατος από τη λεκάνη (επιφανειακή απορροή), **ET**: η ετήσια εξατμιζόμενη ποσότητα ύδατος καθώς και η δεσμευόμενη από τα φυτά για τη διεργασία της διαπνοής (εξατμισοδιαπνοή) και **I**: η ποσότητα του ύδατος που κατεισδύει εντός του εδάφους (κατεισδυση)

- **Υπολογισμός ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (P).**

Η μέση βροχόπτωση μιας περιοχής μπορεί να υπολογιστεί ικανοποιητικά από ένα δίκτυο αντιπροσωπευτικών βροχομετρικών οργάνων τα οποία δείχνουν τις τοπικές μεταβολές στη βροχόπτωση. Οι κυριότερες μέθοδοι οι οποίες μετατρέπουν τις αναγνώσεις των βροχομέτρων στη μέση βροχόπτωση μιας ορισμένης περιοχής αναφέρθηκαν στο δεύτερο κεφάλαιο της παρούσας μελέτης. Στην συγκεκριμένη περίπτωση γίνεται χρήση της μεθόδου των πολυγώνων Thiessen, η οποία συνιστάται όταν η λεκάνη απορροής έχει μικρό αριθμό βροχομετρικών σταθμών, η κατανομή τους δεν είναι ομοιόμορφη και επικρατεί ήπιο ανάγλυφο (Κωτσόπουλος 2006). Κατά την εφαρμογή της παρουσιάστηκε το πρόβλημα της μη ύπαρξης επαρκών μετεωρολογικών σταθμών παρατήρησης (απαιτούνται τουλάχιστον 3) εντός της υπό εξέταση λεκάνης, που ξεπεράστηκε με την χρήση δεδομένων κοντινών σταθμών.

Η μέθοδος Thiessen χρησιμοποιεί τον χάρτη της περιοχής όπου σημειώνονται οι θέσεις των σταθμών που λειτουργούν. Ενώνοντας με ευθύγραμμα τμήματα όλους τους γειτονικούς σταθμούς και φέρνοντας τη μεσοκάθετη σε κάθε ένα από αυτά σχηματίζονται πολύγωνα. Κάθε ένα από τα πολύγωνα αυτά καθορίζει την έκταση της περιοχής ( $E_i$ ), που αντιστοιχεί σε ένα μόνο σταθμό που βρίσκεται μέσα στο πολύγωνο και καλείται ποσοστιαίος παράγοντας ή συντελεστής Thiessen ο οποίος καθορίζει το ποσοστό της συμμετοχής της βροχής του σταθμού στην ολική βροχή της περιοχής.

Η ολική μέση βροχόπτωση μιας λεκάνης απορροής μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$P = (\sum P_i E_i) / \sum E_i \quad (3.2)$$

όπου  $P_i$  το μέσο βροχομετρικό ύψος του κάθε σταθμού.

Για τον σχεδιασμό των χαρτών και των σχετικών εμβαδομετρήσεων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό GIS- ARC VIEW.

- **Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής (ET).**

Όπως αναφέρθηκε στο θεωρητικό μέρος με τον όρο εξατμισοδιαπνοή ορίζονται οι σύνθετες διαδικασίες εξάτμισης του νερού από τις υγρές περιοχές και της διαπνοής από τα φυτά, δηλαδή τη μεταφορά του νερού από την επιφάνεια στην ατμόσφαιρα και από την υγρή φάση στην αέρια.

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής έχει πολύ μεγάλη σημασία για την άρδευση και τις καλλιέργειες. Αυτός είναι και ο λόγος που πολλοί ερευνητές έχουν αναπτύξει διάφορες



εμπειρικές μεθόδους που βασίζονται σε αποτελέσματα μετρήσεων και μακροχρόνιες παρατηρήσεις.

Για τον υπολογισμό της μέσης μηνιαίας εξατμισοδιαπνοής στη λεκάνη του Ασωπού ποταμού εφαρμόστηκαν οι μέθοδοι του Coutagne (1949) και των Burdon-Parakis (1963) που ικανοποιούν τις συνθήκες της περιοχής. Επισημαίνεται ότι κατά την εκτίμηση χρησιμοποιήθηκαν δημοσιευμένες τιμές οι οποίες αφορούν στην περιοχή του μέσου ρου του Ασωπού (Δούνας 1978) και στην περιοχή μεταξύ Μεγάρων και Ερυθρών (Δούνας 1971).

#### **Μέθοδος Coutagne (1949)**

Ο τύπος της μεθόδου Coutagne (1949) είναι ο ακόλουθος:

$$E = P - \lambda P^2 \quad (3.3)$$

όπου E: η μέση μηνιαία πραγματική εξατμισοδιαπνοή, P: το μέσο μηνιαίο ύψος βροχής σε m, λ: συντελεστής που δίνεται από τον τύπο:

$$\lambda = 1 / (0,8 + 0,14T) \quad (3.4)$$

όπου T: η μέση μηνιαία θερμοκρασία σε βαθμούς °C.

Η εν λόγω μέθοδος εφαρμόζεται όταν ικανοποιείται η συνθήκη  $\frac{1}{8} \lambda \leq P \leq \frac{1}{\lambda}$  κάτι που συμβαίνει στην υπό εξέταση περιοχή.

#### **Μέθοδος Burdon & Parakis (1963)**

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου λαμβάνεται υπόψη μόνο το ύψος των μηνιαίων ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Όταν το ετήσιο ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είναι μικρότερο από 1000 mm και μεγαλύτερο από 250 mm –όπως συμβαίνει και στην προκειμένη περίπτωση– ως εξατμισοδιαπνοή λαμβάνεται το 50% του χρονικού διαστήματος Νοεμβρίου-Μαρτίου συν τις βροχοπτώσεις των υπολοίπων μηνών.

$$E = 0,5 P_{N-M} + P_{A-O} \quad (3.5),$$

όπου  $P_{N-M}$ : το συνολικό ύψος βροχής του διαστήματος Νοεμβρίου-Μαρτίου και  $P_{A-O}$ : το συνολικό ύψος βροχής του διαστήματος Απριλίου-Οκτωβρίου.

Για την εύρεση της μέσης μηνιαίας εξατμισοδιαπνοής που αφορά στη λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού, έγινε υπολογισμός των μεταβλητών των παραπάνω περιγραφόμενων εξισώσεων χρησιμοποιώντας τα ύψη βροχής και τις ατμοσφαιρικές θερμοκρασίες των 4 μετεωρολογικών σταθμών της ΕΜΥ (Πίνακες 3.1 και 3.2).

- **Υπολογισμός κατείδυσης (I).**

Ένας από τους τρόπους υπολογισμού της κατείδυσης αποτελεί η παρακολούθηση της παροχής των πηγών μιας λεκάνης απορροής κατά την διάρκεια του έτους γνωρίζοντας την συνολική επιφάνεια της και τον συνολικό όγκο των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που δέχεται σε όλη την διάρκεια του έτους.

Επιπλέον η μέτρηση του σημαντικού αυτού μεγέθους πραγματοποιείται και με την βοήθεια ειδικών συσκευών των λυσίμετρων, που χρησιμοποιούνται κυρίως σε προσχωσιγενείς περιοχές.

Στην συγκεκριμένη μελέτη ο υπολογισμός της κατείδυσης έγινε μέσω της ομαδοποίησης των γεωλογικών σχηματισμών και εμβαδομέτρησής τους και μέσω πινάκων από την βιβλιογραφία που μας δίνουν τους συντελεστές κατείδυσης των κυριοτέρων γεωλογικών σχηματισμών.

Συγκεκριμένα με τον τρόπο που περιγράφηκε στην παράγραφο 3.1 προέκυψε ο ψηφιοποιημένος γεωλογικός χάρτης της περιοχής ενδιαφέροντος. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που απεικονίζονται στον χάρτη αυτό παρουσιάζουν διαφορετική υδρολογική συμπεριφορά, η οποία είναι συνάρτηση της λιθολογικής τους σύστασης.

Όπως προκύπτει από την βιβλιογραφία ο συντελεστής κατείδυσης 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 τέλος 13% για την σχιστοκερατολιθική διάπλαση. (Ψωμιάδης 2010)

Με βάση την παραπάνω κατηγοριοποίηση έγινε η ομαδοποίηση των πετρωμάτων που παρουσιάζονται στον γεωλογικό χάρτη για κάθε μια από τις περιοχές επιρροής του κάθε μετεωρολογικού σταθμού. Ακολούθησε εμβαδομέτρηση της έκτασης του κάθε σχηματισμού με την βοήθεια του προγράμματος ArcGIS (ArcGIS Desktop help⇒Working with Tables⇒ Making field Calculations) και υπολογισμός του βαρυκεντρικού συντελεστή κατείδυσης μέσω της σχέσης:

$$\Sigma(\text{ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ Χ ΕΚΤΑΣΗ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ}) / \Sigma(\text{ΕΚΤΑΣΗ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ}) \quad (3.6).$$

- **Υπολογισμός επιφανειακής απορροής (O).**

Ο υπολογισμός της επιφανειακής απορροής σε ένα υδρογραφικό δίκτυο μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους και μετρήσεις. Μερικές από αυτές τις μεθόδους είναι οι εξής: Μέθοδοι μέτρησης της στάθμης, μέθοδοι της παροχής, μέθοδοι μέτρησης ταχύτητας-διατομής, μέθοδοι μόνιμων κατασκευών, μέθοδοι χρησιμοποίησης χημικών ουσιών και

εναλλακτικές μέθοδοι στις οποίες χρησιμοποιούνται εμπειρικές σχέσεις που συνδέουν την απορροή με τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.

Στην συγκεκριμένη μελέτη ο υπολογισμός της μέσης ετήσιας απορροής του Ασωπού ποταμού στηρίζεται στον προσδιορισμό της επιφανειακής απορροής από τους επιμέρους υδρολογικούς συντελεστές του υδατικού ισοζυγίου, με βάση τα στοιχεία των παραπάνω ενοτήτων και τα εμπειρικά δεδομένα που προέκυψαν από την υδρολογική μελέτη της λεκάνης του μέσου ρου του ποταμού από τους Δούνα κ.α. (1978).

Η μέση ετήσια επιφανειακή απορροή στη λεκάνη απορροής του Ασωπού δίνεται έτσι από τον τύπο:

$$Q = P - ET - I \quad (3.7)$$

όπου P : οι μέσες μηνιαίες τιμές των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, ET: η μέση μηνιαία τιμή εξατμισοδιαπνοής και I : η μέση μηνιαία τιμή της κατείσδυσης.

### 3.2.2. 2<sup>η</sup> Προσέγγιση υπολογισμού της επιφανειακής απορροής: Μοντέλο Υδατικού Ισοζυγίου του Thornthwaite

Το μοντέλο υδατικού ισοζυγίου (Σχήμα 3.1.) αναλύει την κατανομή του νερού μεταξύ των διαφόρων συνιστωσών του υδρολογικού συστήματος χρησιμοποιώντας ένα μηνιαίο λογιστικό πρόγραμμα βάσει της μεθοδολογίας που αρχικά παρουσίασε ο Thornthwaite (Thornthwaite 1948, Mather 1978 & 1979, McCabe & Wolock 1999, Wolock & McCabe 1999). Δεδομένα εισόδου για το μοντέλο είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία (T, σε °C), το μηνιαίο ολικό ποσό ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (P, σε mm), καθώς και το γεωγραφικό πλάτος (σε μοίρες) της θέσης ενδιαφέροντος. Το γεωγραφικό πλάτος της θέσης χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της διάρκειας της ημέρας, η οποία είναι αναγκαία για τον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (PET). Το μοντέλο αναφέρεται ως μοντέλο Thornthwaite. Μια αναφορά των επιμέρους συστατικών του ισοζυγίου νερού ακολουθεί.

#### Χιονοσυσσώρευση

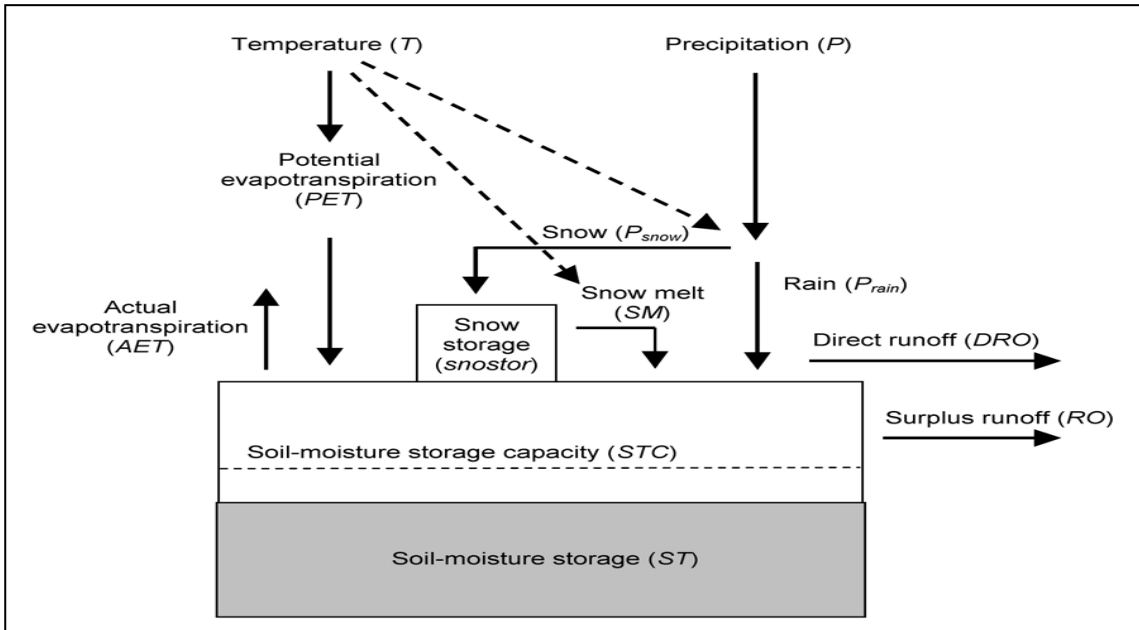
Ο πρώτος υπολογισμός του μοντέλου υδατικού ισοζυγίου είναι η εκτίμηση του ποσοστού των μηνιαίων ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (P) που αντιστοιχούν σε βροχή ( $P_{\betaροχη}$ ) ή χιόνι ( $P_{χιονι}$ ), σε mm. Όταν η μέση μηνιαία θερμοκρασία (T) είναι κάτω από ένα καθορισμένο κατώφλι ( $T_{\chiιονιου}$ ), όλο το ποσό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων λαμβάνεται υπόψη ως χιόνι. Αν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από μια επιπρόσθετη τιμή κατωφλίου ( $T_{\betaροωχη}$ ), τότε όλο το ποσόν των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων θεωρείται ως βροχή. Εντός του φάσματος που ορίζεται από τα  $T_{\chiιονιου}$  και  $T_{\betaροωχη}$ , η ποσότητα των

ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που αντιστοιχεί σε χιόνι μειώνεται γραμμικά από 100 % έως 0 % των συνολικών κατακρημνισμάτων. Η σχέση αυτή εκφράζεται ως:

$$P_{\chiιονιου} = P \times \left[ \frac{T_{\betaροχης} - T}{T_{\betaροχης} - T_{\chiιονιου}} \right] \quad (3.8)$$

Το  $P_{\betaροχης}$  στην συνέχεια υπολογίζεται ως:

$$P_{\betaροχης} = P - P_{\chiιονιου} \quad (3.9)$$



**ΣΧΗΜΑ 3.3 :** Σχηματική παράσταση του μοντέλου υδατικού ισοζυγίου. (όπου Actual evapotranspiration= πραγματική εξατμισοδιαπνοή, Potential evapotranspiration= Δυνητική εξατμισοδιαπνοή, Temperature= Θερμοκρασία, Precipitation= Κατακρημνίσματα, Snow=Χιόνι, Rain= Βροχή, Direct runoff= Άμεση Απορροή, Snow storage= Χιονοσυσσώρευση , Snow melt= Λιωμένο χιόνι , Soil- moisture storage capacity= ικανότητα κατακράτησης υγρασίας του εδάφους, Soil-moisture storage= Αποθηκευμένη εδαφική υγρασία)

Βασίζόμενοι στην ανάλυση των αποτελεσμάτων του υδάτινου ισοζυγίου για μια σειρά από περιοχές μελέτης ,ικανοποιητική κρίνεται μια τιμή  $T_{\betaροχης} = 3,3 \text{ } ^\circ \text{C}$  (McCabe & Wolock 1999). Οι τιμές  $T_{\chiιονιου}$  που μπορούν να χρησιμοποιηθούν φαίνεται να διαφοροποιούνται ανάλογα με το υψόμετρο. Έτσι για υψόμετρο κάτω των 1000 m, η τιμή  $T_{\chiιονιου} = -10 \text{ } ^\circ \text{C}$  φαίνεται να λειτουργεί καλύτερα, και για τις περιοχές πάνω από 1.000 m η τιμή  $T_{\chiιονιου} = -1 \text{ } ^\circ \text{C}$  είναι καταλληλότερη. (Αυτές οι τιμές καθορίστηκαν από προηγούμενες βαθμονομήσεις του μοντέλου κατά τη διάρκεια δοκιμών και αξιολογήσεων των υπολογισμών απορροής σε γειτονικές περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών. (David Wolock, Γεωλογικής Έρευνας των ΗΠΑ, Λόρενς, Kans..) Το  $P_{\chiιονιου}$  συσσωρεύεται ως χιόνι αποθήκευσης (snostor).

### **Άμεση Απορροή**

Άμεση απορροή (DRO) είναι η απορροή, σε mm, από αδιαπέραστες επιφάνειες ή η απορροή που προκύπτει από υπερχειλίση που προκύπτει από την υπέρβαση του ορίου διήθησης του εδάφους.

Το κλάσμα (drofrac) της βροχής P που γίνεται DRO καθορίζεται με βάση τις αναλύσεις προηγούμενων μοντέλων υδατικού ισοζυγίου. Μια ενδεικτική τιμή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι 5 % (Wolock & McCabe 1999). Η DRO εκφράζεται από την σχέση:

$$DRO = P_{\text{βροχής}} \times \text{drofrac} \quad (3.10)$$

Το ποσό που αντιστοιχεί στην άμεση απορροή (DRO) αφαιρείται από τη βροχή P για να υπολογιστεί η ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που παραμένει.:

$$P_{\text{remain}} = P_{\text{rain}} - DRO \quad (3.11)$$

### **Ρυθμός τήξης του πάγου**

Το κλάσμα του snostor που τήκεται σε ένα μήνα (κλάσμα χιονιού που τήκεται SMF) υπολογίζεται από τη μέση μηνιαία θερμοκρασία (T) και ένα μέγιστο ποσοστό τήξης (meltmax). Το Meltmax συχνά ορίζεται από την τιμή 0,5 (Wolock & McCabe 1999). Το κλάσμα του αποθηκευμένου χιονιού που τήκεται σε ένα μήνα υπολογίζεται ως:

$$SMF = (T - T_{\text{snow}} / T_{\text{rain}} - T_{\text{snow}}) \times \text{meltmax} \quad (3.12)$$

Εάν η υπολογιζόμενη SMF είναι μεγαλύτερη από 0,5, τότε η SMF ορίζεται ως meltmax. Η ποσότητα του χιονιού που τήκεται σε ένα μήνα (SM), σε χιλιοστά ισοδύναμου νερού χιονιού, υπολογίζεται ως εξής:

$$SM = \text{snostor} \times SMF \quad (3.13)$$

Το SM προστίθεται στο  $P_{\text{remain}}$  για να υπολογιστεί η συνολική ποσότητα υγρού ύδατος (P σύνολο) που διεισδύει στο έδαφος.

### **Εξατμισοδιαπνοή και ποσότητα αποθηκευμένης υγρασίας στο έδαφος**

Η Πραγματική εξατμισοδιαπνοή (AET) προέρχεται από την δυνητική εξατμισοδιαπνοή (PET), την συνολική ατμοσφαιρική κατακρήμνιση P, το ποσό της αποθηκευμένης υγρασίας στο έδαφος (ST) και την απόσυρση της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας (STW). Η μηνιαία PET υπολογίζεται από τη μέση μηνιαία θερμοκρασία (T) και ορίζεται ως η απώλεια νερού από μια μεγάλη, ομοιογενή, καλυμμένη με βλάστηση περιοχή που ποτέ δεν στερείται ύδατος (Thornthwaite 1948, Mather 1978). Έτσι, η PET αντιπροσωπεύει την κλιματολογική ζήτηση για νερό σε σχέση με τη

διαθέσιμη ενέργεια. Σε αυτό το ισοζύγιο νερού, το PET υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την εξίσωση Hamon (Hamon 1961):

$$PET_{Hamon} = 13,97 \times d \times D^2 \times W_t \quad (3.14)$$

όπου  $PET_{Hamon}$  είναι η PET σε χιλιοστόμετρα ανά μήνα, το  $d$  είναι ο αριθμός των ημερών σε ένα μήνα, το  $D$  είναι οι μέσες μηνιαίες ώρα της ημέρας σε μονάδες 12ώρου, και  $W_t$  είναι ένας όρος που δίνει την πυκνότητα των κορεσμένων υδρατμών, σε γραμμάρια ανά κυβικό μέτρο, και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$W_t = \frac{4,95 \times e^{0,062 \times T}}{100} \quad (3.15)$$

όπου  $T$  είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου (Hamon 1961).

Όταν το  $P_{total}$  κατά την διάρκεια ενός μήνα είναι μικρότερο του PET, τότε το AET ισούται με τη συνολική  $P$  συν την ποσότητα της υγρασίας του εδάφους που μπορεί να αναρροφηθεί από την αποθηκευμένη. Η αναρρόφηση της αποθηκευμένης υγρασίας του εδάφους μειώνεται γραμμικά με τη μείωση  $ST$  έτσι ώστε καθώς το έδαφος γίνεται ξηρότερο, το νερό γίνεται πιο δύσκολο να αφαιρεθεί από το έδαφος και να διατίθενται μικρότερα ποσά για την AET.

Το  $STW$  υπολογίζεται ως εξής:

$$STW = ST_{i-1} - [abs(P_{total} - PET) \times (ST_{i-1} / STC)] \quad (3.16)$$

όπου  $ST_i$  είναι η αποθηκευμένη εδαφική υγρασία για τον προηγούμενο μήνα και  $STC$  είναι η ικανότητα κατακράτησης υγρασίας του εδάφους. Μια τιμή  $STC$  που ισούται με 150 mm λειτουργεί για τις περισσότερες περιοχές (McCabe & Wolock, 1999, Wolock & McCabe 1999).

Αν το άθροισμα των  $P_{Total}$  και  $STW$  είναι μικρότερο από PET, τότε ένα έλλειμμα νερού υπολογίζεται ως PET-AET. Εάν το  $P_{Total}$  ξεπεράσει το PET, τότε η AET είναι ίση με το PET και το νερό σε περίσσεια PET αναπληρώνει το ST. Όταν  $ST$  είναι μεγαλύτερο από  $STC$ , η περίσσεια νερού γίνεται πλεόνασμα ( $S$ ) και είναι τελικά διαθέσιμη για απορροή.

### **Απορροή**

Η απορροή (RO) παράγεται από το πλεόνασμα,  $S$ , σε μια συγκεκριμένη αναλογία (συντελεστής άμεσης απορροής,  $rFactor$ ). Μια τιμή  $rFactor$  που χρησιμοποιείται συνήθως είναι 0.5 (Wolock & McCabe 1999). Η παράμετρος  $rFactor$  καθορίζει το κλάσμα του πλεονάσματος που γίνεται απορροή σε ένα μήνα. Το υπόλοιπο πλεόνασμα μεταφέρεται στον επόμενο μήνα για να υπολογιστεί το συνολικό  $S$  για το συγκεκριμένο μήνα. Η άμεση απορροή (DRO), σε mm, προστίθεται απευθείας στην απορροή που δημιουργείται από το

πλεόνασμα (RO) για να υπολογίσουμε την συνολική μηνιαία απορροή (RO συνολικά), σε mm.

### **Το πρόγραμμα υπολογισμού του υδατικού ισοζυγίου**

Κατά την προσέγγιση αυτή χρησιμοποιείται το λογισμικό που διατίθεται ελεύθερα από το U.S. Geological Survey (USGS) και περιγράφεται αναλυτικά από τους McCabe & Markstrom (2007). Στην συνέχεια περιγράφονται οι αρχές στις οποίες βασίστηκε το πρόγραμμα καθώς και η διαδικασία υπολογισμού του υδατικού ισοζυγίου.

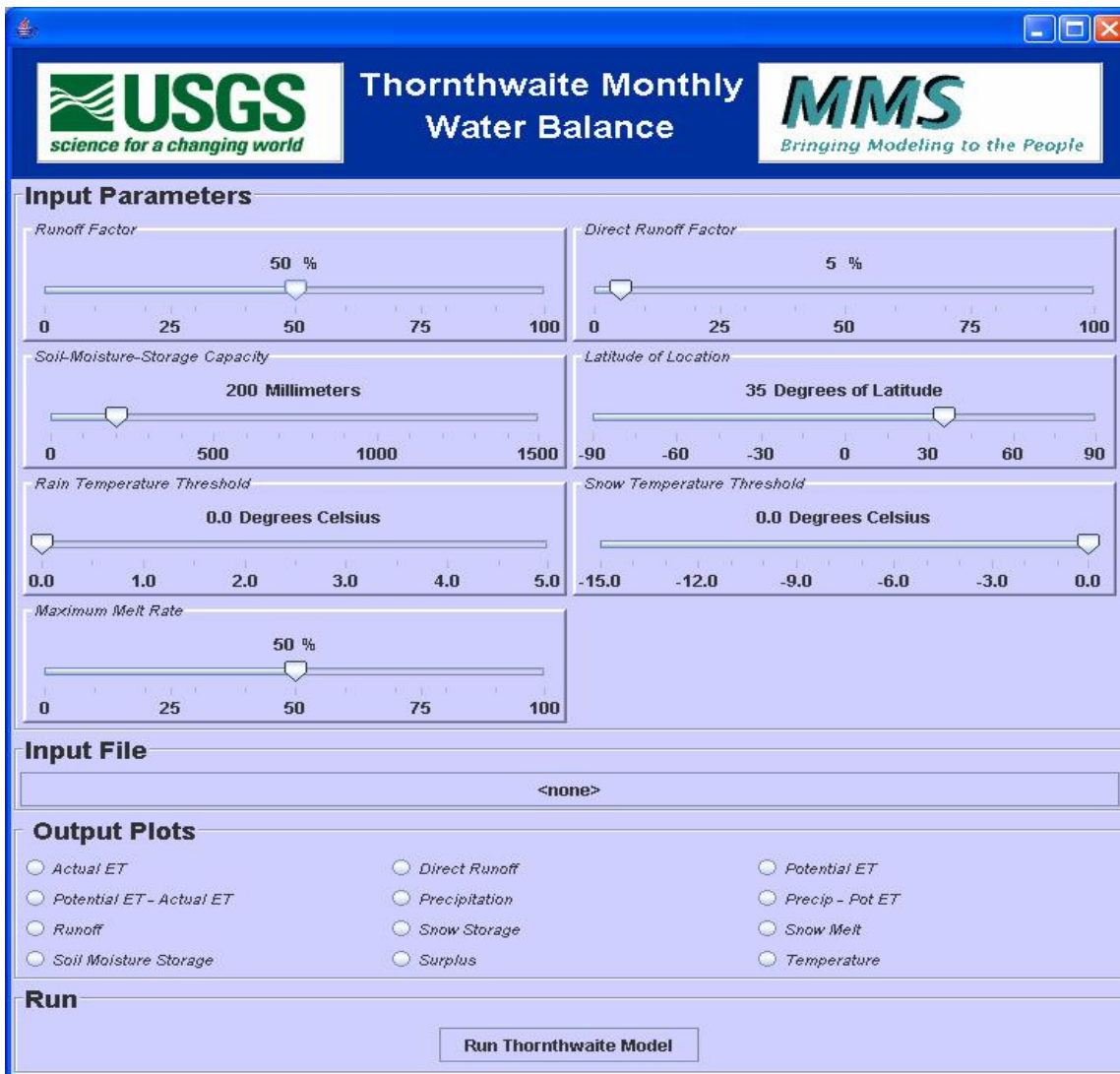
### **Δεδομένα εισόδου**

Το μοντέλο υδατικού ισοζυγίου έχει επτά παραμέτρους εισόδου που τροποποιούνται με την γραφική διεπαφή του χρήστη. Το εύρος και η προεπιλογή τιμών για αυτές τις παραμέτρους καθορίζονται από το μοντέλο. Οι τιμές αυτές αλλάζουν κάνοντας κλικ στην αντίστοιχη μπάρα και σέρνοντας την τιμή. Το σύστημα δεν θα επιτρέψει σε μη έγκυρες τιμές να εισαχθούν.

Τα δεδομένα που εισάγονται είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία και το συνολικό βροχομετρικό ύψος (Πίνακες 3.1 και 3.2. ). Ακόμη, εισάγονται το γεωγραφικό πλάτος (latitude) της περιοχής μελέτης (38°), που σχετίζεται με τον υπολογισμό της διάρκειας της ημέρας προκειμένου να υπολογιστεί η δυνητική εξατμισοδιαπνοή, ο συντελεστής άμεσης απορροής (5%), το κατώφλι θερμοκρασίας βροχής (3,3°C), το κατώφλι θερμοκρασίας χιονιού (-10°C), ο μέγιστος ρυθμός τήξης του πάγου (50%) όπως αυτές προτείνονται από τους McCabe & Markstrom (2007).

Τέλος, για την ικανότητα αποθήκευσης υγρασίας στο έδαφος, χρησιμοποιούνται τιμές μεταξύ 100 mm (περιοχές μικρής βροχόπτωσης) μέχρι και 250 mm (περιοχές μεγάλης βροχόπτωσης) στη περίπτωση του ελληνικού χώρου.

Επισημαίνεται ότι το πρόγραμμα έτρεξε για τον κάθε σταθμό επιρροής του Βοιωτικού Ασωπού χωριστά και στην συνέχεια έγινε ο υπολογισμός του συνόλου της απορροής της λεκάνης με την βοήθεια των πολυγώνων Thiessen.



**ΣΧΗΜΑ 3.4** :Εικόνα της αρχικής οθόνης της εφαρμογής του προγράμματος μηνιαίου υπολογισμού του υδατικού ισοζυγίου.

### Αρχεία δεδομένων

Το μοντέλο απαιτεί ένα απλό αρχείο δεδομένων εισόδου (αρχείο WordPad). Για να επιλέξουμε το αρχείο εισόδου, κάνουμε κλικ στο κουμπί που αντιστοιχεί στο αρχείο ("Input File", Σχήμα 3.4) και ένα πρόγραμμα περιήγησης στο αρχείο θα εμφανιστεί. Το αρχείο εισόδου πρέπει να είναι ένα αρχείο στο τοπικό σύστημα αρχείων του χρήστη που να περιέχει τα δεδομένα εισόδου του υδατικού ισοζυγίου. Ένα δείγμα των αρχείων δεδομένων (input.file) παρέχεται με το μοντέλο και βρίσκεται στο φάκελο εγκατάστασης USGS\_Thornthwaite. Το αρχείο δεδομένων πρέπει να οργανωθεί σε τέσσερις στήλες με έναν ή περισσότερους χαρακτήρες διαστήματος μεταξύ των στηλών. Η πρώτη στήλη είναι το έτος, η δεύτερη είναι η αριθμητική τιμή του μήνα του έτους, η τρίτη είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου, και η τελευταία είναι η συνολική μηνιαία βροχόπτωση



σε mm. Παρακάτω παρουσιάζεται η μορφή των αρχείων αυτών για κάθε έναν από τους σταθμούς ενδιαφέροντος.

Αρχείο	Επεξεργασία	Μορφή	Προβολή	Βοήθεια
1990	1	7.3	65.36	
1990	2	7.5	49.43	
1990	3	9.6	54.77	
1990	4	13.3	26.71	
1990	5	18.2	22.62	
1990	6	22.9	11.25	
1990	7	25.1	7.9	
1990	8	24.9	9.55	
1990	9	21.3	17.93	
1990	10	16.8	48.42	
1990	11	12.7	62.93	
1990	12	9.2	76.04	

Αρχείο	Επεξεργασία	Μορφή	Προβολή	Βοήθεια
1990	1	7.1	70.04	
1990	2	8.2	73.63	
1990	3	10.6	96.35	
1990	4	15.2	83.32	
1990	5	20.6	70.91	
1990	6	25.7	72.71	
1990	7	27.2	38.67	
1990	8	26.2	30.6	
1990	9	22.6	17.07	
1990	10	16.9	6.28	
1990	11	12	13.54	
1990	12	8.6	22.19	

Αρχείο	Επεξεργασία	Μορφή	Προβολή	Βοήθεια
1990	1	9.2	46.89	
1990	2	9.5	38.72	
1990	3	11.4	42.17	
1990	4	15.2	25.45	
1990	5	20.3	18.96	
1990	6	25.03	7.87	
1990	7	27.7	5.36	
1990	8	27.5	5.15	
1990	9	23.8	11.86	
1990	10	18.9	40.81	
1990	11	14.5	62.29	
1990	12	10.97	65.69	

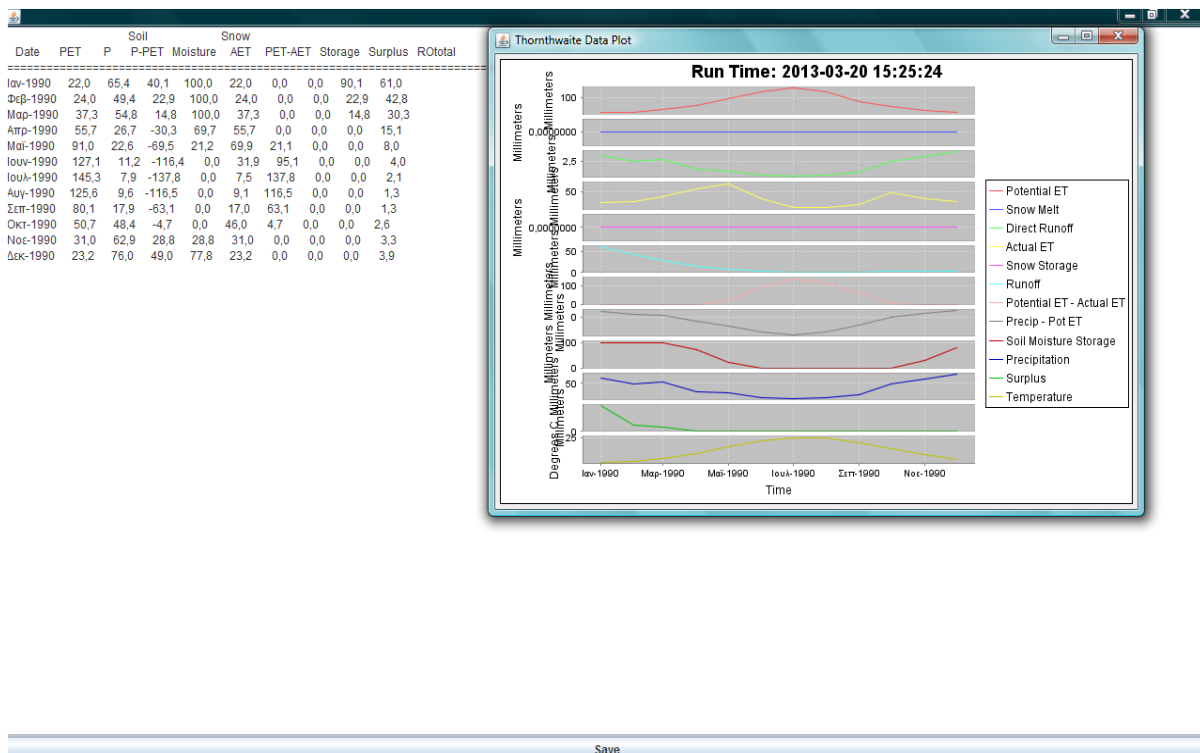
  

Αρχείο	Επεξεργασία	Μορφή	Προβολή	Βοήθεια
1990	1	7.5	68.55	
1990	2	8.1	49.58	
1990	3	9.8	50.19	
1990	4	13.5	24.64	
1990	5	18.4	20.58	
1990	6	23	10.8	
1990	7	25.5	10.52	
1990	8	25.5	4.87	
1990	9	21.9	13.44	
1990	10	17.04	47.98	
1990	11	12.7	57.58	
1990	12	9.3	76.37	

**ΣΧΗΜΑ 3.5 :** Αρχεία WordPad των μετεωρολογικών σταθμών ενδιαφέροντος. Η πρώτη στήλη αντιστοιχεί στο έτος (δίνεται τυπικά τιμή ίση με 1990), η δεύτερη είναι η αριθμητική τιμή του μήνα, η τρίτη είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία σε °C και η τελευταία αντιστοιχεί στην συνολική μηνιαία βροχόπτωση σε mm.

Όταν τρέξουμε το μοντέλο του υδατικού ισοζυγίου Thorthwaite , εμφανίζεται ένα αναδυόμενο παράθυρο στο οποίο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεθόδου (Σχήμα 3.6). Τα αρχεία εξόδου αποτελούνται από στήλες που αντιπροσωπεύουν από αριστερά προς δεξιά την ημερομηνία, PET, P, P-PET, αποθηκευμένη εδαφική υγρασία, AET, PET-AET , αποθηκευμένο χιόνι, το πλεόνασμα, και  $RO_{total}$ . Τα περιεχόμενα αυτού του παραθύρου μπορούν να αποθηκευτούν σε ένα αρχείο, κάνοντας κλικ στο κουμπί **Αποθήκευση** στο κάτω μέρος του παραθύρου και προσδιορίζοντας το όνομα (και κατάλογο) ενός αρχείου εξόδου στο πρόγραμμα περιήγησης αρχείων.

Στο κάτω μέρος του κύριου παραθύρου του προγράμματος (Σχήμα 3.4), ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τις συγκεκριμένες μεταβλητές που πρέπει να σχεδιαστούν κάνοντας κλικ στο αντίστοιχο κύκλο. Αφού τρέξει το πρόγραμμα, θα ανοίξει ένα παράθυρο με τα διάγραμμα χρονοσειρών (Σχήμα 3.6). Το μοντέλο μπορεί να εκτελεστεί όσες φορές θέλουμε, κάθε φορά επιλέγοντας ένα διαφορετικό σύνολο των μεταβλητών προς σχεδίαση.



**ΣΧΗΜΑ 3.6 :** Αναδυόμενα παράθυρα μετά την εκτέλεση του προγράμματος Thorthwaite

Με την παραπάνω περιγραφόμενη διαδικασία δουλέψαμε και για τους 4 σταθμούς ενδιαφέροντος. Η ολική επιφανειακή απορροή προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους αποτελεσμάτων των σταθμών ενδιαφέροντος.

### 3.3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΒΟΙΩΤΙΚΟΥ ΑΣΩΠΟΥ

Στο δεύτερο μέρος της παρούσας μελέτης γίνεται μια προσπάθεια υπολογισμού της στερεοπαροχής ανά μονάδα επιφάνειας του Βοιωτικού Ασωπού. Στην Ελλάδα, εν αντιθέσει με την διεθνή επιστημονική πρακτική, έχει εγκαταλειφθεί η προσπάθεια μέτρησης της στερεοπαροχής των ποταμών και των χειμάρρων. Μόνο η Δ.Ε.Η., στη φάση της μελέτης

κατασκευής των ταμιευτήρων της, πραγματοποιεί μετρήσεις της στερεοπαροχής οι οποίες όμως είναι σποραδικές και πολλές φορές ανεπαρκείς και αφορούν μόνο στο φορτίο σε αιώρηση ενώ σταματούν με την κατασκευή του έργου (Ζάρρης κ.α. 2000).

Έτσι εφόσον η ακριβής εκτίμηση της στερεοπαροχής καθίσταται από δύσκολη έως αδύνατη ενέργεια, καταφεύγουμε σε διάφορους τύπους που αναπτύχθηκαν γι' αυτό τον σκοπό. Αυτοί οι τύποι στηρίζονται στο γεγονός ότι οι εστίες παραγωγής φερτών υλών στα χειμαρρικά ρεύματα βρίσκονται κυρίως γύρω και κατά μήκος των κοιτών τους και γι' αυτό η στερεομεταφορά αυτών των ρευμάτων εξαρτάται από τη στερεοπαραγωγικότητα των χειμαρρικών εστιών. Σύμφωνα με το συλλογισμό αυτό η στερεοπαροχή των χειμαρρικών ρευμάτων εκφράζεται σε συνάρτηση με την ένταση των χειμαρρικών φαινομένων στις λεκάνες απορροής τους.

Η αναζήτηση των μεθοδολογιών αυτών εκτίμησης της στερεοπαροχής ανά μονάδα επιφανείας έγινε στην ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία με κριτήριο οι εμπειρικές σχέσεις να μπορούν να δώσουν αποτελέσματα βασιζόμενες στα λιγιστά δεδομένα που έχουμε διαθέσιμα 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 σε επτά εξισώσεις, που αφορούν κυρίως ποτάμια που διαρρέουν περιοχές με παρόμοιες κλιματικές συνθήκες, συνθήκες βλάστησης και γεωλογικά χαρακτηριστικά. Η πρώτη μέθοδος υπολογισμού της στερεοπαροχής στηρίζεται της εκτίμησης του συντελεστή στερεοαπορροής (SDR) με την εξίσωση Renfro (1972), η οποία έχει προκύψει από τη μελέτη πολυάριθμων δεδομένων διάβρωσης και στερεοπαροχής στις ΗΠΑ. Η εκτίμηση της εδαφικής απώλειας από τη βροχόπτωση και την απορροή έγινε μέσω μιας εμπειρικής εξίσωσης που καλείται Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας (USLE) (1978). Η USLE αναπτύχθηκε από αρκετών χρόνων στατιστικές αναλύσεις δεδομένων βροχόπτωσης, απορροής και απώλειας ιζήματος. Η εξίσωση των Jansen & Painter (1973) που βασίστηκε σε μοντέλα που αναπτύχθηκαν σε 79 ποτάμια διαφόρων κλιματικών ζωνών αποτέλεσε την δεύτερη μέθοδο υπολογισμού της στερεοπαροχής ανά μονάδα επιφανείας. Η εξίσωση που προτάθηκε από τους Koutsogiannis & Tarlas (1987) και αφορά σε μελέτη της ετήσιας στερεοπαροχής των ποταμών της Β. Πελοποννήσου που εκβάλλουν στον κορινθιακό κόλπο των Gourdoumpas et al (2010) ,είναι μια ακόμη μέθοδος προσδιορισμού. Η επόμενη εξίσωση προτάθηκε από τους Milliman & Syvitski (1992) και χρησιμοποιήθηκε από τους Poulos et al (1996) και αφορά 41 ποταμούς των οποίων οι λεκάνες απορροής αποστραγγίζουν περιοχές με υψόμετρο μεταξύ 1000 και 3000 μέτρων.

Τέλος ο προσδιορισμός της στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού επιτεύχθηκε μέσω των εξισώσεων του Probst (1992) που χρησιμοποιήθηκαν από τους Liqueete et al. το 2004 σε 12 ποτάμια συστήματα της Ανδαλουσίας και της εξίσωση που αφορά σε μελέτη των Poulos & Chronis (1997) και έχει χρησιμοποιηθεί σε ποτάμια της ΝΑ Ευρώπης και της Τουρκίας.

### **3.3.1 1<sup>ος</sup> Τρόπος προσδιορισμού της στερεοπαροχής: Παγκόσμια Εξίσωση της Εδαφικής Απώλειας και Εξίσωση Renfro**

Ο πρώτος τρόπος υπολογισμού της στερεομεταφοράς του Βοιωτικού Ασωπού στηρίζεται στον υπολογισμό της εδαφικής απώλειας μέσω της Παγκόσμιας Εξίσωσης της Εδαφικής Απώλειας και στην συνέχεια μέσω της εκτίμησης του συντελεστή στερεοαπορροής (SDR) με την εξίσωση Renfro (1972), η οποία γράφεται ως:

$$\log(\text{SDR})=1,877-0,1419 \times \log(25,9 \times A) \quad (3.17)$$

όπου SDR: ο συντελεστής στερεοαπορροής και A: η έκταση της λεκάνης

Με τον όρο συντελεστής απορροής εννοείται το ποσοστό της εδαφικής διάβρωσης που μεταφέρεται ως την θάλασσα με την στερεοαπορροή και γενικά είναι μεγαλύτερος από την μονάδα και μάλιστα μειώνεται όσο αυξάνεται η επιφάνεια της λεκάνης απορροής.

### **Υπολογισμός ποσού εδαφικής απώλειας μέσω της Παγκόσμιας Εξίσωσης Εδαφικής Απώλειας**

Η ΠΕΕΑ στην αρχική της μορφή εκφράζεται ως το απλό γινόμενο διαφόρων παραγόντων, όπως φαίνεται στην εξίσωση:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (3.18)$$

όπου A: η εδαφική απώλεια ανά μονάδα επιφάνειας (soil loss per unit area) (t/ha/year), R: ο συντελεστής διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης (rainfall erosivity factor) ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), K: ο συντελεστής εδαφικής διαβρωσιμότητας (soil erodibility factor) ( $\text{t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ ), LS: ο τοπογραφικός συντελεστής (topographic factor) που αποτελείται από το γινόμενο του συντελεστή μήκους κλιτύος (L) (slope-length factor) και του συντελεστή κλίσης κλιτύος (S) (slope-gradient factor), C: ο συντελεστής φυτοκάλυψης (cropping management factor), και P: ο συντελεστής διαχείρισης των εδαφών κατά της διάβρωσης (erosion control practice factor).

Οι αριθμητικές τιμές των έξι συντελεστών στην αρχική μορφή της εξίσωσης έχουν προκύψει από επεξεργασία δεδομένων από μικρές λεκάνες απορροής στις ΗΠΑ. Αυτό προφανώς αποτελεί μειονέκτημα της μεθόδου στην περίπτωση που εφαρμόζεται η μέθοδος σε περιοχές εκτός των ΗΠΑ. Επιπροσθέτως η ΠΕΕΑ δεν συνυπολογίζει τη στερεομεταφορά

στις κλιτύες των λεκανών απορροής και δεν δίνει καλά αποτελέσματα σε λεκάνες απορροής μεγάλης κλίμακας. Άλλη σημαντική αδυναμία της ΠΕΕΑ είναι ότι υπολογίζει την εδαφική διάβρωση πολλαπλασιάζοντας εντελώς διαφορετικά μεγέθη, τα οποία εκφράζουν βροχόπτωση, εδαφολογικά χαρακτηριστικά, τοπογραφικές κλίσεις, φυτοκάλυψη και πρακτικές ελέγχου της διάβρωσης ενώ στην πραγματικότητα η διάβρωση δεν μπορεί να προσεγγιστεί με τόσο απλουστευμένο τρόπο (Kirkby 1980). Σε κάθε περίπτωση όμως η εξίσωση αυτή δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα ως μια αρχική προσέγγιση. (Λυκούδη & Ζαρρής 2001).

Είναι φανερό ότι στα πλεονεκτήματα του μοντέλου κατατάσσονται μεταξύ άλλων και η προφανής απλότητα στη συλλογή ορισμένων δεδομένων. Τα δεδομένα που απαιτούνται για τον υπολογισμό της εδαφικής απώλειας είναι το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (ΨΜΑ) για τον υπολογισμό του τοπογραφικού συντελεστή LS, η μέση ετήσια βροχόπτωση για τον υπολογισμό του συντελεστή διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης R, ο γεωλογικός χάρτης για τον προσδιορισμό του συντελεστή της εδαφικής διαβρωσιμότητας K και τέλος ο χάρτης των χρήσεων γης για τον υπολογισμό του συντελεστή της εδαφικής φυτοκάλυψης C και του συντελεστή διαχείρισης των εδαφών κατά της διάβρωσης, P. Οι αριθμητικές τιμές των συντελεστών K και C προέκυψαν είτε άμεσα από βιβλιογραφικά δεδομένα (π.χ. Χρυσάνθου & Πυλιώτης 1995, Ζαρρής κ.ά 2001) είτε έμμεσα κατόπιν περαιτέρω επεξεργασίας και συμπλήρωσής τους.

#### ***Υπολογισμός συντελεστή διαβρωσιμότητας της βροχόπτωσης***

Για τον υπολογισμό του συντελεστή R (σαν συνάρτηση της έντασης και της κινητικής ενέργειας των μεμονωμένων βροχών ενός έτους, που μπορούν να προκαλέσουν διάβρωση στο έδαφος) είναι απαραίτητη η χρήση των βροχογραφημάτων. Επειδή δεν υπάρχουν διαθέσιμα βροχογραφήματα, χρησιμοποιήθηκε η εμπειρική εξίσωση παλινδρόμησης (Schwertmann et al., 1990):

$$\mathbf{R=0,083 \times N -1,77 (3.19)}$$

όπου N: το μέσο ετήσιο ύψος βροχής σε mm και R: ο συντελεστής διαβρωτικότητας σε (N/hour).(Χρυσάνθου & Πυλιώτης 1995)

#### ***Υπολογισμός συντελεστή εδαφικής διαβρωσιμότητας***

Η τιμή του συντελεστή της εδαφικής διαβρωσιμότητας (K) της ΠΕΕΑ, ορίζεται βάσει των ιδιοτήτων του εδάφους, ανάλογα δηλαδή το ποσοστό συμμετοχής της άμμου, της ιλύος

και της αργίλου, όπως ορίζεται από την διεθνή βιβλιογραφία (Mitchell & Bubbenzer 1980, Χρυσάνθου & Πυλιώτης 1995, Λυκούδη & Σαρρής 2001).

Στην παρούσα εργασία ο συντελεστής εδαφικής διαβρωσιμότητας (K) τροποποιείται και σχετίζεται με την ευαισθησία των πετρωμάτων στη διάβρωση. Οι τιμές αυτές κυμαίνονται μεταξύ των τιμών 0,00001 έως 0,1, αντίστοιχη κλίμακα με αυτή που έχει το K στα εδάφη. Επομένως οι τιμές του συντελεστή K για κάθε ένα γεωλογικό σχηματισμό προκύπτει από την συνεκτικότητα, την αντίσταση του στην αποσάθρωση και την υδροπερατότητα και διηθητικότητα (Λυκούδη & Ζαρρής 2001). Ορισμένες τιμές του συντελεστή της εδαφικής διαβρωσιμότητας (K) εμφανίζονται στον Πίνακα 3.3.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3 :** Συντελεστής εδαφικής διαβρωσιμότητας (K) κυριότερων γεωλογικών σχηματισμών (Λυκούδη & Ζαρρής 2001)

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	K
Κώννοι κορημάτων, αλλουβιακά ριπίδια κ,ά,	0,045
Αλλουβιακές αποθέσεις	0,015
Τεταρτογενείς αποθέσεις: κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες	0,03
Πλειοκαινικές αποθέσεις: κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μπλε-γκρι μάργες	0,028
Κατωμειοκαινικοί κροκαλοπαγείς και λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι (Παξών)	0,0055
Ηωκαινικοί-παλαιοκαινικοί άστρωτοι παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι (Παξών)	0,0009
Ανω κρητιδικό πελαγικό ασβεστόλιθοι έντονα καστικοποιημένοι (Παξών)	0,00085
Ανω ιουρασικοί-κατω κρητιδικό πλακώδεις ασβεστόλιθοι της "Βίγλας" (Ιόνιος)	0,0006
Ανω τριαδικό συμπαγείς ασβεστόλιθοι του "Παντοκράτορα" (Ιόνιος)	0,0008
Κατω ιουρασικοί ασβεστόλιθοι με εναλλαγές σχιστολίθων και εγκλείσματα	
Ammonitico rosso (Ιόνιος)	0,006
Τριαδικό γύψοι (Ιόνιος)	0,003
Φλύσχης	0,02
Φυλλίτες	0,035
Σχιστόλιθοι	0,03

Για τον υπολογισμό του συντελεστή εδαφικής διαβρωσιμότητας (K) πραγματοποιήθηκε αρχικά με την βοήθεια του ψηφιοποιημένου γεωλογικού χάρτη (ΧΑΡΤΗΣ 2) ομαδοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών που απαντώνται στην περιοχή μελέτης με βάση τον Πίνακα 3.3 και στην συνέχεια με την χρήση του προγράμματος Arc Gis έγινε εμβαδομέτρηση των σχηματισμών αυτών και υπολογισμός του ποσοστού τους επί του συνολικού εμβαδού της λεκάνης.

Στην συνέχεια κανονικοποιώντας για το σύνολο της λεκάνης με βάση τα ποσοστά των παραπάνω ομάδων γεωλογικών σχηματισμών και την αντίστοιχη τιμή τους K υπολογίζουμε τον συνολικό συντελεστή εδαφικής διαβρωσιμότητας.

### Υπολογισμός τοπογραφικού συντελεστή LS

Ο τοπογραφικός συντελεστής (LS) είναι ο συνδυασμός δύο παραγόντων, του συντελεστή μήκους κλιτύος L (slope-length factor) και του συντελεστή της κλίσης κλιτύος S (slope-gradient factor). Μια αύξηση της τιμής των δύο συντελεστών L και S, επιφέρει σημαντική αύξηση της εδαφικής διάβρωσης, διότι οι πιο απότομες κλίσεις (S) παράγουν τις υψηλότερες ταχύτητες ροής και οι μακρύτερες κλίσεις (L) συσσωρεύουν επιφανειακή απορροή από μεγαλύτερες περιοχές με αποτέλεσμα την αύξηση πάλι της ταχύτητας ροής. Κατά συνέπεια η αύξηση και των δύο συντελεστών οδηγούν στην αυξανόμενη δυνατότητα εδαφικής διάβρωσης (Stefano et al. 2000).

Οι παραπάνω συντελεστές προκύπτουν από το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (DEM) μετά από την απαραίτητη επεξεργασία. Το δε DEM προήλθε από την ψηφιοποίηση των χαρτών της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ.) σε κλίμακα 1:50.000.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή LS έγινε χρήση του προγράμματος Arcmap 9.3 και του τύπου των (Jianguo Ma 2001):

$$LS=(\text{Flow Accumulation} \times \text{Cell Size}/22.13)^{0.4} \times (\text{SinSlope}/0.0896)^{1.3} \quad (3.20)$$

Πιο συγκεκριμένα για την δημιουργία κανάβου συγκεντρωτικής ροής και κανάβου κλίσεων ακολουθούμε την παρακάτω διαδικασία που παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.4 ενώ η μέση κλίση υπολογίζεται με το Zonal Statistics ( ArcToolbox→Spatial analyst Tools→Zonal→Zonal statistics).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4 :** Πίνακας που παρουσιάζει την διαδικασία υπολογισμού του κανάβου κλίσεων και συγκεντρωτικής ροής (Αυγέρη 2010).

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΑΡΧΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ
Πλήρωση βυθισμάτων DEM	Dem	Spatial analyst Tools→Hydrology→Fill	Filled_dem
Δημιουργία κανάβου κλίσεων	Filled_dem	Spatial Analyst Tools→Surface→Slope	Slope
Δημιουργία κανάβου διεύθυνσης ροής	Filled_dem	Spatial analyst → Hydrology→flow direction	Flow_dir
Δημιουργία κανάβου συγκεντρωτικής ροής	Flow_dir	Spatial analyst Tools→Hydrology→Flow Accumulation	Flow_accum

### Υπολογισμός συντελεστή φυτοκάλυψης C

Για τον υπολογισμό του συντελεστή φυτοκάλυψης (C) χρησιμοποιήθηκαν διαγράμματα χρήσεων γης από το πρόγραμμα CORINE σε κλίμακα 1:100.000, με τους αντίστοιχους κωδικούς. Πιο αναλυτικά, σε κάθε κωδικοποιημένη χρήση γης που απαντάται στη λεκάνη απορροής του Βοιωτικού Ασωπού, αντιστοιχίζεται μια τιμή του συντελεστή (C), η οποία προέκυψε είτε αξιοποιώντας τιμές από τη διεθνή βιβλιογραφία, προσαρμοσμένες στην περιγραφή των συγκεκριμένων χρήσεων γης (Wischmeier & Smith 1978, Schwertmann et al. 1990, Χρυσάνθου & Πυλιώτης 1995), είτε εκτιμώντας νέες εμπειρικές τιμές για τις χρήσεις γης που δεν αναφέρονται στη βιβλιογραφία ( Πίνακας 3.5).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5 :** Πίνακας που παρουσιάζει τον συντελεστή φυτοκάλυψης με βάση την κατάταξη των χρήσεων γης κατά CORINE. (Λυκούδη & Ζαρρής 2001)

ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	ΚΩΔΙΚΟΣ	C
Διακεκομμένη αστική δόμηση	112	0,001
Ζώνες λιμένων	123	0,0
Αεροδρόμια	124	0,0
Μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη	211	0,3
Αμπελώνες	221	0,2
Ορυζώνες	213	0,15
Οπωροφόρα δέντρα	222	0,2
Ελαιώνες	223	0,1
Ετήσιες καλλιέργειες	241	0,18
Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας	242	0,18
Γεωργική γη με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης	243	0,07
Γεωργοδασικές περιοχές	244	0,05
Δάσος πλατύφυλλων	311	0,001
Δάσος κωνοφόρων	312	0,001
Μικτό δάσος	313	0,001
Φυσικοί βοσκότοποι	321	0,3
Θάμνοι και χερσότοποι	322	0,45
Σκληροφυλλική βλάστηση	323	0,03
Μεταβατικές δασώδεις -θαμνώδεις εκτάσεις	324	0,02
Παραλίες-αμμόλοφοι-αμμουδιές	331	0,6
Απογυμνωμένοι βράχοι	332	0,02
Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	333	0,45
Αποτεφρωμένες εκτάσεις	334	0,55
Παραθαλάσσιοι βάλτοι	421	0,15
Συλλογές υδάτων	512	0,000

Για τον υπολογισμό του συντελεστή φυτοκάλυψης (C) πραγματοποιήθηκε αρχικά με την βοήθεια του ψηφιοποιημένου χάρτη CORINE (ΧΑΡΤΗΣ 1) ομαδοποίηση των διαφόρων χρήσεων γης που απαντώνται στην περιοχή μελέτης με βάση τον Πίνακα 3.5 και στην συνέχεια με την χρήση του προγράμματος Arc Gis έγινε εμβαδομέτρηση των σχηματισμών αυτών και υπολογισμός του ποσοστού τους επί του συνολικού εμβαδού της λεκάνης.



Στην συνέχεια κανονικοποιώντας για το σύνολο της λεκάνης με βάση τα ποσοστά των παραπάνω ομάδων χρήσεων γης και την αντίστοιχη τιμή τους C υπολογίζουμε τον συνολικό συντελεστή φυτοκάλυψης.

### ***Υπολογισμός συντελεστή διαχείρισης των εδαφών κατά της διάβρωσης (P)***

Ο συντελεστής διάβρωσης (P) αφορά μόνο καλλιεργήσιμες εκτάσεις και είναι το μέτρο της απομείωσης της εδαφικής απώλειας που οφείλεται σε πρακτικές ενίσχυσης των αγρών έναντι της διάβρωσης, εφόσον ακολουθούνται τέτοιες. Τέτοιες πρακτικές είναι το όργωμα και η φύτευση σε γραμμές παράλληλες με τις ισοϋψείς (συντελεστής P=0,60-0,90), ο διαχωρισμός της γης σε λωρίδες παράλληλες με τις ισοϋψείς, με διαφορετική καλλιέργεια στην κάθε μια και ανακύκλωση των καλλιεργειών (P=0,30-0,45) και η κατασκευή σειράς μικρών αναχωμάτων κάθετα στη διεύθυνση της κλίσης του εδάφους (P=0,12-0,18).

### **Υπολογισμός Στερεοπαροχής**

Όπως ειπώθηκε και παραπάνω μπορούμε να υπολογίσουμε το ποσό της στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού μέσω της εξίσωσης Renfro (1972) και υπολογίζοντας τον συντελεστή στερεοαπορροής (SDR)

### ***3.3.2 2<sup>ος</sup> Τρόπος προσδιορισμού της στερεοπαροχής: Εξίσωση των Jansen και Painter (1973)***

Στην περίπτωση αυτή ο προσδιορισμός της στερεοπαροχής ανά μονάδα επιφανείας του Βοιωτικού Ασωπού γίνεται μέσω της εξίσωσης που ανέπτυξαν οι Jansen & Painter το 1973 και δίνεται από την σχέση:

$$\log SY = -2,032 + 0,100 \times \log Q - 0,314 \times \log A + 0,750 \times \log H + 1,104 \times \log P + 0,368 \times \log T - 2,324 \times \log V + 0,786 \times \log L \quad (3.21)$$

όπου, SY: το ποσό της μέσης ετήσιας στερεοπαροχής σε tones/km<sup>2</sup>, Q: η μέση ετήσια επιφανειακή απορροή σε mm/year, A: η έκταση της λεκάνης απορροής σε km<sup>2</sup>, H: το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής σε m πάνω από το επίπεδο της θάλασσας, P: το μέσο ετήσιο ποσό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων σε mm, T: η μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα σε °C, V: συντελεστής βλάστησης που κυμαίνεται από 1(έρημος) έως 4(δάσος), και L: συντελεστής λιθολογίας που κυμαίνεται από 2 έως 6.

Η εξίσωση των Jansen και Painter στηρίζεται σε γραμμικά μοντέλα παλινδρόμησης που συνδέουν την ετήσια μέση στερεοπαροχή ανά μονάδα επιφανείας με έναν αριθμό κλιματικών και τοπογραφικών παραγόντων. Τα μοντέλα αυτά ανεπτύχθησαν σε 79 ποτάμια

με λεκάνες απορροής  $>5000\text{km}^2$  και αφορούν κάθε μια από τις μεγαλύτερες κλιματικές ζώνες του κόσμου. Χρησιμοποιήθηκαν ως εργαλεία πρόγνωσης για να εκτιμηθεί το μέγεθος του ιζηματολογικού προβλήματος όπου δεν υπάρχουν δεδομένα στερεομεταφοράς.

Παρά τους περιορισμούς που επιβάλλονται από τη χρήση αριθμητικών διορθώσεων στην ανάπτυξη των μοντέλων αυτών, αποδεικνύεται η σημασία των διαφόρων κλιματολογικών και τοπογραφικών παραγόντων και εκτιμάται η ετήσια παγκόσμια απογύμνωση με βάση τις εξισώσεις. Η τελευταία μπορεί να συγκριθεί ικανοποιητικά με τα υπάρχοντα δεδομένα.

Τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά που συμπεριλήφθησαν στην εξίσωση των Jansen & Painter (1992) ήταν το μέσο υψόμετρο της περιοχής μελέτης, η έκταση και η μέση κλίση του εδάφους. Σε μεγάλα υψόμετρα, οι χαμηλές θερμοκρασίες ενδέχεται να προκαλέσουν θραύση των πετρωμάτων και να περιορίσουν την βλάστηση κάτι που τελικά θα οδηγήσει σε αύξηση της διάβρωσης. Η έκταση της λεκάνης απορροής συμπεριλήφθηκε στην εξίσωση, καθώς υπάρχει ισχυρή αντίστροφη συσχέτιση μεταξύ στερεοπαροχής / μονάδα επιφανείας και έκτασης (Schumm 1963).

Είναι αποδεδειγμένο ότι όσο αυξάνεται η πυκνότητα της βλάστησης μειώνεται η διάβρωση και γενικότερα ότι περιοχές που καλύπτονται από δάση προσφέρουν τον υψηλότερο βαθμό προστασίας των εδαφών. Η συσχέτιση αυτή μεταξύ φυτοκάλυψης και στερεοπαροχής παρουσιάζεται με την εισαγωγή στο μοντέλο του συντελεστή βλάστησης (V).

Η σκληρότητα των πετρωμάτων και η συνεκτικότητα των εδαφών αποτελούν δυο από τους παράγοντες που ορίζουν την διαθεσιμότητα του προς μεταφορά υλικού. Γενικά η σκληρότητα των πετρωμάτων συσχετίζεται με την γεωλογική ιστορία τους, κατά τέτοιο τρόπο ώστε αυξανόμενης της ηλικίας τους να αυξάνεται σε γενικές γραμμές η σκληρότητα τους. Με βάση τα ανωτέρω ορίστηκε από τους Jansen & Painter ο δείκτης λιθολογίας (L) που κυμαίνεται από 1 έως 6.

Στους Πίνακες 3.6 και 3.7 παρουσιάζονται οι συντελεστές βλάστησης και λιθολογίας που χρησιμοποιεί το μοντέλο των Jansen και Painter.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6 :** Κατηγορίες βλάστησης και αντίστοιχες τιμές των συντελεστών βλάστησης του μοντέλου Jansen & Painter (1973).

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ V
ΔΑΣΟΣ	4
ΛΙΒΑΔΙ	3
ΣΤΕΠΠΑ	2
ΕΡΗΜΟΣ	1

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7 :** Κατηγορίες πετρωμάτων και αντίστοιχες τιμές των συντελεστών λιθολογίας του μοντέλου Jansen & Painter (1973).

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΛΙΘΟΛΟΓΙΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΛΙΘΟΛΟΓΙΑΣ L
ΚΑΙΝΟΖΩΙΚΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ	6
ΜΕΣΟΖΩΙΚΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ	5
ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ	3
ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ	1

#### Υπολογισμός μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας στη λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού

Για τον υπολογισμό της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας στη λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού απαραίτητη κρίνεται η αναγωγή των μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας του σταθμού της Τανάγρας (ΕΜΥ). Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της θερμοβαθμίδας.

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην παρατήρηση ότι η θερμοκρασία μειώνεται με την αύξηση του υψομέτρου και χρησιμοποιεί τιμές της θερμοβαθμίδας που περιγράφουν την μείωση της μηνιαίας θερμοκρασίας ανά 100 m αύξησης του υψομέτρου για μεσογειακές λεκάνες κάτω του 45ου παραλλήλου, σύμφωνα με τις παρατηρήσεις του Giandotti που δίνονται στον Πίνακα 3.8.

Συνεπώς οι μηνιαίες θερμοκρασίες του σταθμού της Τανάγρας (Πίνακας 3.2) διορθώθηκαν για το μέσο υψόμετρο της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού (έχει υπολογιστεί βάσει του προγράμματος Arc GIS και ισούται με 366.55m) βάσει της σχέσης αναγωγής:

$$T_A = T_T - \frac{c \times (z_A - z_T)}{100} \quad (3.22)$$

όπου  $T_A$  η μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού,  $T_T$  η μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα του σταθμού αναφοράς (Τανάγρα),  $z_A$  και  $z_T$  τα αντίστοιχα υψόμετρα της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού και του σταθμού της Τανάγρας (139 m) και  $c$  η μέση μηνιαία θερμοβαθμίδα.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.8 :** Μέση μείωση της θερμοκρασίας ανά 100 m αύξησης του υψομέτρου κατά Giandotti

ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΒΑΘΜΙΔΑ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0,31
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0,38
ΜΑΡΤΙΟΣ	0,56
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0,63
ΜΑΙΟΣ	0,63
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,61
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,61
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,59
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,59
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,53
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0,43
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	0,34

#### Υπολογισμός συντελεστή λιθολογίας (L)

Ο υπολογισμός του συντελεστή λιθολογίας προήλθε από την εμβαδομέτρηση των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης, μέσω του προγράμματος ArcGis, οι οποίοι προηγουμένως είχαν κατηγοριοποιηθεί βάσει του Πίνακα 3.7.

Κανονικοποιώντας για το σύνολο της λεκάνης με βάση τα ποσοστά των παραπάνω ομάδων γεωλογικών σχηματισμών και την αντίστοιχη τιμή τους L υπολογίζουμε τον συνολικό συντελεστή λιθολογίας .

#### **3.3.3 3<sup>ος</sup> Τρόπος προσδιορισμού της Στερεοπαροχής: Εξίσωση των Κουτσογιάννη & Τάρλα (1987).**

Έπειτα από έρευνες στο σύνολο σχεδόν των διαθέσιμων δεδομένων στερεοπαροχής σε ελληνικά ποτάμια (Κουτσογιάννης & Ταρλά, 1987) βρέθηκε η ακόλουθη εμπειρική σχέση που λαμβάνει περισσότερο υπόψη τα κλιματολογικά (βροχομετρικά κυρίως) χαρακτηριστικά και τη γεωλογία της περιοχής και που έχει αποδειχθεί ότι προσεγγίζει ικανοποιητικά την πραγματική τιμή της στερεοπαροχής σε αιώρηση από μετρήσεις:

$$G=15\gamma e^{3P} \quad (3.22)$$

όπου G: η ετήσια στερεοπαροχή σε αιώρηση σε τόνους/έτος/km<sup>2</sup>, P: το ετήσιο ύψος βροχής σε m και γ: γεωλογικός συντελεστής.

Προκειμένου να υιοθετηθεί μία και μόνο παράμετρος αντιπροσωπευτική της γεωλογίας της λεκάνης απορροής, τα πετρώματα κατατάχθηκαν σε τρεις ομάδες, ανάλογα με τη διαβρωσιμότητά τους από το νερό και αποδόθηκε στην κάθε ομάδα ένα εμπειρικό μέτρο διαβρωσιμότητας που ονομάστηκε γεωλογικός συντελεστής  $\gamma$ .

Ο συντελεστής  $\gamma$  δίνεται από την σχέση:  $\gamma = K_1 p_1 + K_2 p_2 + K_3 p_3$ , με τα  $K_1$ ,  $K_2$  και  $K_3$  να αποτελούν συντελεστές διαβρωσιμότητας της κάθε κατηγορίας πετρωμάτων και  $p_1$ ,  $p_2$  και  $p_3$  οι αντίστοιχες αναλογίες της έκτασης στην οποία εμφανίζεται η κάθε κατηγορία πετρωμάτων, προς την συνολική έκταση της λεκάνης απορροής. Οι συντελεστές διαβρωσιμότητας είναι οι εξής:

- Ομάδα υψηλής διαβρωσιμότητας (αλλούβια, κορήματα)  $K_1=1$
- Ομάδα μέτριας διαβρωσιμότητας (ψαμμίτες, σχιστόλιθοι, φυλλίτες, χαλαζίτες, φλύσχης)  $K_2=0,5$
- Ομάδα χαμηλής διαβρωσιμότητας (ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι, δολομίτες)  $K_3=0,1$

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντάμε στην λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού με βάση τα παραπάνω κατηγοριοποιήθηκαν και στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε εμβαδομέτρηση των αντίστοιχων ομάδων μέσω του προγράμματος Arc GIS. Στην συνέχεια και γνωρίζοντας τον συντελεστή  $\gamma$  και το μέσο ετήσιο ύψος της βροχής από το πρώτο μέρος της παρούσας μελέτης υπολογίστηκε η στερεοπαροχή σε αιώρηση  $G$ .

Για να υπολογιστεί η μέση ετήσια ολική στερεοπαροχή η παραπάνω τιμή προσαυξάνεται κατά 10% ώστε να συμπεριληφθεί και η στερεοπαροχή σε σύρση και κατά 15 % για το φορτίο που μεταφέρεται σε διάλυση.

### 3.3.4 4<sup>ος</sup> Τρόπος προσδιορισμού της Στερεοπαροχής: Εξίσωση των Milliman και Syvitski (1992)

Όπως προαναφέρθηκε οι Milliman & Syvitski (1992) ανέπτυξαν μια εξίσωση παλινδρόμησης για την αποστράγγιση των ποταμών ορεινών περιοχών που δίνεται από την σχέση:

$$Q = 170 \times A^{0,52} \quad (r^2=0,70) \quad (3.23)$$

όπου  $Q$ : το φορτίο ιζήματος που μεταφέρεται από το υδρογραφικό δίκτυο σε ετήσια βάση σε  $10^6$  t/έτος και  $A$ : η έκταση της λεκάνης απορροής σε  $10^6$  km<sup>2</sup>.

Η παραπάνω εξίσωση βασίστηκε σε δεδομένα 41 ποταμών της Β. και Ν. Αμερικής, της Αφρικής και της Αλπικής Ευρώπης, που αποστραγγίζουν περιοχές με μέγιστο υψόμετρο μεταξύ 1000 και 3000 m (Poulos et al. 1996).

Για τον υπολογισμό της συνολικής ετήσιας στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού με βάση βιβλιογραφικά δεδομένα κρίνεται απαραίτητη η πρόσθεση μιας ποσότητας 25% επί του αποτελέσματος που αντιστοιχεί στα ποσά του ιζήματος που μεταφέρονται με σύρση και σε διάλυση.

### 3.3.5 5<sup>ος</sup> Τρόπος προσδιορισμού της Στερεοπαροχής: Οι Εξισώσεις του Probst (1992)

Το ποτάμιο φορτίο ιζήματος εξαρτάται από διάφορους υδρολογικούς, γεωμορφικούς κλιματολογικούς και ανθρωπογενικούς παράγοντες. Παράμετροι όπως το υψόμετρο, τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, η θερμοκρασία του αέρα, η επιφανειακή απορροή, η φυτοκάλυψη και η λιθολογία πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον υπολογισμό της διάβρωσης σε μια λεκάνη απορροής ποταμού (Dendy & Bolton 1976, Jansen & Painter 1974, Ludwig 1997, Pinet & Souriau 1988, Probst 1992).

Στην παράγραφο αυτή γίνεται ο υπολογισμός της στερεοπαροχής μέσω της χρήσης σχέσεων που αναπτύχθηκαν από τον Probst το 1992 και χρησιμοποιήθηκαν από τους Lique et al το 2004 σε 12 ποτάμια συστήματα της Ανδαλουσίας, Νότια Ισπανία. Η πρώτη από αυτές στηρίζεται στον προσδιορισμό των παραπάνω παραμέτρων και έχει την μορφή:

$$\ln SY = 1,5610 + 0,9655 \ln S + 0,0023 Q + 0,5692 \ln P - 0,8660 V \quad (3.24)$$

όπου SY: η μέση ετήσια στερεοπαροχή ανά μονάδα επιφανείας σε  $\text{tones}/\text{km}^2/\text{year}$ , S: η μέση κλίση της λεκάνης σε %, Q: η μέση ετήσια απορροή του ποταμού σε  $\text{mm}/\text{year}$ , P: η μέση ετήσια βροχόπτωση σε  $\text{mm}/\text{year}$ , και V: συντελεστής βλάστησης που κυμαίνεται από 0 (έρημος) έως 6 (δάσος).

Ο προσδιορισμός της στερεοπαροχής στην δεύτερη περίπτωση γίνεται μέσω της εξίσωσης :

$$\ln SY = -0,0723 + 1,0280 \ln S + 0,0365 L + 0,6932 \ln P + 0,0016 Q - 0,7516 V \quad (3,25)$$

όπου SY: η μέση ετήσια στερεοπαροχή σε  $\text{tones}/\text{km}^2/\text{year}$ , S: η μέση κλίση της λεκάνης σε %, L: συντελεστής λιθολογίας που παίρνει τιμές από 1 (δυσκολα διαβρώσιμα πετρώματα) έως 40 (ευκολοδιάβρωτα πετρώματα) (Πίνακας 3.10) Q: η μέση ετήσια απορροή του ποταμού σε  $\text{mm}/\text{year}$ , P: η μέση ετήσια βροχόπτωση σε  $\text{mm}/\text{year}$ , και V: συντελεστής βλάστησης που κυμαίνεται από 0 (έρημος) έως 6 (δάσος).

Η διαφορά των δύο εξισώσεων έγκειται στο γεγονός ότι λαμβάνεται υπόψη στην δεύτερη περίπτωση και η παράμετρος της λιθολογίας στους υπολογισμούς. Στην συνέχεια παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.9 οι κατηγορίες βλάστησης που χρησιμοποίησε στην

μεθοδολογία του ο Probst και οι αντίστοιχες τιμές των συντελεστών. Στον Πίνακα 3.10 παρουσιάζονται οι διάφορες ομάδες των λιθολογικών σχηματισμών και οι αντίστοιχες τιμές του δείκτη L όπως παρουσιάστηκαν από τον Probst (1992).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.9 :** Κατηγορίες βλάστησης και αντίστοιχες τιμές των συντελεστών βλάστησης του μοντέλου Probst (1992)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ V
ΔΑΣΟΣ	6
ΛΙΒΑΔΙ	4
ΣΤΕΠΠΑ	2
ΕΡΗΜΟΣ	0

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.10 :** Κατηγορίες πετρωμάτων και αντίστοιχες τιμές των συντελεστών λιθολογίας του μοντέλου Probst (1992)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΛΙΘΟΛΟΓΙΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΛΙΘΟΛΟΓΙΑΣ L
ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΜΕΤΕΜΟΡΦΩΜΕΝΑ & ΠΛΟΥΤΩΝΙΑ	1
ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ	2
ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ	4
ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΣΕ ΖΩΝΕΣ ΠΤΥΧΩΜΕΝΕΣ	10
ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΜΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ	32
ΠΡΟΣΦΑΤΑ ΑΛΛΟΥΒΙΑ	40

#### Υπολογισμός συντελεστή λιθολογίας (L)

Ο υπολογισμός του συντελεστή λιθολογίας προήλθε από την εμβαδομέτρηση των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης, μέσω του προγράμματος ArcGis, οι οποίοι προηγουμένως είχαν κατηγοριοποιηθεί βάσει του Πίνακα 3.10. Κανονικοποιώντας για το σύνολο της λεκάνης με βάση τα ποσοστά των παραπάνω ομάδων λιθολογίας και την αντίστοιχη τιμή τους L υπολογίζουμε τον συνολικό συντελεστή.

### 3.3.6 6<sup>ος</sup> Τρόπος προσδιορισμού της στερεοπαροχής: Εξίσωση των Poulos & Chronis (1997)

Στην περίπτωση αυτή ο υπολογισμός της στερεοπαροχής γίνεται μέσω της επίλυσης της εξίσωσης που προτάθηκε από τους Poulos & Chronis (1997) και είναι η ακόλουθη:

$$S = 1954 \times A^{0,88} \quad (3.26)$$

όπου  $S$  : η στερεοπαροχή σε τόνους και  $A$ : το εμβαδό της λεκάνης απορροής σε  $\text{km}^2$ .

Η συγκεκριμένη εξίσωση στηρίζεται σε μετρήσεις στερεοπαροχής 35 ποταμών από χώρες της νοτιοανατολικής Ευρωπαϊκής αλπικής ζώνης (Ιταλία, Αλβανία, Ελλάδα και Τουρκία) (Poulos et al. 1996). Τα γεωλογικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά των εν λόγω περιοχών, όπως αναμένεται άλλωστε, παρουσιάζουν ομοιότητες με την συγκεκριμένη περιοχή που εξετάζεται. Επιπλέον επισημαίνεται ότι η λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού παρουσιάζει κοινά κλιματολογικά χαρακτηριστικά με τις περιοχές που βασίστηκε η εξίσωση, καθώς κατατάσσεται και αυτή στο εύκρατο μεσογειακό κλίμα. (Poulos et al. 1996). Τονίζεται τέλος ότι η παραπάνω εξίσωση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν η έκταση της λεκάνης απορροής υπερβαίνει τα  $100.000 \text{ km}^2$ , κάτι που δεν συμβαίνει στην συγκεκριμένη περίπτωση.

Μειονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου προσδιορισμού της στερεοπαροχής αποτελεί το γεγονός ότι υπολογίζεται μόνο το φορτίο σε αιώρηση. Για τον υπολογισμό της συνολικής θα πρέπει να προστεθούν και τα ποσά που μεταφέρονται σε διάλυση και με σύρση στον πυθμένα. Από μετρήσεις διαλελυμένου υλικού για το σύνολο των λεκανών απορροής των ποταμών Έβρου, Νέστου, Στρυμόνα, Αξιού, Αλιάκμονα, Πηνειού, Σπερχειού, Αχελώου και Λούρου και κατόπιν συγκρίσεων με τις τιμές του αιωρούμενου υλικού των αντίστοιχων ποταμών προκύπτει ότι το ποσοστό του διαλελυμένου υλικού ανέρχεται στο 15% περίπου (Skoulikidis 1996, Poulos 1997). Ακόμη, με βάση την διεθνή πρακτική και εμπειρία (UNESCO, 1985) ένα 10% μπορεί να αποδοθεί στο υλικό που μεταφέρεται με σύρση.

## 3.4. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΩΝ ΜΕΣΩΝ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΚΑΙΜΑΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΡΙΑΚΟΝΤΑΕΤΙΑ 2021-2050 ΚΑΙ 2071-2100

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.

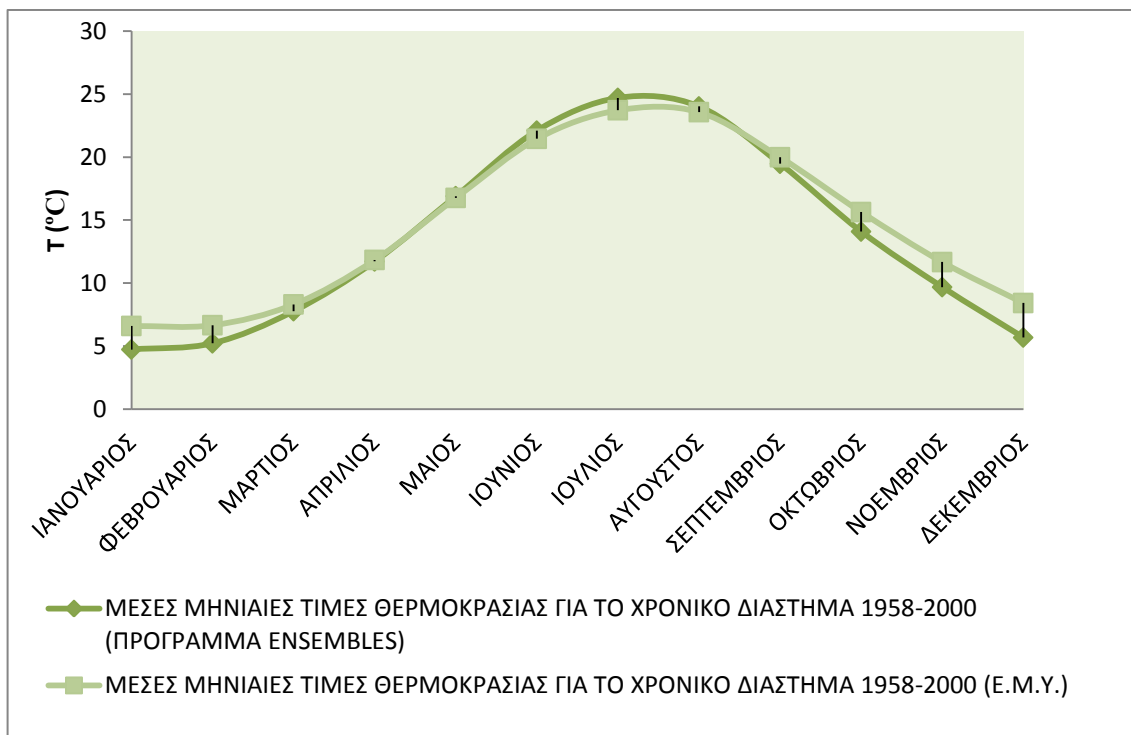
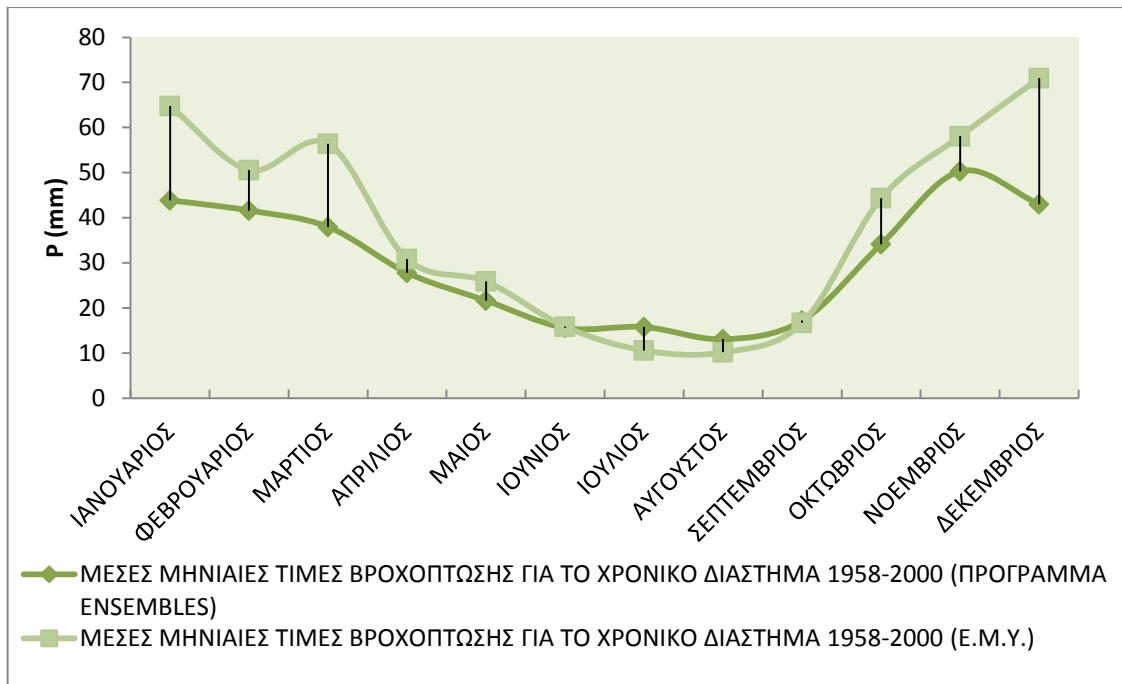
Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται καλύπτουν την χρονική περίοδο 1951-2100 και για τις μελλοντικές προβολές του μοντέλου χρησιμοποιήθηκε το σενάριο εκπομπών SRES A1B. Για τον προσδιορισμό των τιμών αυτών επιλέχθηκαν διάφορα σημεία πλέγματος (grid points), τα οποία καλύπτουν την περιοχή της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού και τελικά λήφθηκε υπόψη το μεσοποιημένο σημείο πλέγματος- ο μέσος όρος δηλαδή των αντίστοιχων τιμών θερμοκρασίας και υψών βροχής των διαφόρων σημείων. Η διακριτική ικανότητα των RCMs του προγράμματος ENSEMBLES είναι 0,25x0,25 μοίρες (25x25 km<sup>2</sup> περίπου). Οι χρονοσειρές της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης που μας δίνει ως αποτέλεσμα το πρόγραμμα παρουσιάζονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.

Επιλέχθηκαν δύο μελλοντικοί περίοδοι, οι τριακονταετίες 2021-2050 και 2071-2100, οι οποίες παρουσιάζονται σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς 1958-2000. Για την τελευταία διαθέτουμε πραγματικά κλιματικά στοιχεία της Ε.Μ.Υ. και με αυτόν τον τρόπο μπορεί να γίνει η αξιολόγηση του μοντέλου.

Έτσι, σε πρώτη φάση, επιχειρήθηκε η σύγκριση της μηνιαίας κατανομής μέσων θερμοκρασιών και βροχοπτώσεων της περιόδου 1958-2000 όπως υπολογίστηκαν από το μοντέλο, με τις πραγματικές τιμές παρατηρήσεων της περιοχής για την ίδια περίοδο (Σχήμα 3.7). Όπως φαίνεται, οι τιμές που προέρχονται από το μοντέλο διαφέρουν, σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό, από τις πραγματικές τιμές, ειδικά όσον αφορά στις βροχοπτώσεις. Ο βασικός λόγος που συμβαίνει αυτό, πέρα από την δυσκολία προσομοίωσης της φυσικής μεταβλητότητας της παραμέτρου, είναι ότι τα τοπικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης δε λαμβάνονται υπόψη από το μοντέλο στις διάφορες παραμετροποιήσεις. (Χατζηπαραδείση 2008)

Στην συνέχεια για κάθε μια από τις μελλοντικές χρονικές περιόδους που έχουν επιλεγεί, 2021-2050 και 2071-2100, προσδιορίζονται οι μεταβολές της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης από το κλίμα αναφοράς, έτσι όπως αυτά δίνονται από το πρόγραμμα ENSEMBLES. Στους Πίνακες 3.11 και 3.12 που ακολουθούν παρουσιάζονται οι μεταβολές αυτές.

Προσθέτοντας τις μεταβολές αυτές στα αρχικά δεδομένα της Ε.Μ.Υ. (1958-2000) (όπως αυτά διορθώθηκαν με την μέθοδο της θερμοβαθμίδα) προκύπτουν τα κλιματικά δεδομένα που είναι απαραίτητα για τον προσδιορισμό της παροχής και στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού για τα χρονικά διαστήματα 2021-2050 και 2071-2100 που παρουσιάζονται στην συνέχεια στον Πίνακα 3.13.



**ΣΧΗΜΑ 3.7 ΠΑΝΩ:** Μηνιαία κατανομή μέσω βροχοπτώσεων της περιόδου 1958-2000 με βάση τα στοιχεία που προέκυψαν από το πρόγραμμα ENSEMBLES και από τα πραγματικά παρατηρούμενα από το δίκτυο της Ε.Μ.Υ. για την περιοχή της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού. **ΚΑΤΩ:** Μηνιαία κατανομή των μέσων θερμοκρασιών της περιόδου 1958-2000 με βάση τα στοιχεία που προέκυψαν από το πρόγραμμα ENSEMBLES και από τα πραγματικά παρατηρούμενα από το δίκτυο της Ε.Μ.Υ. για την περιοχή της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.11:** Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm) των διαστημάτων 1958-2000, 2021-2050 και 2071-2100 με βάση τις χρονοσειρές του προγράμματος ENSEMBLES. Παράλληλα παρουσιάζεται και η % μεταβολή της βροχόπτωσης των διαστημάτων 2021-2050 και 2071-2100 από το κλίμα αναφοράς 1958-2000

ΜΗΝΑΣ	P(mm) (1958-2000)	P(mm) (2021-2050)	P(mm) (2071-2100)	%DP (2021-2050)	%DP (2071-2100)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	43,86	38,73	36,41	-11,7	-16,98
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	41,59	39,31	34,39	-5,48	-17,32
ΜΑΡΤΙΟΣ	37,95	33,46	26,27	-11,82	-30,77
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	27,79	28,50	23,94	2,56	-13,87
ΜΑΙΟΣ	21,62	20,33	16,19	-5,93	-25,1
ΙΟΥΝΙΟΣ	15,59	14,83	15,54	-4,85	-0,28
ΙΟΥΛΙΟΣ	15,78	13,64	14,03	-13,55	-11,07
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	13,08	12,83	10,69	-1,870	-18,25
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	17,22	15,91	15,73	-7,61	-8,64
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	34,13	39,44	33,77	15,54	-1,06
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	50,29	52,82	46,57	5,02	-7,41
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	42,97	46,43	39,77	8,06	-7,44

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.12:** Μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C) των διαστημάτων 1958-2000, 2021-2050 και 2071-2100 με βάση τις χρονοσειρές του προγράμματος ENSEMBLES. Παράλληλα παρουσιάζεται και η μεταβολή της θερμοκρασίας των διαστημάτων 2021-2050 και 2071-2100 από το κλίμα αναφοράς 1958-2000.

ΜΗΝΑΣ	T(°C) (1958-2000)	T(°C) (2021-2050)	T(°C) (2071-2100)	DT (2021-2050)	DT (2071-2100)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	4,73	6,26	8,09	1,53	3,36
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	5,22	6,81	8,72	1,59	3,5
ΜΑΡΤΙΟΣ	7,77	9,15	11,27	1,38	3,49
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	11,72	13,2	15,09	1,48	3,37
ΜΑΙΟΣ	16,9	18,53	20,99	1,63	4,09
ΙΟΥΝΙΟΣ	22,1	24,14	26,35	2,04	4,25
ΙΟΥΛΙΟΣ	24,7	26,73	29,46	2,03	4,76
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	24,02	26,03	28,58	2,01	4,56
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	19,47	21,58	23,79	2,11	4,32
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	14,09	16,02	17,99	1,93	3,9
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	9,68	10,78	13,18	1,1	3,5
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	5,68	7,13	9,34	1,45	3,66

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.13:** Πίνακας της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης και θερμοκρασίας για τα χρονικά διαστήματα 2021-2050 και 2071-2100 όπως αυτά έχουν προσδιοριστεί βασιζόμενοι στις μεταβολές των αντίστοιχων χρονικών διαστημάτων, έτσι όπως αυτές δίνονται από το πρόγραμμα ENSEMBLES.

ΜΗΝΑΣ	P(mm) (2021-2050)	T(°C) (2021-2050)	P(mm) (2071-2100)	T(°C) (2071-2100)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	57,2	8,13	53,78	9,96
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	47,79	8,25	41,8	10,16
ΜΑΡΤΙΟΣ	49,74	9,69	39,05	11,80
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	31,63	13,32	26,56	15,21
ΜΑΙΟΣ	24,35	18,39	19,39	20,85
ΙΟΥΝΙΟΣ	15,08	23,49	15,81	25,70
ΙΟΥΛΙΟΣ	9,15	25,75	9,41	28,48
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	9,98	25,58	8,31	28,13
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	15,42	22,1	15,25	24,31
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	51,25	17,57	43,89	19,54
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	61	12,77	53,78	15,17
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	76,67	9,87	65,67	12,08
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>	<b>449,26</b>	<b>16,24</b>	<b>392,7</b>	<b>18,45</b>

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για τα δύο επιλεγμένα χρονικά διαστήματα και ακολουθώντας διαδικασία παρόμοια με εκείνη που χρησιμοποιήθηκε στο πρώτο και στο δεύτερο μέρος της παρούσας μελέτης γίνεται στην συνέχεια μια προσπάθεια προσδιορισμού της επιφανειακής απορροής και της στερεοπαροχής για το εγγύς μέλλον (2021-2050) αλλά και μακροπρόθεσμα (2071-2100).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας υπολογισμού της υδατοπαροχής και της στερεοπαροχής της περιοχής της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού και γίνεται μια εκτίμηση της μελλοντικών τιμών των παραμέτρων αυτών.

### 4.1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

#### 4.1.1. Μέθοδος υδατικού ισοζυγίου

Στόχος της προσέγγισης αυτής είναι ο υπολογισμός των επιμέρους παραμέτρων του υδατικού ισοζυγίου (ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, εξατμισοδιαπνοή και κατείσδυση).

#### Υπολογισμός ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (P)

Στο Σχήμα 4.1 απεικονίζονται τα πολύγωνα Thiessen και οι περιοχές επιρροής του κάθε βροχομετρικού σταθμού στην υδρογραφική λεκάνη του Ασωπού.

Από την σχέση  $P = (\sum P_i E_i) / \sum E_i$  (4.1) όπου  $P_i$  το μέσο βροχομετρικό ύψος του κάθε σταθμού επιρροής σε mm και  $E_i$  η έκταση της περιοχής επιρροής σε km, και με βάση τα δεδομένα του Πίνακα 3.1. της Ε.Μ.Υ. υπολογίζονται τα μέσα μηνιαία σημειακά βροχομετρικά ύψη και το μέσο μηνιαίο βροχομετρικό ύψος της λεκάνης απορροής του Βοιωτικού Ασωπού. Στον Πίνακα 4.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι εκτάσεις των περιοχών που περικλείονται από τα πολύγωνα Thiessen και στον Πίνακα 4.2 τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την χρήση της σχέσης (4.1).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1:** Εμβαδόν περιοχών επιρροής έκαστου βροχομετρικού σταθμού στην λεκάνη απορροής του Βοιωτικού Ασωπού.

ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΠΙΡΡΟΗΣ $E_i$ (km)
ΤΑΝΑΓΡΑ	494,73
ΑΛΙΑΡΤΟΣ	57,93
ΕΛΕΥΣΙΝΑ	56,76
ΤΑΤΟΙ	111,64
ΣΥΝΟΛΟ	721,06



**ΣΧΗΜΑ 4.1:** 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.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2:** Μέσο μηνιαίο βροχομετρικό ύψος της λεκάνης Βοιωτικού Ασωπού με βάση την μέθοδο των πολυγώνων THIESSEN και μέσος μηνιαίος όγκος ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Η τελευταία παράμετρος προέκυψε από τον πολλαπλασιασμό του μέσου μηνιαίου ύψους βροχής με την συνολική έκταση της λεκάνης απορροής.

ΜΗΝΑΣ	ΜΕΣΟ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟ ΥΨΟΣ	
	ΛΕΚΑΝΗΣ P(mm) ( $P = (\sum P_i E_i) / \sum E_i$ )	ΟΓΚΟΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΜΑΤΩΝ ( $10^6 \text{ m}^3$ )
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	64,78	46,71
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	50,56	36,45
ΜΑΡΤΙΟΣ	56,41	40,67
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	30,84	22,23
ΜΑΙΟΣ	25,89	18,67
ΙΟΥΝΙΟΣ	15,85	11,43
ΙΟΥΛΙΟΣ	10,58	7,63
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	10,17	7,33
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	16,69	12,03
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	44,36	31,99
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	58,08	41,88
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	70,95	51,16
ΕΤΗΣΙΟ	455,16	328,18

Το μέσο ετήσιο ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που δέχεται η λεκάνη απορροής του Βοιωτικού Ασωπού είναι 455,16 mm και ο μέσος ετήσιος όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είναι  $328,18 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

### Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής (ET)

#### *Μέθοδος Coutagne (1949)*

Με εφαρμογή των τύπων 3.3 και 3.4 της μεθόδου Coutagne (1949) και χρησιμοποιώντας τα βροχομετρικά ύψη και τις ατμοσφαιρικές θερμοκρασίες των 4 μετεωρολογικών σταθμών της Ε.Μ.Υ. (Πίνακας 3.1 και 3.2) έγινε προσπάθεια υπολογισμού της μέσης μηνιαίας εξατμισοδιαπνοής που αφορά στη λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού. Στους Πίνακες 4.3, 4.4, 4.5 και 4.6. που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της παραπάνω μεθόδου για τον κάθε ένα από τους μετεωρολογικούς σταθμούς της Ε.Μ.Υ.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3:** Μέση μηνιαία τιμή πραγματικής εξατμισοδιαπνοής ( ET) σύμφωνα με την μέθοδο COUTAGNE για τον μετεωρολογικό σταθμό της Τανάγρας.

<b>ΤΑΝΑΓΡΑ</b>					
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>T(°C)</b>	<b><math>\lambda=1/(0,8+0,14T)</math></b>	<b>P(m)</b>	<b><math>ET = P - \lambda P^2(m)</math></b>	<b>ET(mm)</b>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	7,3	0,55	0,07	0,06302	63,02
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	7,5	0,54	0,05	0,04811	48,11
ΜΑΡΤΙΟΣ	9,6	0,47	0,05	0,05337	53,37
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	13,3	0,38	0,03	0,02644	26,44
ΜΑΙΟΣ	18,2	0,3	0,02	0,02247	22,47
ΙΟΥΝΙΟΣ	22,9	0,25	0,01	0,01122	11,22
ΙΟΥΛΙΟΣ	25,1	0,23	0,01	0,00789	7,89
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	24,9	0,23	0,01	0,00953	9,53
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	21,3	0,26	0,02	0,01784	17,84
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	16,8	0,32	0,05	0,04768	47,68
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	12,7	0,39	0,06	0,06139	61,39
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	9,2	0,48	0,08	0,07327	73,27
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>	<b>15,73</b>	<b>0,33</b>	<b>0,45</b>	<b>0,38459</b>	<b>384,59</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4:** Μέση μηνιαία τιμή πραγματικής εξατμισοδιαπνοής (ET) σύμφωνα με την μέθοδο COUTAGNE για τον μετεωρολογικό σταθμό της Αλιάρτου.

<b>ΑΛΙΑΡΤΟΣ</b>					
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>T(°C)</b>	<b><math>\lambda=1/(0,8+0,14T)</math></b>	<b>P(m)</b>	<b><math>ET = P - \lambda P^2(m)</math></b>	<b>ET(mm)</b>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	7,1	0,56	0,07	0,06731	67,31
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	8,2	0,51	0,07	0,07085	70,85
ΜΑΡΤΙΟΣ	10,6	0,44	0,1	0,09229	92,29
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	15,2	0,34	0,08	0,08095	80,95
ΜΑΙΟΣ	20,6	0,27	0,07	0,06955	69,55
ΙΟΥΝΙΟΣ	25,7	0,23	0,07	0,07151	71,51
ΙΟΥΛΙΟΣ	27,2	0,22	0,04	0,03835	38,35
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	26,2	0,22	0,03	0,03039	30,39
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	22,6	0,25	0,02	0,017	17
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	16,9	0,32	0,01	0,00627	6,27
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	12	0,4	0,01	0,01347	13,47
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	8,6	0,5	0,02	0,02194	21,94
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>	<b>16,74</b>	<b>0,32</b>	<b>0,6</b>	<b>0,48257</b>	<b>482,57</b>



**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5:** Μέση μηνιαία τιμή πραγματικής εξατμισοδιαπνοής (ET) σύμφωνα με την μέθοδο COUTAGNE για τον μετεωρολογικό σταθμό της Ελευσίνας.

<b>ΕΛΕΥΣΙΝΑ</b>					
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>T(°C)</b>	<b><math>\lambda=1/(0,8+0,14T)</math></b>	<b>P(m)</b>	<b><math>ET = P - \lambda P^2(m)</math></b>	<b>ET(mm)</b>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	9,2	0,48	0,05	0,04584	45,84
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	9,5	0,47	0,04	0,03802	38,02
ΜΑΡΤΙΟΣ	11,4	0,42	0,04	0,04143	41,43
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	15,2	0,34	0,03	0,02523	25,23
ΜΑΙΟΣ	20,3	0,28	0,02	0,01886	18,86
ΙΟΥΝΙΟΣ	25,03	0,23	0,01	0,00786	7,86
ΙΟΥΛΙΟΣ	27,7	0,21	0,01	0,00535	5,35
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	27,5	0,22	0,01	0,00514	5,14
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	23,8	0,24	0,01	0,01183	11,83
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	18,9	0,29	0,04	0,04033	40,33
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	14,5	0,35	0,06	0,06092	60,92
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	10,97	0,43	0,07	0,06384	63,84
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>	<b>17,83</b>	<b>0,3</b>	<b>0,37</b>	<b>0,32943</b>	<b>329,43</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6:** Μέση μηνιαία τιμή πραγματικής εξατμισοδιαπνοής (ET) σύμφωνα με την μέθοδο COUTAGNE για τον μετεωρολογικό σταθμό του Τατοίου.

<b>ΤΑΤΟΙ</b>					
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>T(°C)</b>	<b><math>\lambda=1/(0,8+0,14T)</math></b>	<b>P(m)</b>	<b><math>ET = P - \lambda P^2(m)</math></b>	<b>ET(mm)</b>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	7,5	0,54	0,07	0,06601	66,01
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	8,1	0,52	0,05	0,04831	48,31
ΜΑΡΤΙΟΣ	9,8	0,46	0,05	0,04903	49,03
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	13,5	0,37	0,03	0,02441	24,41
ΜΑΙΟΣ	18,4	0,3	0,02	0,02045	20,45
ΙΟΥΝΙΟΣ	23	0,25	0,01	0,01077	10,77
ΙΟΥΛΙΟΣ	25,5	0,23	0,01	0,01050	10,5
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	25,5	0,23	0,01	0,00486	4,86
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	21,9	0,26	0,01	0,01339	13,39
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	17,04	0,31	0,05	0,04726	47,26
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	12,7	0,39	0,06	0,05629	56,29
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	9,3	0,48	0,08	0,0736	73,6
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>	<b>16,02</b>	<b>0,33</b>	<b>0,44</b>	<b>0,37288</b>	<b>372,88</b>

Στην συνέχεια και για τον υπολογισμό της σταθμισμένης πραγματικής εξατμισοδιαπνοής για ολόκληρη την λεκάνη απορροής του Βοιωτικού Ασωπού ακολουθήθηκε διαδικασία παρόμοια με εκείνη που περιγράφηκε για τον υπολογισμό των μέσων μηνιαίων ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, με χρήση των πολυγώνων Thiessen και του συντελεστή Thiessen (Πίνακας 4.1.). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.7. που ακολουθεί.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7:** Μέση μηνιαία τιμή πραγματικής εξατμισοδιαπνοής (ET) στην υδροκριτική λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού (mm)

ΜΗΝΑΣ	ET (ΛΕΚΑΝΗΣ)= (ΣΕΤiEi) / ΣEi (mm)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	62,47
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	49,17
ΜΑΡΤΙΟΣ	54,88
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	30,41
ΜΑΙΟΣ	25,65
ΙΟΥΝΙΟΣ	15,73
ΙΟΥΛΙΟΣ	10,54
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	10,14
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	16,61
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	43,70
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	56,72
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	68,46
ΕΤΗΣΙΟ	<b>386,3</b>

Μετά την μετατροπή των mm σε m και τον πολλαπλασιασμό με το συνολικό εμβαδόν της λεκάνης που είναι 721.060.000 m<sup>2</sup> υπολογίζεται ο όγκος του νερού που χάνεται λόγω εξατμισοδιαπνοής για το σύνολο της λεκάνης (Πίνακας 4.8).

Η συνολική τιμή ET εκφρασμένη σε % των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είναι της τάξης των 84,87% η οποία κρίνεται ως υπερβολική, λόγω της γρήγορης διήθησης του ύδατος στους υδροπερατούς σχηματισμούς και της μικρής έκτασης των στεγανών σχηματισμών. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι η μέθοδος Coutagne υπολογίζει τη μέγιστη εξατμισοδιαπνοή καθώς δεν συνυπολογίζονται οι μορφολογικές κλίσεις, τα πετρώματα και η φυτοκάλυψη. Έτσι, στα πλαίσια της εργασίας αυτής το υδατικό ισοζύγιο υπολογίζεται για συντελεστές ET 35% ,40%, 45%, 50%, και 55% (βλέπε Πίνακα 4.9) με βάση τις δημοσιευμένες τιμές των Δούνα (1971) και Δούνα κ.α. (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%.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.8:** Μέσος μηνιαίος όγκος νερού που χάνεται μέσω της διαδικασίας της εξατμισοδιαπνοής.

<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>ΟΓΚΟΣ ΝΕΡΟΥ ΠΟΥ ΧΑΝΕΤΑΙ ΛΟΓΩ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>)</b>
<b>ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ</b>	45,05
<b>ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ</b>	35,46
<b>ΜΑΡΤΙΟΣ</b>	39,57
<b>ΑΠΡΙΛΙΟΣ</b>	21,93
<b>ΜΑΙΟΣ</b>	18,5
<b>ΙΟΥΝΙΟΣ</b>	11,34
<b>ΙΟΥΛΙΟΣ</b>	7,6
<b>ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ</b>	7,31
<b>ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ</b>	11,98
<b>ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ</b>	31,52
<b>ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ</b>	40,90
<b>ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ</b>	49,36
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>	<b>278,55</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.9:** Τιμές μέσης μηνιαίας εξατμισοδιαπνοής (ΕΤ) σε mm για συντελεστές επί των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων 35%, 40%, 45%, 50% και 55%.

<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>ΕΤ(35%)</b>	<b>ΕΤ(40%)</b>	<b>ΕΤ(45%)</b>	<b>ΕΤ(50%)</b>	<b>ΕΤ(55%)</b>
<b>ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ</b>	22,67	25,91	29,15	32,39	35,63
<b>ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ</b>	17,7	20,22	22,75	25,28	27,81
<b>ΜΑΡΤΙΟΣ</b>	19,74	22,56	25,38	28,21	31,03
<b>ΑΠΡΙΛΙΟΣ</b>	10,79	12,34	13,88	15,42	16,96
<b>ΜΑΙΟΣ</b>	9,06	10,36	11,65	12,95	14,24
<b>ΙΟΥΝΙΟΣ</b>	5,55	6,34	7,13	7,93	8,72
<b>ΙΟΥΛΙΟΣ</b>	3,7	4,23	4,76	5,29	5,82
<b>ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ</b>	3,56	4,07	4,58	5,09	5,59
<b>ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ</b>	5,84	6,68	7,51	8,35	9,18
<b>ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ</b>	15,53	17,74	19,96	22,18	24,4
<b>ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ</b>	20,33	23,23	26,14	29,04	31,94
<b>ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ</b>	24,83	28,38	31,93	35,48	39,02
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>	<b>159,31</b>	<b>182,06</b>	<b>204,82</b>	<b>227,58</b>	<b>250,34</b>

### Μέθοδος Burdon & Papakis (1963)

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο άλλος ένας τρόπος υπολογισμού της μέσης ετήσιας εξατμισοδιαπνοής είναι μέσω του τύπου των Burdon & Papakis (1963)  $E=0.5 P_{N-M}+P_{A-O}$  (3.5), όπου  $P_{N-M}$ : το συνολικό ύψος βροχής του διαστήματος Νοεμβρίου-Μαρτίου και  $P_{A-O}$ : το συνολικό ύψος βροχής του διαστήματος Απριλίου-Οκτωβρίου. Λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα των πινάκων 3.1 και 3.2 έχουμε:

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.10:** Υπολογισμός της μέσης ετήσιας εξατμισοδιαπνοής (ET) σε mm με βάση τον τύπο των BURDON & PAPAΚIS (1963) για κάθε έναν από τους σταθμούς ενδιαφέροντος της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού.

ΤΑΝΑΓΡΑ	P(N-M)(mm)	P(A-O)(mm)	ET(mm)
	308,53	144,38	298,65
ΑΛΙΑΡΤΟΣ	P(N-M)(mm)	P(A-O)(mm)	ET(mm)
	275,75	319,56	457,44
ΕΛΕΥΣΙΝΑ	P(N-M)(mm)	P(A-O)(mm)	ET(mm)
	255,76	115,46	243,34
ΤΑΤΟΙ	P(N-M)(mm)	P(A-O)(mm)	ET(mm)
	302,27	132,83	283,97

Όπως και προηγουμένως χρησιμοποιώντας τον τύπο  $ET_{(ΛΕΚΑΝΗΣ)} = (\sum_{E_{T_{Ei}}}) / \sum_{E_i}$  και κάνοντας τις απαραίτητες μετατροπές υπολογίζουμε τον ετήσιο όγκο νερού που χάνεται μέσω της διαδικασίας της εξατμισοδιαπνοής που ισούται με  $219,77 \times 10^6 \times m^3$ .

### Υπολογισμός κατείσδυσης (I).

Στηριζόμενοι σε βιβλιογραφικά δεδομένα πραγματοποιήθηκε ομαδοποίηση των πετρωμάτων που παρουσιάζονται στον γεωλογικό χάρτη (ΧΑΡΤΗΣ 2 παραρτήματος) για κάθε μια από τις περιοχές επιρροής του κάθε μετεωρολογικού σταθμού. Ακολούθησε εμβαδομέτρηση της έκτασης του κάθε σχηματισμού με την βοήθεια του προγράμματος ArcGIS (ArcGIS Desktop help⇒Working with Tables⇒ Making field Calculations). Με τον τρόπο αυτό προέκυψαν οι παρακάτω πίνακες στους οποίους έχει υπολογιστεί ο βαρυκεντρικός συντελεστής κατείσδυσης  $(\sum_{\Sigma \text{ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ} \times \text{ΕΚΤΑΣΗ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ}} / \sum_{\Sigma \text{ΕΚΤΑΣΗ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ}})$ .

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.11:** Έκταση, ποσοστά και βαρυκεντρικός συντελεστής κατείδυσης των γεωλογικών σχηματισμών στην περιοχή επιρροής του μετεωρολογικού σταθμού της Τανάγρας.

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ	ΕΚΤΑΣΗ (km <sup>2</sup> )	ΠΟΣΟΣΤΟ %	ΒΑΡΥΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ
ΑΝΘΡΑΚΙΚΑ	0,45	134,9	27,27	<b>0,25</b>
ΦΛΥΣΧΗΣ	0,1	3,24	0,65	
ΝΕΟΓΕΝΗ	0,15	224,37	45,35	
ΑΛΟΥΒΙΑ	0,2	128,8	26,04	
ΡΙΠΙΔΙΑ	0,25	3,4	0,69	
ΟΦΙΟΛΙΘΟΙ	0,08	0	0	
ΣΧΙΣΤΟΚΕΡΑΤΟΛΙΘΙΚΗ ΔΙΑΠΛΑΣΗ	0,13	0	0	
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>494,71</b>	<b>100</b>	

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.12:** Έκταση, ποσοστά και βαρυκεντρικός συντελεστής κατείδυσης των γεωλογικών σχηματισμών στην περιοχή επιρροής του μετεωρολογικού σταθμού της Αλιάρτου.

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ	ΕΚΤΑΣΗ (km <sup>2</sup> )	ΠΟΣΟΣΤΟ %	ΒΑΡΥΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ
ΑΝΘΡΑΚΙΚΑ	0,45	2,13	3,68	<b>0,23</b>
ΦΛΥΣΧΗΣ	0,1	0	0	
ΝΕΟΓΕΝΗ	0,15	1,75	3,03	
ΑΛΟΥΒΙΑ	0,2	24,96	43,09	
ΡΙΠΙΔΙΑ	0,25	29,09	50,21	
ΟΦΙΟΛΙΘΟΙ	0,08	0	0	
ΣΧΙΣΤΟΚΕΡΑΤΟΛΙΘΙΚΗ ΔΙΑΠΛΑΣΗ	0,13	0	0	
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>57,93</b>	<b>100</b>	

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.13:** Έκταση, ποσοστά και βαρυκεντρικός συντελεστής κατείδυσης των γεωλογικών σχηματισμών στην περιοχή επιρροής του μετεωρολογικού σταθμού της Ελευσίνας.

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ	ΕΚΤΑΣΗ (km <sup>2</sup> )	ΠΟΣΟΣΤΟ %	ΒΑΡΥΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ
ΑΝΘΡΑΚΙΚΑ	0,45	44,9	79,11	<b>0,4</b>
ΦΛΥΣΧΗΣ	0,1	0	0	
ΝΕΟΓΕΝΗ	0,15	0,66	1,16	
ΑΛΟΥΒΙΑ	0,2	11,09	19,54	
ΡΙΠΙΔΙΑ	0,25	0	0	
ΟΦΙΟΛΙΘΟΙ	0,08	0	0	
ΣΧΙΣΤΟΚΕΡΑΤΟΛΙΘΙΚΗ ΔΙΑΠΛΑΣΗ	0,13	0,11	0,19	
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>56,76</b>	<b>100</b>	

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.14:** Έκταση, ποσοστά και βαρυκεντρικός συντελεστής κατείδυσης των γεωλογικών σχηματισμών στην περιοχή επιρροής του μετεωρολογικού σταθμού του Τατοίου.

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ	ΕΚΤΑΣΗ (km <sup>2</sup> )	ΠΟΣΟΣΤΟ %	ΒΑΡΥΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ
ΑΝΘΡΑΚΙΚΑ	0,45	66,24	59,33	<b>0,33</b>
ΦΛΥΣΧΗΣ	0,1	3,21	2,88	
ΝΕΟΓΕΝΗ	0,15	37,53	33,62	
ΑΛΟΥΒΙΑ	0,2	3,65	3,27	
ΡΙΠΙΔΙΑ	0,25	0	0	
ΟΦΙΟΛΙΘΟΙ	0,08	0	0	
ΣΧΙΣΤΟΚΕΡΑΤΟΛΙΘΙΚΗ ΔΙΑΠΛΑΣΗ	0,13	1,01	0,9	
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>111,64</b>	<b>100</b>	

Οι μέσοι μηνιαίοι όγκοι ύδατος που διηθούνται με βάση τους συντελεστές κατείδυσης και τον όγκο των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων κάθε σταθμού δίνονται στον Πίνακα 4.15 .

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.15:** Μέσοι μηνιαίοι όγκοι ύδατος που κατείδυουν για κάθε μια από τις περιοχές επιρροής των μετεωρολογικών σταθμών ενδιαφέροντος.

ΜΗΝΑΣ	P <sub>ΤΑΝ</sub> (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	P <sub>ΑΛΙΑΡΤ</sub> (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	P <sub>ΕΛΕΥΣ</sub> (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	P <sub>ΤΑΤΟΙΟΥ</sub> (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	I <sub>ΤΑΝ</sub> (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	I <sub>ΑΛΙΑΡΤ</sub> (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	I <sub>ΕΛΕΥΣ</sub> (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	I <sub>ΤΑΤΟΙΟΥ</sub> (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	32,34	4,06	2,66	7,65	8,09	0,93	1,06	2,52
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	24,45	4,27	2,2	5,54	6,11	0,98	0,88	1,83
ΜΑΡΤΙΟΣ	27,1	5,58	2,39	5,6	6,78	1,28	0,96	1,85
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	13,21	4,83	1,44	2,75	3,3	1,11	0,58	0,91
ΜΑΙΟΣ	11,19	4,11	1,08	2,3	2,8	0,95	0,43	0,76
ΙΟΥΝΙΟΣ	5,57	4,21	0,45	1,21	1,39	0,97	0,18	0,4
ΙΟΥΛΙΟΣ	3,91	2,24	0,3	1,17	0,98	0,52	0,12	0,39
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	4,72	1,77	0,29	0,54	1,18	0,41	0,12	0,18
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	8,87	0,99	0,67	1,5	2,22	0,23	0,27	0,5
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	23,95	0,36	2,32	5,36	5,99	0,08	0,93	1,77
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	31,13	0,78	3,54	6,43	7,78	0,18	1,42	2,12
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	37,62	1,29	3,73	8,53	9,41	0,3	1,49	2,81
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>	<b>224,06</b>	<b>34,49</b>	<b>21,07</b>	<b>48,57</b>	<b>56,02</b>	<b>7,93</b>	<b>8,43</b>	<b>16,03</b>

Για το σύνολο της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού η μέση μηνιαία κατείδυση ύδατος δίνεται στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 4.16) .

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.16:** Μέσοι μηνιαίοι όγκοι ύδατος που κατεισδύουν σε ολόκληρη την έκταση της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού.

ΜΗΝΑΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒΡ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΙΑ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΕΤΗΣΙΟ
I (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	12,6	9,8	10,87	5,9	4,94	2,94	2,01	1,89	3,22	8,77	11,5	14,01	88,41

#### Υπολογισμός επιφανειακής απορροής (Q)

Η μέση ετήσια επιφανειακή απορροή στη λεκάνη απορροής του Ασωπού δίνεται από τον τύπο:  $Q = P - ET - I$  (3.7). Οι μέσες μηνιαίες τιμές των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων P, της εξατμισοδιαπνοής ET και της κατεΐσδυσης I δίνονται στους Πίνακες 4.2, 4.9, 4.10 και 4.16 αντίστοιχα.

*Υπολογισμός της επιφανειακής απορροής της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού με βάση τους δημοσιευμένους συντελεστές εξατμισοδιαπνοής των Δούνα (1971) και Δούνα κ.α. (1978).*

Η μέση μηνιαία και ετήσια επιφανειακή απορροή (Q) του Ασωπού, υπολογισμένη για τέσσερις συντελεστές εξατμισοδιαπνοής (35%, 40%, 45%, 50% και 55%) δίνεται στους Πίνακες 4.17, 4.18, 4.19, 4.20 και 4.21 που ακολουθούν.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.17:** Μέση μηνιαία και ετήσια επιφανειακή απορροή υπολογισμένη για ET που αντιστοιχεί στο 35% του P.

ΜΗΝΑΣ	P(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	ET(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) (35%)	I(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Q(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	46,71	16,35	12,6	17,76
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	36,45	12,76	9,8	13,89
ΜΑΡΤΙΟΣ	40,67	14,23	10,87	15,57
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	22,23	7,78	5,9	8,55
ΜΑΙΟΣ	18,67	6,53	4,94	7,2
ΙΟΥΝΙΟΣ	11,43	4	2,94	4,49
ΙΟΥΛΙΟΣ	7,63	2,67	2,01	2,95
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	7,33	2,57	1,89	2,87
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	12,03	4,21	3,22	4,6
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	31,99	11,2	8,77	12,02
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	41,88	14,66	11,5	15,72
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	51,16	17,91	14,01	19,24
ΕΤΗΣΙΟ	328,18	114,86	88,41	124,91

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.18:** Μέση μηνιαία και ετήσια επιφανειακή απορροή υπολογισμένη για ΕΤ που αντιστοιχεί στο 40% του Ρ.

ΜΗΝΑΣ	P(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	ΕΤ(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) (40%)	I(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Q(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	46,71	18,68	12,6	15,43
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	36,45	14,58	9,8	12,07
ΜΑΡΤΙΟΣ	40,67	16,27	10,87	13,53
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	22,23	8,89	5,9	7,44
ΜΑΙΟΣ	18,67	7,47	4,94	6,26
ΙΟΥΝΙΟΣ	11,43	4,57	2,94	3,92
ΙΟΥΛΙΟΣ	7,63	3,05	2,01	2,57
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	7,33	2,93	1,89	2,51
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	12,03	4,81	3,22	4
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	31,99	12,8	8,77	10,42
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	41,88	16,75	11,5	13,63
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	51,16	20,46	14,01	16,69
ΕΤΗΣΙΟ	<b>328,18</b>	<b>131,27</b>	<b>88,41</b>	<b>108,5</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.19:** Μέση μηνιαία και ετήσια επιφανειακή απορροή υπολογισμένη για ΕΤ που αντιστοιχεί στο 45% του Ρ.

ΜΗΝΑΣ	P(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	ΕΤ(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) (45%)	I(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Q(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	46,71	21,02	12,6	13,09
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	36,45	16,4	9,8	10,25
ΜΑΡΤΙΟΣ	40,67	18,3	10,87	11,5
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	22,23	10	5,9	6,33
ΜΑΙΟΣ	18,67	8,4	4,94	5,33
ΙΟΥΝΙΟΣ	11,43	5,14	2,94	3,35
ΙΟΥΛΙΟΣ	7,63	3,43	2,01	2,19
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	7,33	3,3	1,89	2,14
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	12,03	5,41	3,22	3,4
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	31,99	14,4	8,77	8,82
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	41,88	18,85	11,5	11,53
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	51,16	23,02	14,01	14,13
ΕΤΗΣΙΟ	<b>328,18</b>	<b>147,68</b>	<b>88,41</b>	<b>92,09</b>



**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.20:** Μέση μηνιαία και ετήσια επιφανειακή απορροή υπολογισμένη για ΕΤ που αντιστοιχεί στο 50% του Ρ.

ΜΗΝΑΣ	P(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	ΕΤ(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) (50%)	I(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Q(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	46,71	23,36	12,6	10,76
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	36,45	18,23	9,8	8,43
ΜΑΡΤΙΟΣ	40,67	20,34	10,87	9,47
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	22,23	11,12	5,9	5,22
ΜΑΙΟΣ	18,67	9,34	4,94	4,4
ΙΟΥΝΙΟΣ	11,43	5,72	2,94	2,78
ΙΟΥΛΙΟΣ	7,63	3,82	2,01	1,81
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	7,33	3,67	1,89	1,78
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	12,03	6,02	3,22	2,8
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	31,99	16	8,77	7,23
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	41,88	20,94	11,5	9,44
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	51,16	25,58	14,01	11,57
ΕΤΗΣΙΟ	<b>328,18</b>	<b>164,09</b>	<b>88,41</b>	<b>75,68</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.21:** Μέση μηνιαία και ετήσια επιφανειακή απορροή υπολογισμένη για ΕΤ που αντιστοιχεί στο 55% του Ρ.

ΜΗΝΑΣ	P(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	ΕΤ(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) (55%)	I(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Q(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	46,71	25,69	12,6	8,42
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	36,45	20,05	9,8	6,6
ΜΑΡΤΙΟΣ	40,67	22,37	10,87	7,43
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	22,23	12,23	5,9	4,1
ΜΑΙΟΣ	18,67	10,27	4,94	3,46
ΙΟΥΝΙΟΣ	11,43	6,29	2,94	2,2
ΙΟΥΛΙΟΣ	7,63	4,2	2,01	1,42
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	7,33	4,03	1,89	1,41
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	12,03	6,62	3,22	2,19
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	31,99	17,59	8,77	5,63
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	41,88	23,03	11,5	7,35
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	51,16	28,14	14,01	9,01
ΕΤΗΣΙΟ	<b>328,18</b>	<b>180,5</b>	<b>88,41</b>	<b>59,27</b>

Με βάση τους παραπάνω υπολογισμούς η μέση ετήσια επιφανειακή απορροή (Q) του Ασωπού, υπολογισμένη για τέσσερις συντελεστές εξατμισοδιαπνοής (35%, 40%, 45%, 50% και 55%) κυμαίνεται από  $124,91 \times 10^6$  έως  $59,27 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι η μέση ετήσια απορροή που αντιστοιχεί σε συντελεστή εξατμισοδιαπνοής 50% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και ισούται με  **$75,68 \cdot 10^6 \text{ m}^3$**  αντιστοιχεί σε ένα υδατικό δυναμικό  $0,105 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2$  που είναι κοντά στην τιμή του υδατικού δυναμικού  $0,10 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2$ , η οποία αντιστοιχεί σε μια μέση ετήσια μετρημένη απορροή  $23 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  του 30,3% ( $227 \text{ km}^2$ ) της λεκάνης του Ασωπού ποταμού (Θεριανός 1974).

*Υπολογισμός της επιφανειακής απορροής της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού με βάση την τιμή της εξατμισοδιαπνοής όπως αυτή προσδιορίστηκε από τον τύπο των Burdon & Papakis (1963).*

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.22:** Μέση ετήσια επιφανειακή απορροή υπολογισμένη για ET όπως προσδιορίστηκε από τον τύπο των BURDON & PAPAKIS

	I	ET	P	Q(Q=P-ET-I)
( $10^6 \text{ m}^3$ )	88,41	219,77	328,18	20

Η τιμή  **$20 \cdot 10^6 \text{ m}^3$**  αντιστοιχεί σε ένα υδατικό δυναμικό  $0,028 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2$  που διαφοροποιείται αρκετά από την τιμή του υδατικού δυναμικού  $0,10 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2$ , η οποία αντιστοιχεί σε μια μέση ετήσια μετρημένη απορροή  $23 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  του 30,3% ( $227 \text{ km}^2$ ) της λεκάνης του Ασωπού ποταμού (Θεριανός 1974).

#### 4.1.2 Μέθοδος Thornthwaite

Ο προσδιορισμός της επιφανειακής απορροής στην περίπτωση αυτή γίνεται μέσω του λογισμικού που διατίθεται από το U.S. Geological Survey (USGS) και περιγράφεται αναλυτικά από τους McCabe and Markstrom (2007). Στο Παράρτημα II παρουσιάζονται σε πίνακες τα αποτελέσματα της εφαρμογής του συγκεκριμένου προγράμματος για κάθε μια από τις τέσσερις υποπεριοχές της λεκάνης απορροής του Βοιωτικού Ασωπού υπολογισμένες για πέντε διαφορετικές υγρασίες κορεσμού του εδάφους ( 100 mm, 150mm, 175mm, 200mm και 250mm)

Για τον υπολογισμό της μέσης μηνιαίας επιφανειακής απορροής της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού έγινε αρχικά μετατροπή της μηνιαίας επιφανειακής απορροής κάθε μετεωρολογικού σταθμού που δίνεται σε mm σε όγκο νερού ( $m^3$ ) πολλαπλασιάζοντας τις τιμές των πινάκων που προέκυψαν από το πρόγραμμα Thornthwaite με τα αντίστοιχα εμβαδά των περιοχών επιρροής των σταθμών (Πίνακας 4.1.). Η ολική επιφανειακή απορροή προέκυψε στην συνέχεια από το άθροισμα των επιμέρους αποτελεσμάτων των σταθμών.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.23:** Μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή ( $10^6 m^3$ ) στις 4 υποπεριοχές και στην συνολική έκταση της λεκάνης απορροής του Βοιωτικού Ασωπού για συντελεστή υγρασίας εδάφους 100mm.

ΜΗΝΑΣ	ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 100mm				
	Q ( $10^6 m^3$ ) ΤΑΝΑΓΡΑ	Q ( $10^6 m^3$ ) ΑΛΙΑΡΤΟΣ	Q ( $10^6 m^3$ ) ΕΛΕΥΣΙΝΑ	Q ( $10^6 m^3$ ) ΤΑΤΟΙ	Q ( $10^6 m^3$ ) ΛΕΚΑΝΗ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	30,18	3,68	2,84	6,99	43,69
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	21,17	3,26	1,73	4,81	30,97
ΜΑΡΤΙΟΣ	14,99	3,30	0,93	3,10	22,33
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	7,47	2,23	0,48	1,55	11,73
ΜΑΙΟΣ	3,96	1,20	0,26	0,83	6,24
ΙΟΥΝΙΟΣ	1,98	0,71	0,12	0,41	3,23
ΙΟΥΛΙΟΣ	1,04	0,36	0,07	0,23	1,70
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,64	0,21	0,04	0,11	1,01
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,64	0,11	0,05	0,12	0,92
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1,29	0,05	0,12	0,29	1,75
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1,63	0,05	0,18	0,34	2,2
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1,93	0,07	0,19	0,44	2,62
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>	<b>86,92</b>	<b>15,23</b>	<b>7,01</b>	<b>19,22</b>	<b>128,39</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.24:** Μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή ( $10^6\text{m}^3$ ) στις 4 υποπεριοχές και στην συνολική έκταση της λεκάνης απορροής του Βοιωτικού Ασωπού για συντελεστή υγρασίας εδάφους 150mm

ΜΗΝΑΣ	ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 150mm				
	Q ( $10^6\text{ m}^3$ ) ΤΑΝΑΓΡΑ	Q ( $10^6\text{ m}^3$ ) ΑΛΙΑΡΤΟΣ	Q ( $10^6\text{ m}^3$ ) ΕΛΕΥΣΙΝΑ	Q ( $10^6\text{ m}^3$ ) ΤΑΤΟΙ	Q ( $10^6\text{ m}^3$ ) ΛΕΚΑΝΗ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	17,81	2,24	1,42	4,20	25,66
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	14,99	2,53	1,02	3,42	21,96
ΜΑΡΤΙΟΣ	11,87	2,94	0,58	2,41	17,8
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	5,94	2,05	0,30	1,21	9,49
ΜΑΙΟΣ	3,22	1,11	0,17	0,65	5,14
ΙΟΥΝΙΟΣ	1,58	0,66	0,08	0,32	2,65
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,84	0,33	0,04	0,19	1,41
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,55	0,20	0,03	0,09	0,87
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,59	0,10	0,04	0,11	0,85
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1,29	0,05	0,12	0,28	1,73
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1,58	0,05	0,18	0,33	2,15
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1,88	0,07	0,19	0,43	2,57
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>	<b>62,14</b>	<b>12,33</b>	<b>4,17</b>	<b>13,64</b>	<b>92,28</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.25:** Μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή ( $10^6\text{m}^3$ ) στις 4 υποπεριοχές και στην συνολική έκταση της λεκάνης απορροής του Βοιωτικού Ασωπού για συντελεστή υγρασίας εδάφους 175mm

ΜΗΝΑΣ	ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 175mm				
	Q ( $10^6\text{ m}^3$ ) ΤΑΝΑΓΡΑ	Q ( $10^6\text{ m}^3$ ) ΑΛΙΑΡΤΟΣ	Q ( $10^6\text{ m}^3$ ) ΕΛΕΥΣΙΝΑ	Q ( $10^6\text{ m}^3$ ) ΤΑΤΟΙ	Q ( $10^6\text{ m}^3$ ) ΛΕΚΑΝΗ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	11,63	1,51	0,85	2,80	16,79
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	11,92	2,17	0,6	2,72	17,41
ΜΑΡΤΙΟΣ	10,34	2,76	0,36	2,05	15,52
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	5,15	1,96	0,19	1,03	8,32
ΜΑΙΟΣ	2,82	1,06	0,11	0,56	4,56
ΙΟΥΝΙΟΣ	1,39	0,64	0,05	0,28	2,35
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,74	0,32	0,03	0,17	1,26
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,49	0,20	0,02	0,08	0,79
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,59	0,10	0,04	0,10	0,84
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1,29	0,05	0,12	0,28	1,73
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1,58	0,05	0,18	0,32	2,14
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1,88	0,07	0,19	0,43	2,56
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>	<b>49,82</b>	<b>10,89</b>	<b>2,74</b>	<b>10,82</b>	<b>74,27</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.26:** Μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή ( $10^6\text{m}^3$ ) στις 4 υποπεριοχές και στην συνολική έκταση της λεκάνης απορροής του Βοιωτικού Ασωπού για συντελεστή υγρασίας εδάφους 200 mm

ΜΗΝΑΣ	ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 200mm				
	Q ( $10^6 \text{ m}^3$ ) ΤΑΝΑΓΡΑ	Q ( $10^6 \text{ m}^3$ ) ΑΛΙΑΡΤΟΣ	Q ( $10^6 \text{ m}^3$ ) ΕΛΕΥΣΙΝΑ	Q ( $10^6 \text{ m}^3$ ) ΤΑΤΟΙ	Q ( $10^6 \text{ m}^3$ ) ΛΕΚΑΝΗ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	7,92	0,94	0,85	1,80	11,50
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	7,57	1,73	0,47	1,83	11,60
ΜΑΡΤΙΟΣ	8,21	2,54	0,30	1,61	12,66
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	4,06	1,85	0,16	0,80	6,87
ΜΑΙΟΣ	2,28	1,01	0,10	0,45	3,83
ΙΟΥΝΙΟΣ	1,14	0,61	0,05	0,22	2,02
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,64	0,31	0,03	0,15	1,13
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,45	0,19	0,02	0,07	0,73
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,54	0,10	0,03	0,10	0,78
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1,24	0,04	0,12	0,28	1,68
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1,58	0,05	0,18	0,32	2,14
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1,88	0,07	0,19	0,42	2,56
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>	<b>37,51</b>	<b>9,44</b>	<b>2,50</b>	<b>8,05</b>	<b>57,50</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.27:** Μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή ( $10^6\text{m}^3$ ) στις 4 υποπεριοχές και στην συνολική έκταση της λεκάνης απορροής του Βοιωτικού Ασωπού για συντελεστή υγρασίας εδάφους 250 mm

ΜΗΝΑΣ	ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 250mm				
	Q ( $10^6 \text{ m}^3$ ) ΤΑΝΑΓΡΑ	Q ( $10^6 \text{ m}^3$ ) ΑΛΙΑΡΤΟΣ	Q ( $10^6 \text{ m}^3$ ) ΕΛΕΥΣΙΝΑ	Q ( $10^6 \text{ m}^3$ ) ΤΑΤΟΙ	Q ( $10^6 \text{ m}^3$ ) ΛΕΚΑΝΗ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	7,92	0,94	0,85	1,8	11,5
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4,35	0,58	0,47	0,98	6,39
ΜΑΡΤΙΟΣ	2,92	1,67	0,3	0,64	5,52
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1,43	1,41	0,16	0,31	3,33
ΜΑΙΟΣ	0,94	0,79	0,1	0,2	2,03
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,49	0,5	0,05	0,1	1,15
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,3	0,26	0,03	0,08	0,66
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,3	0,16	0,02	0,03	0,52
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,45	0,09	0,03	0,08	0,64
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1,19	0,04	0,12	0,27	1,61
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1,58	0,05	0,18	0,32	2,13
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1,88	0,07	0,19	0,43	2,56
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>	<b>23,75</b>	<b>6,56</b>	<b>2,5</b>	<b>5,24</b>	<b>38,04</b>

Η παραπάνω διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα τον υπολογισμό της μέσης μηνιαίας απορροής της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού που κυμαίνεται από  $128,39 \times 10^6\text{m}^3$  έως

38,04 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα συνολικά αποτελέσματα επιφανειακής απορροής του μοντέλου Thorthwaite για την λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.28:** Μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή (10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>) στην συνολική έκταση της λεκάνης απορροής του Βοιωτικού Ασωπού για κάθε μία από τις υπο εξέταση υγρασίες εδάφους.

ΜΗΝΑΣ	Q(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) 100 mm	Q(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) 150mm	Q(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) 175 mm	Q(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) 200mm	Q(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) 250mm
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	43,69	25,66	16,79	11,50	11,5
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	30,97	21,96	17,41	11,60	6,39
ΜΑΡΤΙΟΣ	22,33	17,8	15,52	12,66	5,52
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	11,73	9,49	8,32	6,87	3,33
ΜΑΙΟΣ	6,24	5,14	4,56	3,83	2,03
ΙΟΥΝΙΟΣ	3,23	2,65	2,35	2,02	1,15
ΙΟΥΛΙΟΣ	1,70	1,41	1,26	1,13	0,66
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1,01	0,87	0,79	0,73	0,52
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,92	0,85	0,84	0,78	0,64
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1,75	1,73	1,73	1,68	1,61
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2,2	2,15	2,14	2,14	2,13
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2,62	2,57	2,56	2,56	2,56
ΕΤΗΣΙΟ	<b>128,39</b>	<b>92,28</b>	<b>74,27</b>	<b>57,50</b>	<b>38,04</b>

Παρατηρούμε ότι για υγρασία εδάφους 175 mm η απορροή του Ασωπού είναι **74,27x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>** που αντιστοιχεί σε ένα υδατικό δυναμικό 0,103 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> που είναι κοντά στην τιμή του υδατικού δυναμικού 0,10 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, η οποία αντιστοιχεί σε μια μέση ετήσια μετρημένη απορροή 23 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> του 30,3% (227 km<sup>2</sup>) της λεκάνης του Ασωπού ποταμού (Θεριανός 1974).

## 4.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΒΟΙΩΤΙΚΟΥ ΑΣΩΠΟΥ

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής των διαφόρων μεθόδων προσδιορισμού της στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού ,που αναλύθηκαν εκτενώς στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται στις παραγράφους που ακολουθούν.

### 4.2.1 Προσδιορισμός της στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού μέσω της Παγκόσμιας Εξίσωσης Εδαφικής Απώλειας (USLE) και της Εξίσωσης Renfro (1972)

- Προσδιορισμός της Εδαφικής Απώλειας

Η ΠΕΕΑ έχει την μορφή: **A = R K LS C P (3.18)**

όπου A: η εδαφική απώλεια ανά μονάδα επιφάνειας σε t/ha/year, R: ο συντελεστής διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης  $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , K: ο συντελεστής εδαφικής διαβρωσιμότητας  $\text{t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , LS: ο τοπογραφικός συντελεστής που αποτελείται από το γινόμενο του συντελεστή μήκους κλιτύος (L) και του συντελεστή κλίσης κλιτύος (S), C: ο συντελεστής φυτοκάλυψη, και P: ο συντελεστής διαχείρισης των εδαφών κατά της διάβρωσης.

### Υπολογισμός του συντελεστή διαβρωσιμότητας της βροχόπτωσης

Στο πρώτο μέρος της παρούσας μελέτης προσδιορίστηκε το μέσο ετήσιο ύψος της βροχής ίσο με 455,16 mm.

Από την εμπειρική εξίσωση παλινδρόμησης (Schwertmann et al., 1990):

$R=0,083 \times N - 1,77$  (3.19) όπου N: το μέσο ετήσιο ύψος βροχής σε mm και R: ο συντελεστής διαβρωτικότητας σε (N/hour).

Έτσι (3.19)  $\xrightarrow{N=455,16\text{mm}}$   $R=0,083 \times 455,16 - 1,77 \Rightarrow R= 360,08 \text{ N/hour}$

### Υπολογισμός του συντελεστή εδαφικής διαβρωσιμότητας

Στον Πίνακα 4.29 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εμβαδομέτρησης μέσω του προγράμματος Arc Gis των διαφόρων κατηγοριών πετρωμάτων που συναντάμε στην περιοχή μελέτης, όπως αυτές προέκυψαν από τον Πίνακα 3.3, καθώς και το ποσοστό που αντιπροσωπεύει έκαστη επί του συνολικού εμβαδού της λεκάνης απορροής.

Στην συνέχεια κανονικοποιώντας για το σύνολο της λεκάνης με βάση τα ποσοστά των παραπάνω ομάδων γεωλογικών σχηματισμών και την αντίστοιχη τιμή τους K υπολογίζουμε τον συνολικό συντελεστή εδαφικής διαβρωσιμότητας που είναι ίσος με **0,017 thMJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>**

### Υπολογισμός του τοπογραφικού συντελεστή LS

Η τιμή του συντελεστή που υπολογίζουμε μέσω του προγράμματος Arc Gis είναι ίσος με **6,53**.

### Υπολογισμός του συντελεστή φυτοκάλυψης C

Στον Πίνακα 4.30 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εμβαδομέτρησης μέσω του προγράμματος Arc Gis των διαφόρων κατηγοριών χρήσεων γης που συναντάμε στην περιοχή μελέτης, όπως αυτές προέκυψαν από τον Πίνακα 3.5, καθώς και το ποσοστό που αντιπροσωπεύει η κάθε μια επί του συνόλου της λεκάνης απορροής του Βοιωτικού Ασωπού.

Στην συνέχεια κανονικοποιώντας για το σύνολο της λεκάνης με βάση τα ποσοστά των παραπάνω ομάδων χρήσεων γης και την αντίστοιχη τιμή τους C υπολογίζουμε τον συνολικό συντελεστή φυτοκάλυψης που είναι ίσος με **0,13**.

### Υπολογισμός του συντελεστή διαχείρισης των εδαφών κατά της διάβρωσης (P)

Όσον αφορά στον υπολογισμό του συντελεστή διαχείρισης των εδαφών κατά της διάβρωσης P, λαμβάνει παντού την τιμή **P=1**, αφού στην περιοχή μελέτης δεν λαμβάνεται κανένα ουσιαστικό μέτρο προστασίας έναντι της εδαφικής διάβρωσης.

### Υπολογισμός εδαφικής απώλειας ανά μονάδα επιφανείας

Από την σχέση (3.18)  $\frac{R=360,08, K=0,017, LS=6,53, P=1, C=0,13}{\rightarrow A=5,1964 \text{ t/ha/year} \rightarrow A=519,64 \text{ t/km}^2/\text{year}}$

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.29:** Ομαδοποίηση διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών με βάση τον συντελεστή διαβρωσιμότητας (K) και το ποσοστό επί του συνολικού εμβαδού της λεκάνης απορροής του Βοιωτικού Ασωπού που καταλαμβάνουν.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Κ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΜΒΑΔΟΝ (km <sup>2</sup> )	% ΠΟΣΟΣΤΟ
Ολόκαινο (Αλλούβιο)	0,015	168,49	23,37
Πλειστόκαινο: άργιλοι, πηλοί, άμμοι, κροκαλοπαγή και Πλειο –Πλειστόκαινο:άμμοι, μάργες, άργιλοι, κροκαλοπαγή.	0,03	127,81	17,73
Μειοπλειόκαινο (Ανώτ.Μειόκαινο - Πλειόκαινο): κροκαλοπαγή, άμμοι, μάργες, κοκκινοχώματα, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, άργιλοι και Πλειόκαινο :κροκαλοπαγή, άμμοι, άργιλοι, μάργες, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και συχνά στρώματα λιγνίτη.	0,028	168,99	23,44
Φλύσχης	0,02	6,44	0,89
Ανώτερο Κρητιδικό. Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιοσπαρουδίτες)	0,00085	51,08	7,08
Τριαδικό - Κατώτερο Ιουρασικό ή Ιουρασικό. Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιοσπαρουδίτες) και δολομίτες	0,006	189,7	26,31
Πέρμιο – Τριαδικό:Χαλαζίτες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, σερικιτικοί σχιστόλιθοι και Ανώτερο Παλαιοζωϊκό: Πρασινοςχιστόλιθοι, σχιστόλιθοι, φυλλίτες, γραουβάκες με κροκαλοπαγή και ενστρώσεις ασβεστολίθων ή δολομιτών.	0,035	1,12	0,16
Κάτω - Μέσο Τριαδικό. Ασβεστόλιθοι (βιοσπαρουδίτες) και δολομίτες	0,0008	7,4	1,03



**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.30:** Ομαδοποίηση διαφόρων χρήσεων γης με βάση τον συντελεστή φυτοκάλυψης (C) και το ποσοστό επί του συνολικού εμβαδού της λεκάνης απορροής του Βοιωτικού Ασωπού που καταλαμβάνουν.

ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ	C	ΕΚΤΑΣΗ (km <sup>2</sup> )	% ΠΟΣΟΣΤΟ
Ασυνεχής αστικός ιστός	0,001	6,52	0,9
Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες	0	13,33	1,85
Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα	0	2,38	0,33
Αεροδρόμια	0	6,29	0,87
Χώροι εξορύξεως ορυκτών	0	0,64	0,09
Χώροι οικοδόμησης	0	0,014	0,002
Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη	0,3	233,59	32,4
Αμπελώνες	0,2	4,72	0,65
Ελαιώνες	0,1	14,48	2,01
Σύνθετες καλλιέργειες	0,18	81,26	11,27
Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης	0,1	50,67	7,028
Δάσος κωνοφόρων	0,001	68,44	9,49
Μικτό δάσος	0,001	5,21	0,72
Φυσικοί βοσκότοποι	0,3	7,12	0,99
Σκληροφυλλική βλάστηση	0,003	138,7	19,23
Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις	0,002	87,16	12,09
Αλυκές	0	0,49	0,07
Θαλάσσια ύδατα	0	0,06	0,01

- **Προσδιορισμός της Στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού**

Ο συντελεστής στερεοαπορροής (SDR) δίνεται από την εξίσωση Renfro (3.17) .

$$\log(\text{SDR})=1,877-0,1419 \times \log(25,9 \times A) \xrightarrow{A=721,06 \text{ km}^2} \text{SDR}=18,66\%$$

Άρα τελικά  $Q=A \times \text{SDR} \Rightarrow Q=0,1866 \times 519,64 \Rightarrow Q=96,97 \text{ t/km}^2/\text{year}$  όπου Q το συνολικό ποσό στερεομεταφοράς για την λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού και A το ετήσιο ποσό εδαφικής απώλειας.

Η τιμή αυτή μπορεί να γίνει δεκτή καθώς είναι εντός των ορίων του υδατικού δυναμικού που έχει προσδιοριστεί στα ελληνικά ποτάμια.

#### **4.2.2 Προσδιορισμός της στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού μέσω της εξίσωσης των Jansen & Painter (1973)**

Στην περίπτωση αυτή ο προσδιορισμός της στερεοπαροχής γίνεται μέσω της σχέσης των Jansen και Painter (1973) που δίνεται από την εξίσωση:

$$\log SY = -2,032 + 0,100 \log Q - 0,314 \log A + 0,750 \log H + 1,104 \log P + 0,368 \log T - 2,324 \log V + 0,786 \log L \quad (3.21)$$

όπου SY: το ποσό της μέσης ετήσιας στερεοπαροχής σε tones/km<sup>2</sup>, Q: η μέση ετήσια επιφανειακή απορροή σε mm/year, A: η έκταση της λεκάνης απορροής σε km<sup>2</sup>, H: το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής σε m, P: το μέσο ετήσιο ποσό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων σε mm, T: η μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα σε °C, V: συντελεστής βλάστησης που κυμαίνεται από 1 (έρημος) έως 4 (δάσος), και L: συντελεστής λιθολογίας που κυμαίνεται από 2 έως 6.

#### **Υπολογισμός της μέσης μηνιαίας και ετήσιας θερμοκρασίας στη λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού**

Από την σχέση  $T_A = T_T - \frac{c \times (z_A - z_T)}{100}$  (3.22) όπου T<sub>A</sub> η μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού, T<sub>T</sub> η μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα του σταθμού αναφοράς (Τανάγρα), z<sub>A</sub> και z<sub>T</sub> τα αντίστοιχα υψόμετρα της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού (366,55 m) και του σταθμού της Τανάγρας (139 m) και c η μέση μηνιαία θερμοβαθμίδα και στηριζόμενοι στις μηνιαίες τιμές θερμοβαθμίδας που προσδιόρισε ο Giandotti (Πίνακας 3.8) υπολογίζουμε τις μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας για την λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού (Πίνακας 4.31).

#### **Υπολογισμός του συντελεστή βλάστησης (V)**

Ο συντελεστής βλάστησης για το σύνολο της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των Jansen & Painter (Πίνακα 3.6) λαμβάνεται ίσος με **3**. Διευκρινίζεται ότι τα μοντέλα που χρησιμοποίησαν οι δυο αυτοί ερευνητές ανεπτύχθησαν σε 79 ποτάμια με λεκάνες απορροής >5000km<sup>2</sup> και αφορούν κάθε μια από τις μεγαλύτερες κλιματικές ζώνες του κόσμου. Κατά αυτόν τον τρόπο και λαμβάνοντας υπόψη το εξαιρετικά μικρό μέγεθος της υπο εξέτασης λεκάνης απορροής γίνεται σαφές ότι δεν δύναται να εκτιμηθεί ο συντελεστής βλάστησης με μεγάλη ακρίβεια.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.31:** Μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού προσδιορισμένες με την μέθοδο της θερμοβαθμίδας

ΜΗΝΑΣ	$T_A = T_T - \frac{c \times (z_A - z_T)}{100} (^{\circ}\text{C})$
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	6,6
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6,66
ΜΑΡΤΙΟΣ	8,31
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	11,84
ΜΑΙΟΣ	16,76
ΙΟΥΝΙΟΣ	21,45
ΙΟΥΛΙΟΣ	23,72
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	23,57
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	19,99
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	15,64
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	11,67
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	8,42
ΕΤΗΣΙΟ	14,55

#### Υπολογισμός του συντελεστή λιθολογίας (L)

Ο υπολογισμός του συντελεστή λιθολογίας προήλθε από την εμβαδομέτρηση των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης (ΧΑΡΤΗΣ 2, Πίνακας 4.32), μέσω του προγράμματος ArcGis, οι οποίοι προηγουμένως είχαν κατηγοριοποιηθεί βάσει του Πίνακα 3.7.

Κανονικοποιώντας για το σύνολο της λεκάνης με βάση τα ποσοστά των παραπάνω ομάδων γεωλογικών σχηματισμών και την αντίστοιχη τιμή τους L υπολογίζουμε τον συνολικό συντελεστή λιθολογίας που είναι ίσος με **4,53**.

#### Προσδιορισμός της στερεοπαροχής

i. Στην υποπερίπτωση αυτή λαμβάνουμε ως τιμή της επιφανειακής απορροής την τιμή που υπολογίσαμε παραπάνω με βάση την εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου ( $Q=104,96\text{mm}$ ). Από την σχέση  $\log SY = -2,032 + 0,100 \log Q - 0,314 \log A + 0,750 \log H + 1,104 \log P + 0,368 \log T - 2,324 \log V + 0,786 \log L$  για  $A=721,06\text{km}^2$ ,  $H=366,55\text{m}$ ,  $P=455,16\text{mm}$ ,  $T=14,6^{\circ}\text{C}$ ,  $V=3$ ,  $L=4,53$  προκύπτει ότι  $SY=92,42 \text{ t/km}^2$

Το παραπάνω ποσό αναφέρεται μόνο στο φορτίο που μεταφέρεται σε αιώρηση. Για τον υπολογισμό της συνολικής στερεοπαροχής θα πρέπει να προστεθούν και τα ποσά που μεταφέρονται σε διάλυση – που ανέρχονται σύμφωνα με συγκρίσεις παλαιότερων μελετών (Skoulikidis 1996 & Poulos 1997) στο 15% του αιωρούμενου υλικού- και τα ποσά υλικού

που μεταφέρονται με σύρση-που ανέρχονται με βάση την διεθνή πρακτική και εμπειρία (UNESCO 1985) σε ποσοστό 10%. Άρα το συλλογικό  $SY=115,5 \text{ t/km}^2$

ii. Στην υποπερίπτωση αυτή λαμβάνουμε ως τιμή της επιφανειακής απορροής την τιμή που υπολογίσαμε παραπάνω με βάση το πρόγραμμα Thornthwaite ( $Q=103.001 \text{ mm}$ ). Από την σχέση  $\log SY = -2,032 + 0,100 \log Q - 0,314 \log A + 0,750 \log H + 1,104 \log P + 0,368 \log T - 2,324 \log V + 0,786 \log L$  και για  $A=721,06 \text{ km}^2$ ,  $H=366,55 \text{ m}$ ,  $P=455,16 \text{ mm}$ ,  $T=14,6^\circ \text{C}$ ,  $V=3$ ,  $L=4,53$  προκύπτει ότι  $SY=92,24 \text{ t/km}^2$ .

Όπως και προηγούμενα πρέπει να προσθέσουμε στην τιμή αυτή που υπολογίσαμε το φορτίο που μεταφέρεται σε διάλυση (15% του αιωρούμενου) και το φορτίο που μεταφέρεται σε σύρση (10% του αιωρούμενου). Τελικά το  $SY_{\text{total}}=115,3 \text{ t/km}^2$

Άρα με βάση την εξίσωση των Jansen and Painter η στερεοπαροχή ανά μονάδα επιφάνειας του ποταμού είναι της τάξης των  $115,4 \text{ t/km}^2$ .

Η μέση ετήσια παροχή σε ίζημα (υπό αιώρηση) ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο (ιζηματολογικό δυναμικό) των ελληνικών ποταμών κυμαίνεται μεταξύ  $65 \text{ tn/km}^2$  και  $650 \text{ tn/km}^2$ , με εξαίρεση μόνο τον Άραχθο του οποίου είναι  $3.650 \text{ tn/km}^2$  (Poulos & Chronis 1997), τιμές που κατά μέσον όρο αντιστοιχούν σε μέση τιμή  $<300 \text{ t/km}^2$ . Συνεπώς η τιμή που υπολογίζεται με το μοντέλο Jansen & Painter είναι μεταξύ αυτών των πλαισίων.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.32:** Ομαδοποίηση διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών με βάση τον συντελεστή λιθολογίας (L) και το ποσοστό επί του συνολικού εμβαδού της λεκάνης απορροής του Βοιωτικού Ασωπού που καταλαμβάνουν.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΕΜΒΑΔΟΝ ( $\text{km}^2$ )	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΛΙΘΟΛΟΓΙΑΣ (L)	% ΠΟΣΟΣΤΟ
Ολόκαινο (Αλλούβιο)	168,49	2	23,61
Πλειστόκαινο. Άργιλοι, πηλοί, μάργες, άμμοι, κροκαλοπαγή	32,49	2	4,55
Πλειο -Πλειστόκαινο. Άμμοι, κροκαλοπαγή, άργιλοι, στρώματα τύρφης ή λιγνίτη, μάργες	95,32	6	13,35
Μειοπλειόκαινο .Κροκαλοπαγή, άμμοι, μάργες, κοκκινοχώματα, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, άργιλοι. Ενίοτε λιγνίτες.	167,65	6	23,49
Φλύσχης	6,44	6	0,90
Τριαδικό - Κατώτερο Ιουρασικό ή Ιουρασικό. Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιοσπαρουδίτες) και δολομίτες	189,7	5	26,58
Κάτω - Μέσο Τριαδικό. Ασβεστόλιθοι (βιοσπαρουδίτες) και δολομίτες.	0,12	5	0,02
Ανώτερο Κρητιδικό. Ασβεστόλιθοι	51,08	5	7,16

(κυρίως βιοσπαρουδίτες). Ασβεστόλιθοι κρυσταλλικοί και μάρμαρα της ίδιας ηλικίας. Πέρμιο - Τριαδικό. Χαλαζίτες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, σερικιτικοί σχιστόλιθοι. Πλειόκαινο. Κροκαλοπαγή, άμμοι, άργιλοι, μάργες, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και συχνά στρώματα λιγνίτη. Ανώτερο Παλαιοζωϊκό. Πρασινοσχιστόλιθοι, σχιστόλιθοι, φυλλίτες, γραουβάκες με κροκαλοπαγή και ενστρώσεις ασβεστολίθων ή δολομιτών.			
	1,01	3	0,14
	1,34	6	0,19
0,114	3	0,02	

#### 4.2.3 Προσδιορισμός της στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού μέσω της εξίσωσης των Κουτσογιάννη & Τάρλα (1987)

Στην περίπτωση αυτή επιχειρείται ο προσδιορισμός της στερεοπαροχής σε αιώρηση μέσω του τύπου των Κουτσογιάννη και Ταρλά, (1987):

$$G=15\gamma e^{3P} \quad (3.22)$$

όπου G: η ετήσια στερεοπαροχή σε αιώρηση σε τόνους/έτος/km<sup>2</sup>, P: το ετήσιο ύψος βροχής σε m και γ: γεωλογικός συντελεστής που δίνεται από την σχέση  $\gamma=K_1\rho_1+K_2\rho_2+K_3\rho_3$  με τα K<sub>1</sub>,K<sub>2</sub> και K<sub>3</sub> να αποτελούν συντελεστές διαβρωσιμότητας της κάθε κατηγορίας πετρωμάτων και ρ<sub>1</sub>,ρ<sub>2</sub> και ρ<sub>3</sub> οι αντίστοιχες αναλογίες της έκτασης στην οποία εμφανίζεται η κάθε κατηγορία πετρωμάτων, προς την συνολική έκταση της λεκάνης απορροής.

Για την λεκάνη απορροής του ποταμού Βοιωτικού Ασωπού, και σύμφωνα με τα πετρώματα που βρίσκονται στην περιοχή ενδιαφέροντος, που όπως έχουμε ήδη πει αντλήθηκαν από τον γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ..Μ.Ε. και ψηφιοποιήθηκαν με την βοήθεια του ARC GIS (ΧΑΡΤΗΣ 2) πραγματοποιήθηκε η ακόλουθη ομαδοποίηση και εμβαδομέτρηση των αντίστοιχων ομάδων (μέσω του προγράμματος Arc GIS).

Η σχέση  $\gamma=K_1\rho_1+K_2\rho_2+K_3\rho_3$  με βάση τον Πίνακα 4.33 γίνεται  $\gamma=1*0,24+0,1*0,35+0,5*0,41\Rightarrow\gamma=0,48$

Γνωρίζοντας το μέσο ετήσιο ύψος βροχής της λεκάνης απορροής του Βοιωτικού Ασωπού από το πρώτο μέρος της παρούσας μελέτης (P=455,16 mm $\Rightarrow$ P=0,4552 m) και από τον τύπο (3.22) έχουμε:

$$(3.22) \xrightarrow{P=0,455m \text{ και } \gamma=0,48} G=15 \times 0,48 \times e^{3 \times 0,455} \Rightarrow G=28,21 \text{ t/year/km}^2$$

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.33:** Ομαδοποίηση των πετρωμάτων με βάση τον συντελεστή διαβρωσιμότητας (K) και το ποσοστό επί του συνολικού εμβαδού της λεκάνης απορροής του Βοιωτικού Ασωπού που καταλαμβάνει η κάθε ομάδα.

ΟΜΑΔΑ	ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Κ	ΕΚΤΑΣΗ (km <sup>2</sup> )	ΠΟΣΟΣΤΟ %
1	Αλουβιακές αποθέσεις, κορήματα	1	174,94	24,26
2	Ψαμμίτες, σχιστόλιθοι, φυλλίτες, χαλαζίτες, φλύσχης	0,5	296,80	41,16
3	Ασβεστόλιθοι, δολομίτες, πλακώδεις ασβεστόλιθοι	0,1	249,30	34,58
		ΣΥΝΟΛΟ	721,04	

Για να υπολογιστεί η μέση ετήσια ολική στερεοπαροχή η παραπάνω τιμή προσαυξάνεται κατά 15% ώστε να συμπεριληφθεί και η στερεοπαροχή σε σύρση και κατά 10% για το φορτίο που μεταφέρεται σε διάλυση. Τελικά έχουμε:  $G = 1,25 \times 28,21 = 35,26$  t/year/km<sup>2</sup>

Παρατηρούμε ότι η με την μέθοδο αυτή προσδιορισμού υπολογίζεται μια τιμή που είναι αρκετά μικρότερη από εκείνη που συναντάμε στα ελληνικά ποτάμια. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο αρκετά μεγάλο ποσοστό ασβεστολιθικών πετρωμάτων και στο μικρό ποσό ετήσιων ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

#### 4.2.4 Προσδιορισμός της στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού μέσω της εξίσωσης των Milliman & Syvitski (1992)

Ο προσδιορισμός επιτυγχάνεται μέσω της εξίσωσης των Milliman και Syvitski (1992):

$$Q = 170 \times A^{0,52} \quad (3.23) \quad (r^2=0,70)$$

όπου Q: το φορτίο ιζήματος που μεταφέρεται από το υδρογραφικό δίκτυο σε ετήσια βάση σε 10<sup>6</sup> t/έτος και A: η έκταση της λεκάνης απορροής σε 10<sup>6</sup> km<sup>2</sup>.

$$(3.23) \xrightarrow{A=0,00072106 \times 10^6 \text{ km}^2} Q = 170 \times 0,00072106^{0,52} \Rightarrow Q = 3,95t \times 10^6/\text{year}$$

Η εξίσωση των Milliman και Syvitski (1992) προσδιορίζει φορτίο αιωρούμενο ιζήματος, οπότε κρίνεται απαραίτητο για τον υπολογισμό της συνολικής ετήσιας στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού να προστεθούν και τα ποσά που αντιστοιχούν στο υλικό που μεταφέρεται με σύρση και σε διάλυση- ποσό που αντιστοιχεί στο 25% του υλικού που μεταφέρεται σε αιώρηση. Κατά αυτόν τον τρόπο έχουμε:

$$Q = 4,94 \text{ t} \times 10^6/\text{year}.$$

Κανονικοποιώντας το αποτέλεσμα ως προς το εμβαδόν προκύπτει ότι η συνολική ετήσια στερεοπαροχή είναι  $6847,51 \text{ t/km}^2$ . Η τιμή αυτή κρίνεται πολύ μεγάλη και το αποτέλεσμα ως αναξιόπιστο. 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  $65 \text{ tn/km}^2$  και  $650 \text{ tn/km}^2$ . Το μη αξιόπιστο αποτέλεσμα ίσως να οφείλεται στο ότι ο τύπος δεν ενδείκνυται για τόσο μικρής έκτασης λεκάνες απορροής όπως αυτή της περιοχής μελέτης καθώς και στο γεγονός ότι το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης απορροής είναι μικρότερο των 1000m. Μεγάλες διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τη χρήση αυτού του τύπου έχουν αναφερθεί σε πολλές περιπτώσεις ποταμών (Poulos et al, 1996).

#### **4.2.5 Προσδιορισμός της στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού μέσω των εξισώσεων του Probst (1992)**

(i) Χρησιμοποιείται αρχικά η εξίσωση του Probst (1992):

$$\ln SY = 1,5610 + 0,9655 \ln S + 0,0023 Q + 0,5692 \ln P - 0,8660 V \quad (3.24)$$

όπου SY: η μέση ετήσια στερεοπαροχή σε  $\text{tones/km}^2/\text{year}$ , S: η μέση κλίση της λεκάνης σε %, Q: η μέση ετήσια απορροή του ποταμού σε  $\text{mm/year}$ , P: η μέση ετήσια βροχόπτωση σε  $\text{mm/year}$ , και V: δείκτης βλάστησης που κυμαίνεται από 0 (έρημος) έως 6 (δάσος).

#### **Προσδιορισμός συντελεστή βλάστησης**

Ο συντελεστής βλάστησης για το σύνολο της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση του Probst (Πίνακα 3.9) λαμβάνεται ίσος με **4**.

#### **Προσδιορισμός στερεοπαροχής**

Διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

- Όταν η απορροή είναι ίση με 104,96 mm όπως υπολογίστηκε από την εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου τότε από τον τύπο :  $\ln SY = 1,5610 + 0,9655 \ln S + 0,0023 Q + 0,5692 \ln P - 0,8660 V$  όπου  $S=9,5\%$ ,  $P=455,16 \text{ mm}$  και  $V=4$  το  $SY=54,38 \text{ t/km}^2$
- Όταν η απορροή είναι ίση με 103,001 mm όπως υπολογίστηκε από την εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου τότε από τον τύπο :  $\ln SY = 1,5610 + 0,9655 \ln S + 0,0023 Q + 0,5692 \ln P - 0,8660 V$  όπου  $S=9,5\%$ ,  $P=455,1532 \text{ mm}$  και  $V=4$  το  $SY=54,13 \text{ t/km}^2$

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι με βάση την εξίσωση αυτή του Probst (1992), η τιμή της στερεοπαροχής που υπολογίζεται κατά μέσο όρο και είναι ίση με  $54,26 \text{ t/km}^2$ . Σύμφωνα με τους Πούλο & Χρόνη (1997) το ιζηματολογικό δυναμικό αυτό (ίζημα υπό

αιώρηση) είναι μικρότερο από αυτό που έχει προσδιοριστεί για τα ελληνικά ποτάμια. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι στη συγκεκριμένη εξίσωση δεν λαμβάνεται υπόψη η λιθολογία, ενώ η βλάστηση κατηγοριοποιείται σε επίπεδο κλιματικών ζωνών.

Τέλος για να υπολογιστεί το συνολικό φορτίο που μεταφέρεται από τον ποταμό θα πρέπει να προστεθεί το φορτίο σε διάλυση (15% του αιωρούμενου) και το φορτίο σε σύρση (10% του αιωρούμενου). Άρα  $SY_{total}=67,82t/km^2$

(ii) Η δεύτερη εξίσωση του Probst (1992) βάσει της οποίας γίνεται ο προσδιορισμός της στερεοπαροχής δίνεται από την σχέση :

$$\ln SY = -0,0723 + 1,0280 \ln S + 0,0365 L + 0,6932 \ln P + 0,0016 Q - 0,7516 V \quad (3.25)$$

όπου SY: η μέση ετήσια στερεοπαροχή σε  $tones/km^2/year$ , S: η μέση κλίση της λεκάνης σε %, L: συντελεστής λιθολογίας που παίρνει τιμές από 1 (δύσκολα διαβρώσιμα πετρώματα) έως 40 (ευκολοδιάβρωτα πετρώματα) Q: η μέση ετήσια απορροή του ποταμού σε  $mm/year$ , P: η μέση ετήσια βροχόπτωση σε  $mm/year$ , και V: δείκτης βλάστησης που κυμαίνεται από 0 (έρημος) έως 6 (δάσος).

#### Προσδιορισμός του συντελεστή λιθολογίας L

Στον Πίνακα 4.34 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εμβαδομέτρησης των διαφόρων κατηγοριών πετρωμάτων όπως αυτές προέκυψαν από τον Πίνακα 3.10.

Κανονικοποιώντας για το σύνολο της λεκάνης με βάση τα ποσοστά των παραπάνω ομάδων λιθολογίας και την αντίστοιχη τιμή τους L υπολογίζουμε τον συνολικό συντελεστή λιθολογίας που είναι ίσος με **24,19**

#### Προσδιορισμός μέσης ετήσιας στερεοπαροχής της λεκάνης

Επισημαίνεται ότι οι δείκτες βλάστησης και οι κατηγορίες παραμένουν ίδιες με το προηγούμενο μοντέλο. Όποτε διακρίνοντας δύο περιπτώσεις, για απορροή  $Q=104,96$  mm και για  $Q=103,001$  mm, προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

a. Όταν η απορροή είναι ίση με  $104,96$  mm όπως υπολογίστηκε από την εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου τότε από τον τύπο  $\ln SY = -0,0723 + 1,0280 \ln S + 0,0365 L + 0,6932 \ln P + 0,0016 Q - 0,7516 V$ : όπου  $S=9,5\%$ ,  $P=455,16$  mm,  $V=4$  και  $L=24,19$  το  $SY = 92,7 t/km^2$

b. Όταν η απορροή είναι ίση με  $103,001$  mm όπως υπολογίστηκε από την εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου τότε από τον τύπο :  $\ln SY = 1,5610 + 0,9655 \ln S + 0,0023 Q + 0,5692 \ln P - 0,8660 V$  όπου  $S=9,5\%$ ,  $P=455,1532$  mm,  $V=4$  και  $L=24,19$  το  $SY = 92,41 t/km^2$

Το αποτέλεσμα που δίνει η εφαρμογή αυτής της εξίσωσης του Probst (1992) είναι κατά μέσον όρο ίσο με **92,55  $t/km^2$** . Η τιμή αυτή συγκριτικά με το προηγούμενο αποτέλεσμα που



έδωσε η πρώτη εξίσωση του ίδιου ερευνητή είναι μεγαλύτερη και μέσα στα αναμενόμενα όρια για τα ελληνικά ποτάμια. Σε αυτό μπορεί να συνηγορεί το γεγονός ότι λαμβάνονται υπόψη περισσότερα στοιχεία που επηρεάζουν την στερεοπαροχή ενός ποταμού όπως π.χ. η λιθολογία.

Όπως και προηγουμένως θα πρέπει να προστεθεί στην παραπάνω τιμή ένα ποσοστό 25% που αναφέρεται στο φορτίο που μεταφέρεται σε διάλυση και με σύρση. Έτσι τελικά  $SY_{total}=115,69 \text{ t/km}^2$

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.34:** Ομαδοποίηση των διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών με βάση τον συντελεστή λιθολογίας του Probst (L) και το ποσοστό επί του συνολικού εμβαδού της λεκάνης απορροής του Βοιωτικού Ασωπού που καταλαμβάνει η κάθε μια κατηγορία.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΛΙΘΟΛΟΓΙΑΣ (L)	ΕΜΒΑΔΟΝ (km <sup>2</sup> )	% ΠΟΣΟΣΤΟ
Ολόκαινο (Αλλούβιο)	40	168,49	23,61
Πλειστόκαινο. Άργιλοι, πηλοί, μάργες, άμμοι, κροκαλοπαγή	32	32,49	4,55
Πλειο -Πλειστόκαινο. Άμμοι, κροκαλοπαγή, άργιλοι, στρώματα τύρφης ή λιγνίτη, μάργες	32	95,32	13,35
Μειοπλειόκαινο .Κροκαλοπαγή, άμμοι, μάργες, κοκκινοχώματα, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, άργιλοι. Ενίοτε λιγνίτες.	32	167,65	23,49
Φλύσχης	10	6,44	0,90
Τριαδικό - Κατώτερο Ιουρασικό ή Ιουρασικό. Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιοσπαρουδίτες) και δολομίτες	4	189,7	26,58
Κάτω - Μέσο Τριαδικό. Ασβεστόλιθοι (βιοσπαρουδίτες) και δολομίτες.	4	0,12	0,02
Ανώτερο Κρητιδικό. Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιοσπαρουδίτες). Ασβεστόλιθοι κρυσταλλικοί και μάρμαρα της ίδιας ηλικίας.	4	51,08	7,16
Πέρμιο - Τριαδικό. Χαλαζίτες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, σερικιτικοί σχιστόλιθοι.	1	1,01	0,14
Πλειόκαινο. Κροκαλοπαγή, άμμοι, άργιλοι, μάργες, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και συχνά στρώματα λιγνίτη.	32	1,34	0,19
Ανώτερο Παλαιοζωϊκό. Πρασινοσχιστόλιθοι, σχιστόλιθοι, φυλλίτες, γραουβάκες με κροκαλοπαγή και ενστρώσεις ασβεστολίθων ή δολομιτών.	1	0,11	0,02

#### 4.2.6 Προσδιορισμός της στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού μέσω της εξίσωσης των Poulos & Chronis (1997)

Ο υπολογισμός της στερεοπαροχής επιτυγχάνεται μέσω της επίλυσης της εξίσωσης

$$S = 1954 \times A^{0,88} \quad (3.26)$$

όπου  $S$  : η στερεοπαροχή σε τόνους και  $A$ : το εμβαδό της λεκάνης απορροής σε  $\text{km}^2$ .

$$(3.26) \xrightarrow{A=721,06 \text{ km}^2} S=1954 \times 721,06^{0,88} \Leftrightarrow S=639645,57 \text{ t/year.}$$

Το παραπάνω ποσό αναφέρεται μόνο στο φορτίο που μεταφέρεται σε αιώρηση. Για τον υπολογισμό της συνολικής στερεοπαροχής θα πρέπει να προστεθούν και τα ποσά που μεταφέρονται σε διάλυση – που ανέρχονται σύμφωνα με συγκρίσεις παλαιότερων μελετών (Skoulikidis 1996 & Poulos 1997) στο 15% του αιωρούμενου υλικού- και τα ποσά υλικού που μεταφέρονται με σύρση-που ανέρχονται με βάση την διεθνή πρακτική και εμπειρία (UNESCO 1985) σε ποσοστό 10% .

Με βάση τον παραπάνω συλλογισμό η ολική στερεοπαροχή είναι  $S=799556,96 \text{ t/year.} = 0,80 \times 10^6 \text{ t/year.}$

Η τιμή αυτή κανονικοποιημένη ως προς το εμβαδόν δίνει τιμή  $1108,86 \text{ t/km}^2$  για τον Βοιωτικό Ασωπό. Η εφαρμογή της εξίσωσης αυτής υπερεκτιμά τη συνολική ετήσια στερεοπαροχή του ποταμού κάτι που μπορεί να εξηγηθεί αφού πρόκειται για μια εμπειρική σχέση που δεν λαμβάνει υπόψη της τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης- λιθολογία, βλάστηση και κλίμα.

Στον Πίνακα 4.35 που ακολουθεί δίνονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα υπολογισμού της στερεοπαροχής.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.35:** Συγκεντρωτικά αποτελέσματα υπολογισμού στερεοπαροχής.

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ	ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΟ ΦΟΡΤΙΟ ( $\text{t/km}^2$ )	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ( $\text{t/km}^2$ )
USLE (1978) και Renfro (1972)		96,97
Jansen & Painter (1973)	92,36	115,45
Κουτσογιάννης & Τάρλας (1987)	28,21	35,26
Milliman & Syvitski (1992)	$3,95 \times 10^6$	$4,94 \times 10^6$
Probst (1992)	54,26	67,82
Probst (1992)	92,55	115,69
Poulos & Chronis (1996)	$0,64 \times 10^6$	$0,79 \times 10^6$

### **4.3. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΩΝ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΤΙΜΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΡΙΑΚΟΝΤΑΕΤΙΑ 2021-2050 ΚΑΙ ΤΗΝ ΤΡΙΑΚΟΝΤΑΕΤΙΑ 2071-2100 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENSEMBLES**

#### ***4.3.1. Εκτίμηση των αναμενόμενων μέσων ετήσιων τιμών επιφανειακής απορροής***

Βασιζόμενοι στην μεθοδολογία που περιγράφηκε λεπτομερώς προηγουμένως, παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επιφανειακής απορροής του Βοιωτικού Ασωπού για τα χρονικά διαστήματα 2021-2050 και 2071-2100 χρησιμοποιώντας ως πρωταρχικά δεδομένα θερμοκρασίας και βροχόπτωσης εκείνα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.13.

Επισημαίνεται ότι για την εκτίμηση της μελλοντικής παροχής ύδατος έχει χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα THORTHWAITE του U.S. Geological Survey (USGS) ως πιο αξιόπιστο καθώς όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα οι τιμές της εξατμισοδιαπνοής που υπολογίζονται με την μέθοδο Coutagne είναι υπερεκτιμημένες, αφού δεν λαμβάνονται υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής και οι δημοσιευμένες τιμές του Δούνα (1978) είναι εκτιμήσεις που αμφισβητείται η ισχύς τους στο μέλλον.

#### **Υπολογισμός της επιφανειακής απορροής με βάση το πρόγραμμα Thorthwaite**

Το μοντέλο Thornthwaite περιγράφηκε λεπτομερώς στο πρώτο μέρος της παρούσας μελέτης. Όπως και στο πρώτο μέρος της παρούσας μελέτης και για να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα δεχόμαστε ως τιμή της επιφανειακής απορροής της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού εκείνη που αντιστοιχεί σε εδαφική υγρασία 175 mm.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το πρόγραμμα για εδαφική υγρασία 175 mm και για τις περιόδους 2021-2050 και -2100 παρουσιάζονται στην συνέχεια (Πίνακες 4.36 και 4.37).

Στους Πίνακες 4.38 και 4.39 παρουσιάζονται οι τιμές της μέσης μηνιαίας απορροής και βροχόπτωσης για κάθε ένα από τα εξεταζόμενα χρονικά διαστήματα και για εδαφική υγρασία 175 mm καθώς και οι % μεταβολές τους.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.36:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thorthwaite για την λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 175 mm, για το χρονικό διάστημα 2021-2050. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

ΜΗΝΑΣ	ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 175mm								
	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	RO <sub>total</sub>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	23,1	57,2	31,2	175	23,1	0	0	6,2	18,7
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	25,2	47,8	20,2	175	25,2	0	0	20,2	20,4
ΜΑΡΤΙΟΣ	37,5	49,7	9,8	175	37,5	0	0	9,8	16,4
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	55,8	31,6	-25,7	149,3	55,8	0	0	0	8,5
ΜΑΙΟΣ	92,1	24,4	-68,9	90,5	81,9	10,1	0	0	4,7
ΙΟΥΝΙΟΣ	131,8	15,1	-117,5	29,7	75	56,7	0	0	2,5
ΙΟΥΛΙΟΣ	151,2	9,2	-142,6	5,5	32,9	118,3	0	0	1,3
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	131	10	-121,5	1,7	13,3	117,7	0	0	0,9
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	84,2	15,4	-69,6	1	15,3	68,9	0	0	1
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	53,1	51,3	-4,4	1	48,7	4,4	0	0	2,7
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	31,2	61	26,8	27,8	31,2	0	0	0	3,1
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	24,2	76,7	48,6	76,4	24,2	0	0	0	3,9
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>84,1</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.37:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thorthwaite για την λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 175 mm, για το χρονικό διάστημα 2071-2100. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

ΜΗΝΑΣ	ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 175mm								
	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	RO <sub>total</sub>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	25,9	53,8	25,2	175	25,9	0	0	0,2	15,5
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	28,4	41,8	11,3	175	28,4	0	0	11,3	14,2
ΜΑΡΤΙΟΣ	42,7	39	-5,6	169,4	42,7	0	0	0	8
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	62,7	26,6	-37,5	133,1	61,5	1,2	0	0	4,3
ΜΑΙΟΣ	107,2	19,4	-88,8	65,5	86	21,3	0	0	2,5
ΙΟΥΝΙΟΣ	151,1	15,8	-136,1	14,6	66	85,1	0	0	1,5
ΙΟΥΛΙΟΣ	179,1	9,4	-170,2	0,4	23,1	156	0	0	0,8
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	153,3	8,3	-145,4	0,1	8,2	145,1	0	0	0,6
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	96,6	15,2	-82,1	0	14,5	82,1	0	0	0,9
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	60	43,9	-18,3	0	41,7	18,3	0	0	2,2
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	36,2	53,8	14,9	15	36,2	0	0	0	2,7
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	27,8	65,7	34,6	49,6	27,8	0	0	0	3,3
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>56,5</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.38:** 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 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) (1958-2000)	Q(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) (2021-2050)	ΜΕΤΑΒΟΛΗ %	P (mm) (1958-2000)	P (mm) (2021-2050)	ΜΕΤΑΒΟΛΗ %
ΙΑΝ	16,79	13,48	-19,71	64,78	57,2	-11,7
ΦΕΒΡ	17,41	14,71	-15,51	50,56	47,79	-5,48
ΜΑΡΤ	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
ΜΑΙΟΣ	4,56	3,39	-25,66	25,89	24,35	-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
ΣΕΠΤ	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
ΝΟΕΜ	2,14	2,24	4,67	58,08	61	5,02
ΔΕΚ	2,56	2,81	9,77	70,95	76,67	8,06
ΕΤΗΣΙΟ	<b>74,27</b>	<b>60,64</b>	<b>-18,35</b>	<b>455,16</b>	<b>449,26</b>	<b>-1,3</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.39:** Μέσες μηνιαίες τιμές απορροής και βροχόπτωσης 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)	ΜΕΤΑΒΟΛΗ %	P (mm) (1958-2000)	P (mm) (2071-2100)	ΜΕΤΑΒΟΛΗ %
ΙΑΝ	16,79	11,18	-33,41	64,78	53,78	-16,98
ΦΕΒΡ	17,41	10,24	-41,18	50,56	41,8	-17,32
ΜΑΡΤ	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
ΜΑΙΟΣ	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
ΕΤΗΣΙΟ	<b>74,27</b>	<b>40,74</b>	<b>-45,15</b>	<b>455,16</b>	<b>392,7</b>	<b>-13,72</b>

Η σύγκριση των τιμών επιφανειακής απορροής και βροχόπτωσης για το χρονικό διάστημα 2021-2050, έτσι όπως αυτές υπολογίζονται από το κλιματικό μοντέλο και το μοντέλο Thornwaite, με τα σημερινά δεδομένα οδηγεί στα εξής συμπεράσματα:

(α) παρατηρείται γενικά μια μείωση των τιμών ύψους βροχής και συνολικής επιφανειακής απορροής που σε ετήσια κλίμακα φτάνει το **1,3%** και **18,35%** αντίστοιχα,

(β) η μεγαλύτερη μείωση της βροχόπτωσης εντοπίζεται τον μήνα Ιούλιο (13,6%) με τον Μάρτιο και τον Ιανουάριο να ακολουθούν (11,82% και 11,7% αντίστοιχα) ενώ η μεγαλύτερη αύξηση προδιορίζεται τον Οκτώβριο (15,54%). Γενικά παρατηρείται μια αύξηση της βροχόπτωσης το διάστημα Οκτωβρίου-Δεκεμβρίου ενώ η τάση είναι πτωτική για τους υπόλοιπους μήνες

(γ) η μεγαλύτερη μείωση της επιφανειακής απορροής εμφανίζεται τον μήνα Απρίλιο (26,32%). Γενικά ολόκληρο το χρονικό διάστημα από τον Μάρτιο έως και τον Ιούλιο η μείωση της επιφανειακής απορροής είναι σημαντική με μεταβολές που κυμαίνονται κοντά στο 25%. Αύξηση παρατηρείται και εδώ από τον Οκτώβριο έως και τον Δεκέμβριο με την μεγαλύτερη να εμφανίζεται κατά τον Οκτώβριο με τιμή 12,72%

Με βάση τα αποτελέσματα της επιφανειακή απορροής και βροχόπτωσης για την περίοδο 2071-2100 μπορούμε να πούμε τα εξής συγκριτικά με τα σημερινά δεδομένα:

(α) η μείωση των τιμών ύψους βροχής και επιφανειακής απορροής συνεχίζεται, με την πρώτη να αγγίζει το ποσοστό του **14%** και την δεύτερη το ποσοστό του **45,15%**

(β) όσον αφορά την βροχόπτωση πλέον καθόλη την διάρκεια του έτους παρατηρείται μείωση με τη μεγαλύτερη να προσδιορίζεται τον Μάρτιο (30,8%). Γενικά οι μεγαλύτερες μειώσεις εμφανίζονται κατά τους χειμερινούς και φθινοπωρινούς μήνες, που αποτελούν και την βασική περίοδο βροχοπτώσεων στον ελληνικό χώρο.

(γ) όσον αφορά την επιφανειακή απορροή η μεγαλύτερη μείωση εμφανίζεται τον Μάρτιο (62,8%) ενώ ολόκληρο το χρονικό διάστημα από Μάρτιο έως Αύγουστο η μείωση ξεπερνά το 50%.

Επισημαίνεται ότι οι παραπάνω υπολογιζόμενες μεταβολές έρχονται σε συμφωνία με αυτές που προσδιορίστηκαν από τους Στουρνάρας κ.ά. (2011) στην μελέτη «Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στα επιφανειακά και υπόγεια υδατικά σώματα του Ελλαδικού Χώρου». Στην παραπάνω προσδιορίζεται μια μεταβολή της βροχόπτωσης 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% του υδατικού δυναμικού για την περίοδο 2071-2100, στο σύνολο της επικράτειας.

#### 4.3.2. Εκτίμηση των αναμενόμενων μέσων ετήσιων τιμών στερεοπαροχής για κάθε ένα από τα χρονικά διαστήματα 2021-2050 και 2071-2100.

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας υπολογισμού της στερεοπαροχής - όπως αυτή προσδιορίστηκε στο δεύτερο μέρος της παρούσας μελέτης- του Βοιωτικού Ασωπού για τα χρονικά διαστήματα 2021-2050 και 2071-2100. Για τον σκοπό αυτό απαραίτητα ήταν τα στοιχεία μέσης θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για κάθε ένα από τα παραπάνω χρονικά διαστήματα που δίνονται στον Πίνακα 3.13 καθώς και τα δεδομένα της μέσης ετήσιας επιφανειακής απορροής που παρουσιάζονται στους Πίνακες 4.38 και 4.39 .

Επισημαίνεται ότι για την εκτίμηση της μελλοντικής στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού δεν έχουν χρησιμοποιηθεί οι τύποι των Milliman και Syvitski (1992) (4<sup>ος</sup> τρόπος προσδιορισμού στερεομεταφοράς) και των Poulos & Chronis (1997) (6<sup>ος</sup> τρόπος προσδιορισμού της στερεομεταφοράς) καθώς λαμβάνουν υπόψη τους μόνο την έκταση της λεκάνης απορροής και κατά αυτόν τον τρόπο δεν δίνουν αξιόπιστα αποτελέσματα όσον αφορά την εξέλιξη της παραμέτρου.

#### Προσδιορισμός μελλοντικών τιμών στερεοπαροχής βάσει της Παγκόσμιας Εξίσωσης Εδαφικής Απώλειας και της εξίσωσης του Renfro (1972)

Με βάση τα δεδομένα της § 4.2.1 για το χρονικό διάστημα 2021-2050 και από τις

$$\left. \begin{array}{l} \text{σχέσεις} \\ A = R K L S C P \text{ (3.18)} \\ R = 0,083 \times N - 1,77 \text{ (3.19)} \end{array} \right\} \overleftarrow{P=449,26mm, K=0,017, LS=6,53, C=0,13}$$

$$A=512,58t/km^2/year$$

$$\text{ενώ για το 2071-2100, } \left. \begin{array}{l} A = R K L S C P \\ R = 0,083 \times N - 1,77 \end{array} \right\} \overleftarrow{P=392,7mm, K=0,017, LS=6,53, C=0,13}$$

$$A=444,83t/km^2/year.$$

Γνωρίζοντας ότι ο συντελεστής στερεοαπορροής (SDR) = 18,66% ,το ποσό του φορτίου που μεταφέρεται για το διάστημα 2021-2050 προσδιορίζεται στα **95,65 t/km<sup>2</sup>/year** και για το 2071-2100 στα **83,01 t/km<sup>2</sup>/year**.

#### Προσδιορισμός μελλοντικών τιμών στερεοπαροχής βάσει της εξίσωσης των Jansen & Painter (1973)

Στηριζόμενοι στους υπολογισμούς της § 4.2.2 και στους Πίνακες 4.38, 4.39 και 3.13 όπου δίνονται οι μέσες ετήσιες τιμές της επιφανειακής απορροής, της θερμοκρασίας και της

βροχόπτωσης αντίστοιχα για τα χρονικά διαστήματα 2021-2050 και 2071-2100, προσδιορίζεται η μέση ετήσια στερεοπαροχή.

- Περίοδος 2021-2050

$$\log SY = -2,032 + 0,100 \log Q - 0,314 \log A + 0,750 \log H + 1,104 \log P + 0,368 \log T - 2,324 \log V + 0,786 \log L \quad (3.21)$$

$$\xrightarrow{Q=84,1mm, A=721,06 km^2, H=366,55 m, P=449,26mm, T=16,24^\circ C, V=3, L=4,53} SY = 92,66 \text{ t/km}^2$$

Η εξίσωση των Jansen & Painter υπολογίζει φορτίο αιωρούμενο ιζήματος. Κατά αυτόν τον τρόπο κρίνεται απαραίτητο για τον υπολογισμό της συνολικής ετήσιας στερεοπαροχής του Βοιωτικού Ασωπού για το χρονικό διάστημα 2021-2050, να προστεθούν τα ποσά που αντιστοιχούν στο υλικό που μεταφέρεται σε σύρση και σε διάλυση. Αυτό αντιπροσωπεύει το 25% του αιωρούμενου φορτίου. Άρα τελικά  $SY_{total} = 115,83 \text{ t/km}^2$

- Περίοδος 2071-2100

$$\log SY = -2,032 + 0,100 \log Q - 0,314 \log A + 0,750 \log H + 1,104 \log P + 0,368 \log T - 2,324 \log V + 0,786 \log L \quad (3.21)$$

$$\xrightarrow{Q=56,5mm, A=721,06 km^2, H=366,55 m, P=392,7mm, T=18,45^\circ C, V=3, L=4,53} SY = 80,44 \text{ t/km}^2$$

Παρομοίως με προηγούμενως το  $SY_{total} = 100,55 \text{ t/km}^2$

### Προσδιορισμός μελλοντικών τιμών στερεοπαροχής βάσει του τύπου των Κουτσογιάννη και Τάρλα (1987)

Από τον τύπο  $G = 15\gamma e^{3P}$  (3.22) και λαμβάνοντας υπόψη αφενός τις τιμές της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης P (σε m) για τα χρονικά διαστήματα 2021-2050 και 2071-2100, 0,449m και 0,393 m αντίστοιχα, και αφετέρου την τιμή του γεωλογικού συντελεστή  $\gamma$  (§4.2.3.) που ισούται με 0.48 η μέση ετήσια στερεοπαροχή για το πρώτο χρονικό διάστημα ισούται με  $27,71 \text{ t/year/km}^2$  και για το δεύτερο με  $23,39 \text{ t/year/km}^2$ .

Για να υπολογιστεί η μέση ετήσια ολική στερεοπαροχή οι παραπάνω τιμές προσαυξάνονται κατά 15% ώστε να συμπεριληφθεί και το φορτίο σε σύρση και κατά 10% για το φορτίο που μεταφέρεται σε διάλυση. Τελικά έχουμε:

- Για το 2021-2050 :  $G = 1.25 \times 27.71 = 34,64 \text{ t/year/km}^2$  και για το σύνολο της λεκάνης απορροής  $G = 24977,52 \text{ t/year}$
- Για το 2071-2100 :  $G = 1.25 \times 23.39 = 29,23 \text{ τόνους/έτος/km}^2$  και για το σύνολο της λεκάνης απορροής  $G = 21079,29 \text{ t/year}$



Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα αυτά με τα σημερινά, έτσι όπως παρουσιάζονται στον συγκεντρωτικό Πίνακα 4.35 παρατηρούμε μια μείωση του ποσού του ιζήματος που μεταφέρεται από τον Βοιωτικό Ασωπό.

**Προσδιορισμός μελλοντικών τιμών στερεοπαροχής βάσει των εξισώσεων του Probst (1992)**

Στηριζόμενοι στους υπολογισμούς της § 4.2.5, τις εξισώσεις 3.24 και 3.25 και στους Πίνακες 4.38, 4.39 και 3.13 όπου δίνονται οι μέσες ετήσιες τιμές της επιφανειακής απορροής και της βροχόπτωσης αντίστοιχα για τα χρονικά διαστήματα 2021-2050 και 2071-2100, προσδιορίζεται η μέση ετήσια στερεοπαροχή.

Αρχικά χρησιμοποιώντας την πρώτη εξίσωση του Probst στην οποία δεν λαμβάνεται υπόψη η επίδραση της λιθολογίας της περιοχής μελέτης επί της στερεοπαροχής έχουμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

- Περίοδος 2021-2050

$$\ln SY = 1,5610 + 0,9655 \ln S + 0,0023 Q + 0,5692 \ln P - 0,8660 V \quad (3.24)$$

$$\begin{matrix} Q=84,1mm, P=449,26mm, V=4, S=9,5 \\ \longleftarrow \hspace{10em} \longrightarrow \end{matrix} SY = 51,44 \text{ t/km}^2$$

Κατά αυτόν τον τρόπο προσδιορίζεται το αιωρούμενο φορτίο. Για τον υπολογισμό του  $SY_{total}$  πρέπει να προστεθεί 25% επί του αιωρούμενου, οπότε τελικά  $SY_{total} = 64,3 \text{ t/km}^2$

- Περίοδος 2071-2100

$$\ln SY = 1,5610 + 0,9655 \ln S + 0,0023 Q + 0,5692 \ln P - 0,8660 V \quad (3.24)$$

$$\begin{matrix} Q=56,5mm, P=392,7 mm, V=4, S=9,5 \\ \longleftarrow \hspace{10em} \longrightarrow \end{matrix} SY = 44,72 \text{ t/km}^2$$

Παρομοίως  $SY_{total} = 55,9 \text{ t/km}^2$

Χρησιμοποιώντας την σχέση 3.25 του Probst προκύπτει για κάθε ένα από τα μελλοντικά χρονικά διαστήματα:

- Περίοδος 2021-2050

$$\ln SY = -0,0723 + 1,0280 \ln S + 0,0365 L + 0,6932 \ln P + 0,0016 Q - 0,7516 V \quad (3.25)$$

$$\begin{matrix} Q=84,1mm, P=449,26mm, V=4, S=9,5, L=24,19 \\ \longleftarrow \hspace{10em} \longrightarrow \end{matrix} SY = 88,85 \text{ t/km}^2$$

Η εξίσωση 3.25 υπολογίζει αιωρούμενο φορτίο. Για τον καθορισμό του ολικού φορτίου μεταφοράς του ποταμού πρέπει να προστεθεί ένα 25% επί του αιωρούμενου. Άρα τελικά  $SY_{total} = 111,06 \text{ t/km}^2$

- Περίοδος 2071-2100

$$\ln SY = -0,0723 + 1,0280 \ln S + 0,0365 L + 0,6932 \ln P + 0,0016 Q - 0,7516 V \quad (3.25)$$

$$Q=56,5mm, P=392,7mm, V=4, S=9,5, L=24,19$$

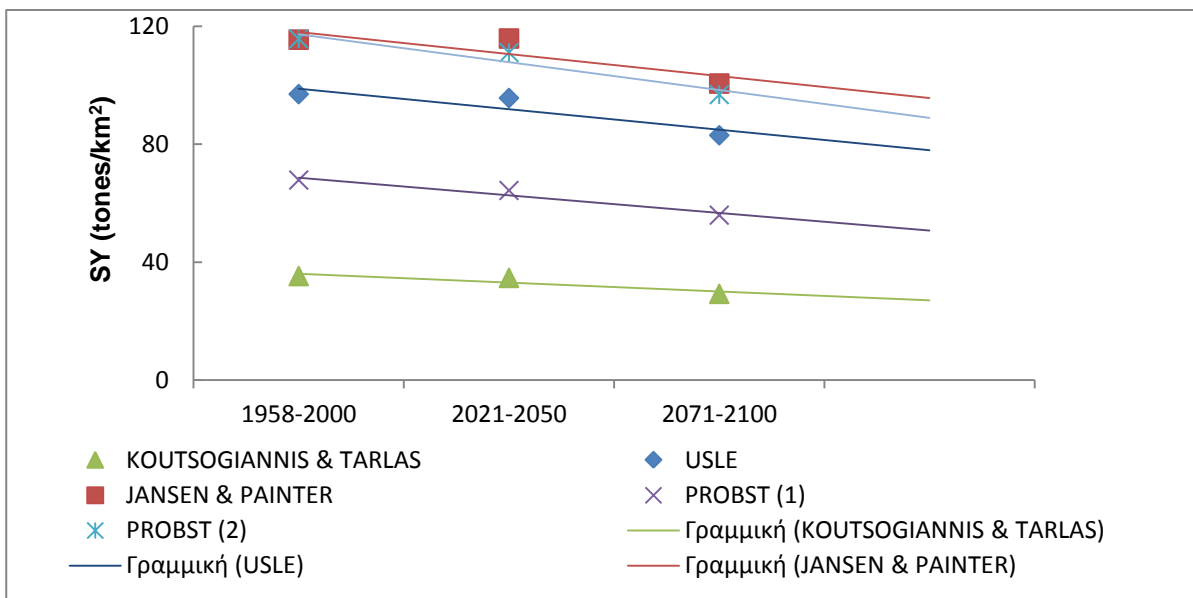
$$\longleftrightarrow SY = 77,44 \text{ t/km}^2$$

Παρόμοια :  $SY_{total} = 96,8 \text{ t/km}^2$

Στον Πίνακα 4.39 και στο Σχήμα 4.2 που ακολουθούν παρουσιάζονται οι μέσες ετήσιες τιμές της στερεοπαροχής όπως αυτές προσδιορίστηκαν με τις διάφορες μεθόδους για τις δύο μελλοντικές περιόδους και οι αντίστοιχες μεταβολές τους με βάση την περίοδο 1958-2000.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.39:** Μέσες ετήσιες τιμές στερεοπαροχής 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.

ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ	SY (t/km <sup>2</sup> ) (2021-2050)	SY (t/km <sup>2</sup> ) (2071-2100)	SY (t/km <sup>2</sup> ) (1958-2000)	% (2021-2050)	% (2071-2100)
	USLE	95,65	83,01	96,97	-1,36
Jansen & Painter	115,83	100,55	115,45	0,33	-12,9
Κουτσογιάννης & Τάρλας	34,64	29,23	35,26	-1,76	-17,1
Probst(1)	64,3	55,9	67,82	-5,19	-17,58
Probst(2)	111,06	96,8	115,69	-4	-16,33



**ΣΧΗΜΑ 4.2:** Διάγραμμα μεταβολής της προβλεπόμενης μέσης ετήσιας στερεοπαροχής ανά μονάδα επιφανείας του Βοιωτικού Ασωπού (SY σε t/km<sup>2</sup>) για τις περιόδους 2012-20150 και 2071-2100 με βάση τη περίοδο 1958-2000.

Ως προς την εξέλιξη της στερεοπαροχής στην υπο εξέταση περιοχή μπορούμε να πούμε τα εξής:

(α) το ποσό της στερεοπαροχής όπως προσδιορίζεται από τις παραπάνω μεθόδους για το διάστημα 1958-2100 παρουσιάζει γενικά πτωτική τάση (μεγαλύτερη ή μικρότερη ανάλογα με την μέθοδο προσδιορισμού και τις παραμέτρους που χρησιμοποιεί)

(β) το διάστημα 2021-2050 παρατηρείται μια μικρή μείωση του φορτίου μεταφοράς του ποταμού που κυμαίνεται ανάλογα με την μέθοδο προσδιορισμού από -1.36% έως -5.19% (μέση τιμή -2,4%)

(γ) το χρονικό διάστημα 2071-2100 η μείωση του φορτίου που μεταφέρεται γίνεται ακόμα μεγαλύτερη με τιμές που κυμαίνονται από -14,4% έως -17,58% ( μέση τιμή -15,7%).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η βιομηχανική δραστηριότητα σε συνδυασμό με την έλλειψη της αναγκαίας υποδομής έχει δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης του Ασωπού, τα οποία συνοπτικά αφορούν:

- Στην περιοχή μεταξύ Αυλώνα, Αγ. Θωμά και Ασωπού ποταμού υπάρχουν νερά πρόσφατης τροφοδοσίας πλούσια σε οξυανθρακικά ιόντα, με χαμηλό σύνολο διαλελυμένων αλάτων (TDS). Ανατολικότερα και εκατέρωθεν της κοίτης του Ασωπού οι συγκεντρώσεις των TDS αυξάνουν σταδιακά
- Τα υπόγεια νερά είναι στην πλειονότητά τους βεβαρημένα σε νιτρικά ιόντα ενώ αυξημένη είναι και η συγκέντρωσή τους σε χλωρίοντα και σε φωσφορικά ιόντα κατά μήκος του ποταμού. Επιπλέον, οι αυξημένες τιμές νιτρωδών και αμμωνιακών ιόντων αποδίδονται κυρίως στην γεωργία (αζωτούχα λιπάσματα), ενώ η παρουσία νιτρωδών, αμμωνιακών, χλωρίοντων και φωσφορικών ιόντων αποδίδεται σε αστικές και βιομηχανικές εστίες ρύπανσης.
- Αυξημένες τιμές έχουν και διάφορα μέταλλα και ιχνοστοιχεία, όπως το ολικό και το εξασθενές χρώμιο, το νικέλιο και ο σίδηρος και σε περιορισμένες αναλύσεις το αρσενικό και ο μόλυβδος. Τα ιχνοστοιχεία που ανιχνευτήκαν παρουσιάζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις κατά μήκος και εκατέρωθεν του Ασωπού, στην περιοχή του Ωρωπού, καθώς και στην περιοχή της Αυλίδας.

**Ο προσδιορισμός της μέσης μηνιαίας και ετήσιας επιφανειακής απορροής** επετεύχθη μέσω (i) του υπολογισμού των επιμέρους παραμέτρων του υδατικού ισοζυγίου και (ii) μέσω του λογισμικού που διατίθεται από το U.S. Geological Survey- πρόγραμμα Thornthwaite. Τα συμπεράσματα συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Η τιμή της επιφανειακής απορροής :
  - (α) με βάση την εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου και υπολογισμένη για 4 συντελεστές εξατμισοδιαπνοής (35%, 40%, 45%, 50% και 55%) κυμαίνεται μεταξύ **124,91 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> και 59,27 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>**
  - (β) με βάση τον τύπο της εξατμισοδιαπνοής των Burdon & Papakis είναι **20 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>**

(γ) με βάση το λογισμικό του U.S. Geological Survey και για εδαφικές υγρασίες 100 mm, 150 mm, 175mm, 200mm και 250mm κυμαίνεται μεταξύ **128,39 10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>** και **38,04 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>**.

- Η μέση ετήσια απορροή που αντιστοιχεί σε συντελεστή εξατμισοδιαπνοής 50% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (1<sup>η</sup> προσέγγιση) και ισούται με **75,68 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>** (υδατικό δυναμικό = 0,105 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>) και εκείνη που αντιστοιχεί σε υγρασία εδάφους 175 mm (2<sup>η</sup> προσέγγιση) και ισούται με **74,27 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>** (υδατικό ισοζύγιο = 0,103 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>) είναι **κοντά στην τιμή του υδατικού ισοζυγίου 0,10 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>** που έχει προσδιορίσει ο Θεριανός (1974) για την λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού.
- Γενικά η επιφανειακή απορροή χαρακτηρίζεται από:
  - (α) μικρές τιμές κάτι που οφείλεται κυρίως στα μικρά ύψη ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και στην μεγάλη κατείσδυση μέσω των αδρομερών αποθέσεων του Νεογενούς και Τεταρτογενούς και των υδροπερατών ασβεστολίθων
  - (β) απότομες μεταβολές κατά την διάρκεια του υδρολογικού έτους, με τους καλοκαιρινούς κυρίως μήνες να έχουμε σχεδόν μηδαμινή απορροή.
  - (γ) στο μέσω ρου του Βοιωτικού Ασωπού η παροχή ελέγχεται από την διάθεση βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών λυμάτων με ολέθρια αποτελέσματα και στα υπόγεια νερά εξαιτίας του υψηλού βαθμού κατείσδυσης, γεγονός που έχει άμεσες συνέπειες σε σχεδόν όλες τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

**Ο προσδιορισμός της μέσης ετήσιας στερεοπαροχής** πραγματοποιήθηκε μέσω της αναζήτησης μεθοδολογιών στην ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία και είναι βασισμένη σε εμπειρικές βασιζόμενες στα λιγοστά υδρολογικά δεδομένα που είναι διαθέσιμα. Οι υπολογισμοί αυτοί μας οδηγούν στα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Το αιωρούμενο φορτίο που μεταφέρεται από τον Βοιωτικό Ασωπό εκτιμάται στα :
  - (α) **92,36 tones/km<sup>2</sup>** σύμφωνα με την εξίσωση των Jansen & Painter (1973)
  - (β) **28,21 tones/km<sup>2</sup>** σύμφωνα με την μέθοδο των Κουτσογιάννη και Τάρλα (1987)
  - (γ) **3,95 x 10<sup>6</sup> tones/km<sup>2</sup>** σύμφωνα με τους Milliman & Syvitski (1992)
  - (δ) **54,26 tones/km<sup>2</sup>** και **92,55 tones/km<sup>2</sup>** βάση των εξισώσεων του Probst (1992) και
  - (ε) **0,64 x 10<sup>6</sup> tones/km<sup>2</sup>** σύμφωνα με την μέθοδο των Poulos & Chronis (1996)

- Το ολικό φορτίο που υπολογίστηκε μέσω της Παγκόσμιας Εξίσωσης Εδαφικής Απώλειας και της Εξίσωσης Renfo ισούται με **96,97 tones/km<sup>2</sup>**
- Με βάση τις προαναφερόμενες εκτιμήσεις, οι τιμές του αιρούμενου υλικού της λεκάνης απορροής του Ασωπού φαίνεται να κυμαίνονται **από 28 έως 93 tones/km<sup>2</sup>** και με το ολικό του φορτίο να μην ξεπερνά τους **100 tones/km<sup>2</sup>**. Οι μεγάλες τιμές που υπολογίζονται με τις εξισώσεις των Milliman & Syvitski (1992), Poulos & Chronis (1996) οφείλονται στο ότι οι εξισώσεις τους αναφέρονται σε ποτάμια συστήματα >1000 km<sup>2</sup>, και με διαφορετικά φυσικογεωγραφικά χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής τους.
- Οι γενικά μικρές εκτιμώμενες τιμές στερεοπαροχής δικαιολογείται 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.

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής την επόμενη εκατονταετία, με βάση τις προβλέψεις των ENSEMBLES, στην επιφανειακή απορροή και την στερεοπαροχή συνοψίζονται ως ακολούθως:

- Προσδιορίζεται μια μείωση γενικά της βροχόπτωσης και της επιφανειακής απορροής κατά 1,3 % και 18,35%, αντίστοιχα για το χρονικό διάστημα 2021-2050 και 13,72% και 45,15% για το διάστημα 2071-2100.
- Οι μεγαλύτερες μεταβολές παρατηρούνται στις αρχές της άνοιξης και κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Ειδικότερα για την τριακονταετία 2021-2050, από τον Μάρτιο έως και τον Ιούλιο η μείωση της επιφανειακής απορροής κυμαίνεται κοντά στο 25%, ενώ για τους ίδιους μήνες η μείωση ξεπερνά το 50% την τριακονταετία 2051-2100.
- Προσδιορίζεται μια μείωση της στερεοπαροχής κατά 2,4% το χρονικό διάστημα 2021-2050 και κατά 15,7 % το διάστημα 2071-2100

Τα αποτελέσματα των ανωτέρω αλλαγών υδατοπαροχής και στερεοπαροχής ενδέχεται να προκαλέσουν:

- (α) μείωση της τροφοδοσίας και της ανανέωσης του νερού των υδροφόρων οριζόντων.

(β) αυξημένη ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα από λιμνάζοντα ρυπαντικά φορτία εξαιτίας της υψηλής κατείδυσης που παρουσιάζουν οι λιθολογικοί σχηματισμοί

(γ) αυξημένη υφαλμύρυνση των παρακτίων και υποθαλασσίων υδροφόρων οριζόντων, ιδιαιτέρως των καρστικών, με προέλαση προς τη ενδοχώρα του μετώπου υφαλμύρυνση, λόγω του μειωμένου χερσαίου δυναμικού λόγω μειωμένης τροφοδοσίας και ενδεχόμενης υπεράντλησης.

(δ) αύξηση της συγκεντρώσεως ρυπαντικού φορτίου στα παράκτια υδατικά σώματα και στη θάλασσα εξαιτίας αφενός μεν της χαμηλής αραίωσης και αφετέρου του ελέγχου της ροής του ποταμού από βιομηχανικά απόβλητα

(ε) εντατικοποίηση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης και πιθανή αλλαγή της εξέλιξης της δελταϊκής ακτογραμμής

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. Υπό το πρίσμα αυτό κρίνεται απαραίτητη η συστηματική παρακολούθηση της περιοχής και η θέσπιση μέτρων προστασίας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αυγέρη Μ. (2010). *Ανάπτυξη εργαλείων υδρολογικής ανάλυσης σε περιβάλλον Γ.Σ.Π.: Η περίπτωση της λεκάνης απορροής του ποταμού Αραχθού, ανάντη του Τσιμόβου*. Διεπιστημονικό- Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη, Ε.Μ.Π., Αθήνα
- Γαλανόπουλος Α.(1955). *Σεισμική Γεωγραφία της Ελλάδας*. Ann. Geol. Pays. Hellen., 6, pp. 83-121, Αθήνα.
- Γαλανόπουλος Α.(1971). *Στοιχεία Σεισμολογίας και Φυσικής του Εσωτερικού της Γης*. Αθήνα
- Γαλανόπουλος Α.(1981). *Οι βλαβεροί σεισμοί και το δυναμικό της Ελλάδος*. Ann. Geol. Pays Hellen, XXX/2, 647-720, Αθήνα
- Γεωργακάκης Δ. (1998). *Επεξεργασία και Διάθεση Αποβλήτων Κτηνοτροφικών Μονάδων και Γεωργικών Βιομηχανιών*. Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Γιακουμάκης Σ. και Τσακίρης Γ.( 2002). *Μοντελοποίηση της εδαφικής διάβρωσης στο βόρειο τμήμα της υδρολογικής λεκάνης του Μόρνου*. Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, Λάρισα, σελ 111-123
- Γιαννακοπούλου Ι., Γκούτσε Μ., Γρίβας Δ., Κυρζίδη Α., Μοραΐτη Σ. (2010). *Η μόλυνση του Ασωπού*, Σχολή Διεθνών και Ευρωπαϊκών Οικονομικών Σπουδών, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Γιαννόπουλος Π. (2008). *Αναγνωριστική υδρογεωλογική-υδροχημική έρευνα ποιοτικής επιβάρυνσης των υπόγειων νερών της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης του Ασωπού Ν. Βοιωτίας*. Εκδόσεις ΙΓΜΕ, Αθήνα
- Γιαννουλόπουλος, Π. (2000). *Υπόγεια Υδραυλική και Μαθηματικά Μοντέλα στο Αργολικό πεδίο.*, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Τομέας Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.



- Γουρδουμπάς Ι., Πούλος Σ., Νάστος Π., Μαρουκιάν Χ.(2007). *Μελέτη της υδατοπαροχής και στερεοπαροχής των ποταμών της Β. Πελοποννήσου που εκβάλλουν στον Κορινθιακό Κόλπο*. 8<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρείας ,Αθήνα, τόμος Ι,σελ. 225-234.
- Δαρειού Έ.(2011). *Κλιματικές αλλαγές στα Παράκτια Έργα.*, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Κύπρου, Λευκωσία
- Δημαράς Α., Μαστρογιάννης Φ. (2010). *Αποτίμηση του κόστους ρύπανσης του Ασωπού ποταμού*. Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων- Μεταλλουργιών, Τομέας Μεταλλευτικής, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- Δουκάκης Ε. (2007). *Μέθοδοι προσδιορισμού του ρυθμού μεταβολής των ακτογραμμών*. Διατμηματικό – Διεπιστημονικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών , Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, Ε.Μ.Π., Αθήνα
- Δούνας Α. (1971). *Η γεωλογία της μεταξύ των Μεγάρων και Ερυθρών περιοχής*. ΙΓΜΕ, Αθήνα
- Δούνας Α., Καλλέργης Γ., Μόρφης Α., Παγούνης Μ. (1980). *Υδρογεωλογική έρευνα υφάλμυρων καρστικών πηγών Αγ. Αποστόλων Καλάμου*. Εκδόσεις ΙΓΜΕ, Αθήνα
- Δούνας Α., Καλλέργης Γ., Μόρφης Α., Παγούνης Μ.(1978). *Υδρογεωλογική έρευνα λεκάνης μέσου ρου του ποταμού Ασωπού*. Εκδόσεις ΙΓΜΕ, Αθήνα
- Ζαρρής, Δ., Λυκούδη Ε., Κουτσογιάννης, Δ. (2001). *Διερεύνηση των αποθέσεων φερτών υλικών σε υδροηλεκτρικούς ταμιευτήρες*. Ερευνητικό πρόγραμμα, Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας και Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- Θεοδωρακόπουλος Π. (2009). *Εκτίμηση Υδατικού Ισοζυγίου και Προσομοίωση Υπογείου Παράκτιου Υδροφορέα Προσχωματικής Λεκάνης Ζεφυριάς στη Νήσο Μήλο*. Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας έργων Υποδομής και Αγροτικής Ανάπτυξης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- Θεοδώρου Ε. (2012). *Η οικονομική αξία των βελτιώσεων στη λεκάνη απορροής του Ασωπού Ποταμού σύμφωνα με την οδηγία –πλαίσιο περί υδάτων: Η προοπτική των κατοίκων του*

Ασωπού. Τμήμα Διεθνών και Ευρωπαϊκών Οικονομικών Σπουδών, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

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 δίαιτα και η γεωγραφική κατανομή των απορροών του Ελληνικού χώρου*. Δελτίο Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., XI, 28-58

Καλλέργης Γ. (2000). *Εφαρμοσμένη Υδρογεωλογία*. Τόμοι Α και Β (2Η έκδοση), Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα

Καλλέργης Γ.Α. (1999). *Εφαρμοσμένη- Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία*. 2<sup>η</sup> Έκδοση, Τόμος Α. Έκδοση Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Αθήνα.

Κατωπόδης Δ. Γ.(2010). *Μελέτη Γεωλογικής Καταλληλότητας περιοχών οικιστικών επεκτάσεων στη χωρική Υποεπένδυση της κοιλάδας Ωρωπού*. Οργανισμός Ρυθμιστικού Σχεδίου Αθήνας, Αθήνα

Καψομενάκης Ι., ΔούβηςΚ., Γιαννακόπουλος Χ., Ζάνης Π., Τσελιούδης Γ., Ρεπάπης Χ., Ζερεφός Χ. (2011). *Σενάρια Ανθρωπογενούς Παρέμβασης στην Κλιματική Αλλαγή και τα προγράμματα Prudence & Ensembles*. Τράπεζα της Ελλάδας, Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, σελ. 1-11.

Κουτσογιάννης Δ. & Ξανθόπουλος Θ. (1999). *Τεχνική Υδρολογία*. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδάτινων Πόρων, ΕΜΠ, Αθήνα

Κουτσογιάννης Δ., (2000). *Υδρομετεωρολογία – Εξάτμιση και διαπνοή*. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδάτινων Πόρων, ΕΜΠ, Αθήνα

Κουτσογιάννης, Δ. και Ταρλά Κ. (1987). *Εκτιμήσεις στερεοαπορροής στην Ελλάδα*. Τεχνικά Χρονικά, 7 (3), 127-154.

Κουτσόπουλος Κ. Και Ανδρουλάκης Ν. (2005). *Εφαρμογές του λογισμικού ArcGIS 9x με απλά λόγια*. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα

Κωτούλας Δ. (2001). *Ορεινή Υδρονομική- Τόμος Ι*. Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη

- Κωτούλας Δ. (2001). *Υδρολογία και Υδραυλική Φυσικού Περιβάλλοντος*. Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη
- Κωτούλας, Δ. (1980). *Συμβολή στη μελέτη του γενικού μηχανισμού δράσεως ενός χειμμηρικού δυναμικού*. Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος του Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη
- Κωτσόπουλος Σ. (2006). *Υδρολογία*. Εκδόσεις ΙΩΝ
- Λοϊζίδου Μ. (1997). *Στερεά Απόβλητα*. Εκπαιδευτικές Σημειώσεις. Σχολή Χημικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Αθήνα
- Λοϊζίδου Μ., Σπανός Ι, Λαγούδη Α., Γεωργιοπούλου Μ. (1997). Προκαταρκτική έρευνα για το έργο « *Ίδρυση και λειτουργία κεντρικής μονάδας επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων της περιοχής του Ασωπού και αστικών λυμάτων Αυλώνα*». Τμήμα Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα
- Λυκούδη Ε. και Ζαρρής Δ. (2001). *Πρόβλεψη περιοχών υψηλού κινδύνου εδαφικής διάβρωσης στη Νήσο Κεφαλληνία με χρήση της Παγκόσμιας Εξίσωσης Εδαφικής Απώλειας*. Πρακτικά 6<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρείας, Τόμος ΙΙ, σελ. 408-411
- Μαγγούτα Ε. (2011). *Εκτίμηση Υδατικού Ισοζυγίου και αναγκών σε νερό Ν. Του*. Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας έργων Υποδομής και Αγροτικής Ανάπτυξης, Εργαστήριο Εγγειοβελτιωτικών έργων και διαχείρισης Υδάτινων Πόρων Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- Μακρογιάννης Τ.Ι. και Σαχσαμανόγλου Χ.Ι. (2004). *Μαθήματα Γενικής Μετεωρολογίας*. Εκδόσεις Χάρις, Αθήνα
- Μανδηλαράς Δ. (2005). *Περιβαλλοντική –Υδρογεωλογική έρευνα στη λεκάνη του Γλαύκου*. Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Εφαρμοσμένης Γεωλογίας και Γεωφυσικής Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα
- Μαρουκιάν Χ., Λεοντάρης (1988). *Προβληματικές για τον άνθρωπο ακτές νοτίου Ευβοϊκού κόλπου, περιοχή Φάρος Αυλίδος- Σκάλας Ωρωπού*. Δελτίο Ελλ. Γεωλ. Εταιρ. XX, 383-398
- Μασούρα Γ.(2008). *Ρυπαντική υδροχημεία της λεκάνης του ποταμού Ασωπού Ν. Βοιωτίας*. Γενικό Τμήμα, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

- Μελάς Δ., Ασωνίτης Γ., Αμοιρίδης Β. ( 2000). *Κλιματική αλλαγή*. Υποέργο ΕΠΕΑΕΚ 1.1.ΣΤ.1.Γ.2 Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Διεύθυνση Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης
- Μέττος Α. (1992). *Γεωλογική και παλαιογεωγραφική μελέτη των ηπειρωτικών νεογενών και τεταρτογενών σχηματισμών ΒΑ Αττικής και ΝΑ Βοιωτίας*. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, ΕΚΠΑ, Αθήνα
- Μιμίκου Μ. και Μπαλτάς Ε. (2003). *Τεχνική Υδρολογία*. Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα
- Μιμίκου, Μ. (1990). *Τεχνολογία Υδάτινων Πόρων*. Αθήνα
- Μπάκος Α. (2009). *Ποιοτική ανάλυση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων της ποτάμιας υδρολογικής λεκάνης του Ασωπού υποστηριζόμενη από την ανίχνευση της καρκινογόνου ουσίας του εξασθενούς χρωμίου*. Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα
- Μπέλλος, Κ. (2005). *Στοιχεία Τεχνικής Υδρολογίας*. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικών Έργων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Ξάνθη
- Μπότσου Β. Φ. (2007). *Μελέτη της επίδρασης των ποταμοχειμάρριων συστημάτων στο Παράκτιο Θαλάσσιο Περιβάλλον: Η περίπτωση του Βοιωτικού Ασωπού*. Διατμηματικό Μεταπτυχιακό Ωκεανογραφίας, Τμήμα Χημείας, Εργαστήριο Χημείας Περιβάλλοντος ΕΚΠΑ, Αθήνα
- Ξανθόπουλος, Θ. (1990). *Εισαγωγή στην Τεχνική Υδρολογία*. Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα
- Παγούνης Μ. (1994). *Υδρογεωλογική Έρευνα Νομού Βοιωτίας*. Εκδόσεις Ι.Γ.Μ.Ε, Αθήνα.
- Παγώνας Μ.(2009). *Γεωλογία και διαχείριση σύγχρονων αποθέσεων και των υδατικών πόρων τους στους χείμαρρους της ΒΔ/κης Πελοποννήσου*. Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα
- Παναγούλια Δ., Λυκούδη Ε., Ζαρρής, Δ. (2006). *Εκτίμηση της στερεοαπορροής υδρολογικών λεκανών με συνδυαστική ανάλυση Υδρολογικών και Γεωμορφολογικών παραμέτρων*. Ερευνητικό πρόγραμμα «ΠΡΩΤΑΓΟΡΑΣ», Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων- Υδραυλικών & Θαλάσσιων έργων, ΕΜΠ, Αθήνα

- Παπαδιόχου Ο., Τριανταφύλλου Μ.(2011). *Αποτίμηση της αξίας των νερών της λεκάνης του Ασωπού Ποταμού με την μέθοδο της υποθετικής αξιολόγησης*. Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων- Μεταλλουργιών, Τομέας Μεταλλευτικής, Ε.Μ.Π, Αθήνα
- Παπαδοπούλου Κ. (2008).*Εκτίμηση αναγκών σε νερό και Υδατικό Ισοζύγιο για την ΒΑ Ρόδο (Λεκάνη Γαδουρα)*. Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Έργων Υποδομής και Αγροτικής Ανάπτυξης, ΕΜΠ, Αθήνα
- 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΄ σελ. 355-359
- Παπαμιχαήλ, Δ. Μ. (2001). *Τεχνική Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων*. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη
- Παπανικολάου Δ. (1986). *Γεωλογία της Ελλάδας*. Εκδόσεις Επτάλοφος ΑΒΕΕ
- Παπανικολάου Δ., Μαριολάκος Η., Λέκκας Ε., Λόζιος Σ. (1988). *Μορφοτεκτονικές παρατηρήσεις στη λεκάνη Ασωπού και την παραλιακή ζώνη Ωρωπού. Συμβολή στην νεοτεκτονική της Βόρειας Αττικής*. Δελτίο ΕΓΕ, τα XX, No 1, σελ 251-267
- Παπαρίζος Σ., Χατζημηνιάδης Α.Μ.(2010). *Το χειμαρρικό περιβάλλον του ποταμού Σπερχειού*. Τμήμα Δασολογίας & Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Ορεστιάδα
- Πούλος Σ. (1997). *Το ιζηματολογικό δυναμικό των Ελληνικών ποταμών*. Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, 487-488
- Πυλαρινού Α. (2007). *Ρύπανση της λεκάνης του Ασωπού ποταμού από υγρά βιομηχανικά απόβλητα*. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα
- Σακκάς, Ι. (2004). *Τεχνική Υδρολογία*. Τεύχος Ι-Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων , Εκδόσεις Αίβαζή
- 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, σελ. 29-36 & 52-72.

- Τσακίρης Γ., Παπαϊωάννου Γ. (1995). *Υδάτινοι Πόροι Ι. Τεχνική Υδρολογία*. Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα
- Τσαραμπάρης Α.Χ. (2010). *Υδρογεωλογικό Καθεστώς στον Άνω Ρου του Ασωπού Ποταμού. Διερεύνηση των ποιοτικών παραγόντων υποβάθμισης των Υπόγειων Υδάτων*. Τομέας Γεωλογικών Επιστημών και Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα
- 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, σελ 236-250
- Χαλκιάς Χ. (2003). *Θεματική Χαρτογραφία*, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα
- Χατούπης Θ. (2003). *Γεωλογική έρευνα για την δυνατότητα τεχνητού εμπλουτισμού του καρστικού υδροφορέα της Βόρειας Πάρνηθας (ΝΑ λεκάνη Βοιωτικού Ασωπού)*. Μεταπτυχιακή διατριβή ειδίκευσης, ΕΚΠΑ, Αθήνα
- Χατούπης Θ., Φουντούλης Α. (2004). *Νεοτεκτονική παραμόρφωση της Βόρειας Πάρνηθας*. Πρακτικά 10<sup>ου</sup> Συνεδρίου Θεσ/κης, Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, Τόμος XXXVI/4, σελ 1588-1597
- Χρυσάνθου Β. και Πυλιώτης Α. (1995). *Εκτίμηση της εισροής φερτών υλών σ' έναν ταμιευτήρα υπό κατασκευή*. 6<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο της Ε.Υ.Ε., Θεσσαλονίκη, σελ. 355-362
- Ψιλοβίκος Α., Χαχαμίδου Ε. (1987). *Συμβολή στην έρευνα των Ολοκαινικών Ελληνικών Δέλτα*. 2<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Αθήνα, σελ. 456-463

### **Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία**

- American Society of Civil Engineers. (1982). Chapter V. *Sediment sources and sediment yield*. Journal of Hydraulics Division, ASCE 96 (HY6), pp 1283-1330

- Andrianaki M., Tzoraki O., Stamati F., Papadoulakis V., Bertachas I., Nikolaidis N.P.(2007). *Monitoring natural attenuation of nutrients in Evrotas river basin*. Conference “ΕΕΔΥΠ”, Chania
- Auerswald, K. and Schwertmann, U. (1988). Modelle zur Erosionsmassnahmen unter deutschen Anbandendingugen mit dem P- Faktor den Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG).
- Bagnold R.A.(1966). *An approach to the sediment transport problem from general physics* U.S. Geological Survey Professional Paper 422-I.
- Beasly D.B and Huggins L.F. (1981). *ANSWERS. Users Manual*. EPA 905/9-82-001. US Environmental Protection Agency, Region V. Chicago, I.L.
- Bethlahmy N.(1976). *The two axis method to calculate average precipitation over a basin*. Hydrological Sciences Bulletin, 21, pp 379-385
- Blaney H. F. and W. D. Criddle (1950). *Determining water requirements in irrigate areas from climatological and irrigated data*. SCS, TP-96, USDA.
- Bogardi J. (1978). *Sediment transport in alluvial streams*. Hungarian Academy of Sciences, 826p., Budapest.
- Burdon D. J. and Papakis, N. (1963). *Handbook of Karst Hydrogeology with special reference to the carbonate aquifers of the Mediterranean region*. U.N. special fund, karst Groundwater, Investigations. Institute of Geology And Subsurface Research, 1-276, Athens.
- Corbel J.(1959). *Les karsts du Yucatan et de Florida (The karst of the Yucatan and Florida)*. Bulletin Association of Geography, France.
- Court A. and M. T. Bare (1984). *Basin precipitation estimates by Bethlahmy's two- axis method*. Journal of Hydrology 68, pp 149-158
- Coutagne A. (1949). *Etude générale des variations de débits en fonction des facteurs qui les conditionnent*. La Houille blanches 2, Paris.
- Dendy F.E. and G.C. Bolton.(1976) *Sediment yield-runoff drainage area relationships in the United States*. Journal of Soil and Water Conservation ,31, pp 264-266.

- Denman, K.L. (2007). *Chapter 7, Couplings Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry*. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC.
- Dickinson R., Errico R., Giorgi F., Bates G. (1989). *A regional climate model for the western united states*. *Climate Change* 15 , pp 383-422.
- Dingman S. L.(1994). *Physical Hydrology*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey
- Doorenbos J. and W.O. Pruitt (1977). *Crop water requirements*. Irrigation and Drainage Paper No.24, FAO, United Nations, Rome, 144pp.
- Estrella T., Marcuello C. and Iglesias A. (1996). *Water resources problems in Southern Europe, an overview report*. Copenhagen, European Environment Agency
- Fournier F., (1960) *Climat et erosion* . Paris
- Fritz K.M., Feminella J.W., Colson C., Lockaby B.C., Governo R. and Rummer R.B. (2006). *Biomass and decay rates of roots and detritus in sediment of intermittent Coastal Plain streams*. *Hydrology* 556, pp. 265-277.
- 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*, Vol. 119, pp.221-234.
- Gavrilovic, S. (1976). *Torrents and Erosion*. Gradevinski Calendar. Beograd, Serbia, pp. 159-311.
- Gavrilovic, S. (1988). *The Use of an Empirical Method (Erosion Potential Method) for Calculating Sediment Production and Transportation in unstudied or Torrential Streams*. White, W.R. (Ed.), International Conference on River Regime. Wiley, New York (Chichester, UK), pp. 411-422.
- Gavrilovič, Sl. (1972). *Inzenjering o bujicn im tokovima i eroziji*. Beograd.
- Giandotti, M. (1940). *Pzevisione empirica delle piene in base alle precipitazioni meteoriche, alle caratteristiche fisiche e morfologiche dei bacini. Applicazione del metodo ad alcuni bacini dell' Appeninno Ligure*. Ministero LL PP., Servizio Idrografico Italiano, Memorie e studi idrografici, vol 10. Roma. (Pubbl. N. 2 del S.I.I.)



- Giorgi F, Lionello P. (2008). *Climate change projections for the Mediterranean region*. Global and Planetary Change 63, pp90-104.
- Giorgi F., Marinucci M.R., Visconti G. (1990). *Use of a limited-area model nested in a general circulation model for regional climate simulations over Europe*. Journal of Geophysical Research 95: (D1 1), pp 18413-18431.
- Graf, W.H. (1971). *Hydraulics of sediment transport*. McGraw-Hill, New York.
- Hamon W.R.(1961). *Estimating potential evapotranspiration*: Journal of the Hydraulics Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, v. 87, pp 107–120
- Haslett S.K. (2001). *Coastal Systems*. Routledge
- Horton R.E. (1931). *The field, scope and status of the science of hydrology*. Trans.,AGU, Reports and Papers, Hydrology, National Research Council, Washington, D.C.
- IPCC. (1996). *Climate change 1995: The science of climate change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- IPCC. (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Eds. Houghton, J.T.,Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.
- IPCC. (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*. Eds. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- Jansen, J.M.L and R.B. Painter. (1974). *Predicting sediment yield from climate and topography*. Journal of Hydrology 21, pp 371-380.
- Jianguo Ma, (2001) *Combining the USLE and GIS/Arcview for Soil Erosion Estimation in Fall Creek Watershed in Ithaca*. New York.

- Kambouroglou E., Maroukian H., Sampson A. (1988). *Coastal Evolution and Archaeology North and South of Khalkis (Euboea) in the last 5000 years*. BAR International Series 404, pp71-79
- Kattan Z., Gac JY, Probst JL(1987). *Suspended sediment load and Mechanical Erosion in the Senegal Basin. Estimation of the surface runoff concentration and relative contributions of channel and slope erosion*. Journal of Hydrology 92, pp 59-76
- Kirkby M.J. and Morgan R.P.C. (1980) *Soil Erosion*. John Wiley and Sons, G. Britain.
- Kirkby, M.J.(1980). *Modelling water erosion processes*. In Kirkby, M.J. and Morgan, R.P.C. (eds) *Soil Erosion*, pp. 183-216, Wiley, Chichester, 1980.
- Knisel, W.G.(1980). *CREAMS: a field scale model for chemicals, runoff and erosion from agricultural management systems*. USDA Conservation Research Report No. 26, USDA-ARS, Washington, DC.
- Koutsogiannis D., Tarla K. (1987). *Estimation of sediment yield in Greece*. Technical Chronicals Vol. 7, pp 127-154
- Kronfellner-Kraus G. (1985). *Quantitative estimation of torrente erosion*. International Symposium on Erosion Debris Flow and Disaster Prevention, Tsukuba, Japan.
- Larned S., Datry T., Arscott D. & Tockner K. (2010). *Emerging concepts in temporary-river ecology*. Freshwater Biology 55(4), pp 717–738.
- Liquate C., Arnau P., Canals M., Colas S. (2005). *Mediterranean river system of Andalusia, southern Spain, and associated deltas: A source to sink approach*. Marine Geology 222-223, pp 471-495
- Liquate C., Canals M., Ludwig W., Arnau P. (2009). *Sediment discharge of the river of Catalonia, NE Spain, and the influence of human impacts*. Journal of Hydrology 366, pp 76-88
- Liquete, C., Canals, M., Arnau, P., Urgeles, R., Durrieu de Madron,X. (2004). *The impact of humans on strata formation along Mediterranean margins*. Oceanography 17 (4), pp 42 – 51.
- Ludwig W. and Probst J.L. (1998). *River sediment discharge to the oceans: present day*

*controls and global budgets. American Journal of Science, Vol 298, pp 265-295*

Ludwig W. and Probst J.L.(1996). *A global modeling of the climatic, morphological, and lithological control of river sediment discharges to the oceans. IAHS 236, pp 21-23*

Ludwig W., Amiotte- Suchet P., Probst J.L. (1999). *Enhanced chemical weathering of rocks during the last glacial maximum: a sink for atmospheric CO<sub>2</sub>. Chemical Geology 159, pp 147-161*

Ludwig, W.(1997). *Continental erosion and river transport of organic carbon to the world's oceans. Sci. Geol., Mem. 98 Strasbourg, 196 pp.*

Maroukian H., Pavlopoulos K. and Leontaris S. (1997). *Late Holocene Coastal Evolution of the Southwestern Euboean Gulf in Relation to Ancient Coastal Settlements. Scholars press, pp 227-232*

Mather, J.R. (1979). *Use of the climatic water budget to estimate streamflow, in Mather, J.R., ed., Use of the climatic water budget in selected environmental water problems: Elmer, N.J., C.W. Thornthwaite Associates, Laboratory of Climatology, Publications in Climatology, v. 32 (1), pp 1–52.*

Mather, J.R.(1978). *The climatic water balance in environmental analysis. Lexington, Mass., D.C. Heath and Company, 239 p.*

Matheron, G.(1971). *The Theory of Regionalized Variables and Its Applications, Ecole de Mines, Fontainbleau.*

McCabe G.J. and Wolock D.M. (1992). *Sensitivity of irrigation demand in a humid-temperate region to hypothetical climatic change. Water Resources Bulletin, v. 28, pp. 535–543.*

McCabe G.J. and Wolock, D.M.(1999). *Future snowpack conditions in the western United States derived from general circulation model climate simulations. Journal of the American Water Resources Association, v. 35, pp. 1473–1484.*

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.*

- Mearns L.O, Hulme M, Carter T.R, Leemans R, Lai M, Whetton P.H. (2001). *Climate scenario development*. Chapter 13 in: Houghton, J. et al. (eds.). *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, pp. 739-768.
- Milliman J.D., Syvitski J.P.M. (1992). *Geomorphic/ tectonic control of sedimentary discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers*. *Journal of Geology*, 100, pp 525-544
- Mimikou, M.(1982). *An investigation of suspended sediment curves in Western and Northern Greece*. *Hydrological Sciences Journal*, 27 (3), pp 369-383.
- Mitchell J.K, and G.D. Bubenzer (1980). *Soil Loss Estimation*, in Kirkby, M.J. and R.P.C. Morgan, *Soil Erosion*, John Wiley and Sons Ltd., pp. 17-62.
- Monteith J.L.(1965). *Evaporation and environment*, in *The State and Movement of Water in Living Organisms*, ed. By G.E. Fogg, Sympos. Soc. Exper. Biol. Vol. 19, Academic Press, NY, pp 205-234.
- Musgrave G.W. (1974). *Quantitative Evaluation of factors in Water Erosion*. *Journal of Soil and Water Conservation* 2
- Nakicenovic N, Alcamo J, Davis G, Vries B, Fenhann J, Gaffin S, Gregory K, Griibler A, Jung T.Y, Kram T, La Rovere E.L, Michaelis L, Mori S, Morita T, Pepper W, Pitcher H, Price L, Raihi K, Roehrl A, Rogner H-H, Sankovski A, Schlesinger M, Shukla P, Smith S, Swart R, van Rooijen S, Victor N, Dadi Z. (2000). *IPCC Special Report on Emissions Scenarios*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Penman H.L. (1948). *Natural evaporation from open water, bare soil and grass*. *Royal Society of London Proceedings, Series A*, 193, pp 120-145.
- Philip J.R. (1957). *The theory of infiltration,4, Sorptivity and algebraic infiltration equations*. *Soil Science*, 84, pp 257-264.
- Pinet P. and Sourian M. (1988). *Continental erosion and large scale relief* . *Tectonics* Vol. 7, pp 563-582
- Poulos S., Collins M.B., Shaw H.F. (1996). *Deltaic sedimentation, Including clay mineral deposition patterns, associated with small mountainous rivers and shallow mearine*

- embayments of Greece (SE Alpine Europe)*. Journal of Coastal Research, 12, pp 940-952
- Poulos S., Leontaris S., Collins M.B. (1997). *Sedimentological and clay mineralogical investigations in Maliakos gulf, eastern Greece*. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, 38, pp 267-279
- 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.
- Poulos S.E. and Collins M.B. (2002). *Fluvial sediment fluxes to the Mediterranean Sea: a quantitative approach and the influence of dams*. Geological Society of London 191, pp 227-245
- Poulos S.E., Collins M. & Evans G. (1996). *Water-sediment fluxes of Greek rivers, southeastern Alpine Europe: annual yields, seasonal variability, delta formation and human impact*. Z. Geomorph., 40(2), pp 243-261
- Priestley C.H.B. and Taylor R.J.(1972). *On the assessment of the surface heat flux and evaporation using large-scale parameters*. Monthly Weather Review, 100, pp 81-92.
- Probst J.L., Amiotte-Suchet P., Ludwig W. (1994b). *Continental erosion and river transports of carbon to oceans*. Trends of Hydrology. 1, pp 453–468.
- Probst J.L., Mortatti J., Tardy Y. (1994a). *Carbon river fluxes and weathering CO<sub>2</sub> consumption in the Congo and Amazon river basins*. Applied Geochemistry ,9, pp 1–13.
- 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. Mémoires, Strasbourg,94, 161 pp.
- Rawls W. J., R. L. Ahuja, D. L. Brakensiek. and A. Shirmohammadi (1993). *Infiltration and soil water movement*. Ch. 5 in Handbook of Hydrology, edited by D. R. Maidment, McGraw-Hill, New York.
- Renfro G.W. (1972). *Use of erosion equations and sediment delivery ratios for predicting sediment yield*, in "Sediment yield workshop: Present and prospective technology for

predicting sediment yield and sources” Proceedings USDA Sedim. Labor. Oxford, Mass. Usa, pp. 33-45.

Schumm S. A. (1963) *The disparity between present rates of erosion and orogeny*. US Geological Survey Professional Paper 454H

Schwertmann U., W. Vogl and M. Kainz (1990). *Bodenerosion durch Wasser*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Shiklomanov I. A., and A. A. Sokolov (1983). *Methodological basis of world water balance investigation and computation, in New Approaches in Water Balance Computations*. International Association for Hydrological Sciences Publication No. 148 (Proceedings of the Hamburg Symposium).

Shuttleworth W. J.(1993). *Evaporation*. Ch. 4 in Handbook of Hydrology, edited by D. R. Maidment, McGraw-Hill, New York.

Singh V.P. and Aminian H.(1986). *An empirical relation between volume and peak of direct runoff*. Water resources bulletin, Vol 22 (5), pp 725-730

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

Skoulikidis N.T. (1993). *Significance evaluation of factors controlling river water composition*. Environmental Geology 22, pp 178-185

Stefano C., Ferro V., Porto P( 2000). *Length Slope Factors for applying the Revised Universal Soil Loss Equation at Basin Scale in Southern Italy*. Journal of Agricultural Engineering Research, 75, 349-364.

Thornthwaite C.W. and Mather J.R. (1955). *The water balance*. Dresel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, Publications in Climatology , vol 8, no 1, pp 1-104

Thornthwaite C.W.(1948). *An approach toward a rational classification of climate*. Geographical Review, v. 38, pp 55–94.

- Tsodoulos I.M., Koukouvelas I.K. , Pavlides S. (2008). *Tectonic geomorphology of the easternmost extension of the Gulf of Corinth (Beotia, Central Greece)*. Tectonophysics, 453(1-4), pp. 211-232
- Turk L. (1954). *Le bilan d' eau des sols. Relations entre les precipitations, l' evaporation et l' ecoulement*. Annales Agronomiques, 6 , pp 5-31.
- 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, pp 112-121
- UNESCO (1985). *Recent developments in Erosion and Sediment Yield Studies*. UNESCO Technical Documents in Hydrology, Paris.
- Van Meijgaard E., van Ulft 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
- Vanoni V.A. (1977). *Sedimentation Engineering*. (prepared by the ASCE Task Committee) ASCE, New York.
- Wainwright J. and Thornes J. (2004) *Environmental Issues in the Mediterranean. Processes and perspectives from the past and present*. Routledge, pp 171-193
- Williams J.R., C.A. Jones, and P.T. Dyke (1984). *A modeling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity*. Trans. ASAE 27, pp 129-144.
- Williams. J.R. (1995). *The EPIC Model*. Chapter 25, pp. 909-1000 In: V.P. Singh (ed), Computer Models of Watershed Hydrology. Water Resources Publications, Littleton, Colorado.
- Wischmeier V and Smith D.D.(1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses, A Guide to Conservation Planning*. Agriculture handbook No. 537, U.S. Department of Agriculture, Washington
- Wolock D.M. and McCabe G.J. (1999). *Effects of potential climatic change on annual runoff in the conterminous United States*. Journal of the American Water Resources Association v. 35, pp. 1341-1350.

## **Διαδίκτυο**

<http://climate4you.com>

<http://climatechange.edu.gr>

<http://dmod.physics.ayth.gr>

<http://ensemblesrt3.dmi.dk>

<http://filotis.itia.ntua.gr>

<http://geography.about.com>

<http://iccop.org>

<http://ipcc.ch>

<http://kliamtikiallagi.wikidot.com>

<http://prudence.dmi.dk>

[http://www.hnms.gr/hnms/greek/climatology/climatology\\_html](http://www.hnms.gr/hnms/greek/climatology/climatology_html)

<http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE>

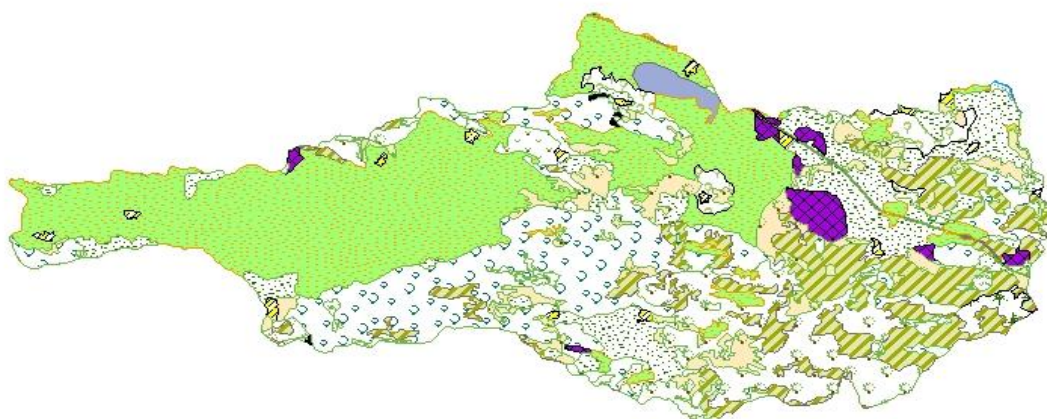
<http://www.ypeka.gr/>

[http://www.brr.cr.usgs.gov/projects/SW\\_MoWS/Thornthwaite.html](http://www.brr.cr.usgs.gov/projects/SW_MoWS/Thornthwaite.html)



**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΧΑΡΤΕΣ**

# ΧΑΡΤΗΣ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ



0 3 850 7 700 15 400 Meters

## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Αεροδρόμιο

Αλυκές

Αμπελώνες

Ασυνεχής αστικός ιστός

Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες

Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης

Δάσος κωνοφόρων

Ελαιώνες

Θαλάσσια ύδατα

Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις

Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη

Μικρό δάσος

Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα

Σκληροφυλλική βλάστηση

Σύνθετες καλλιέργειες

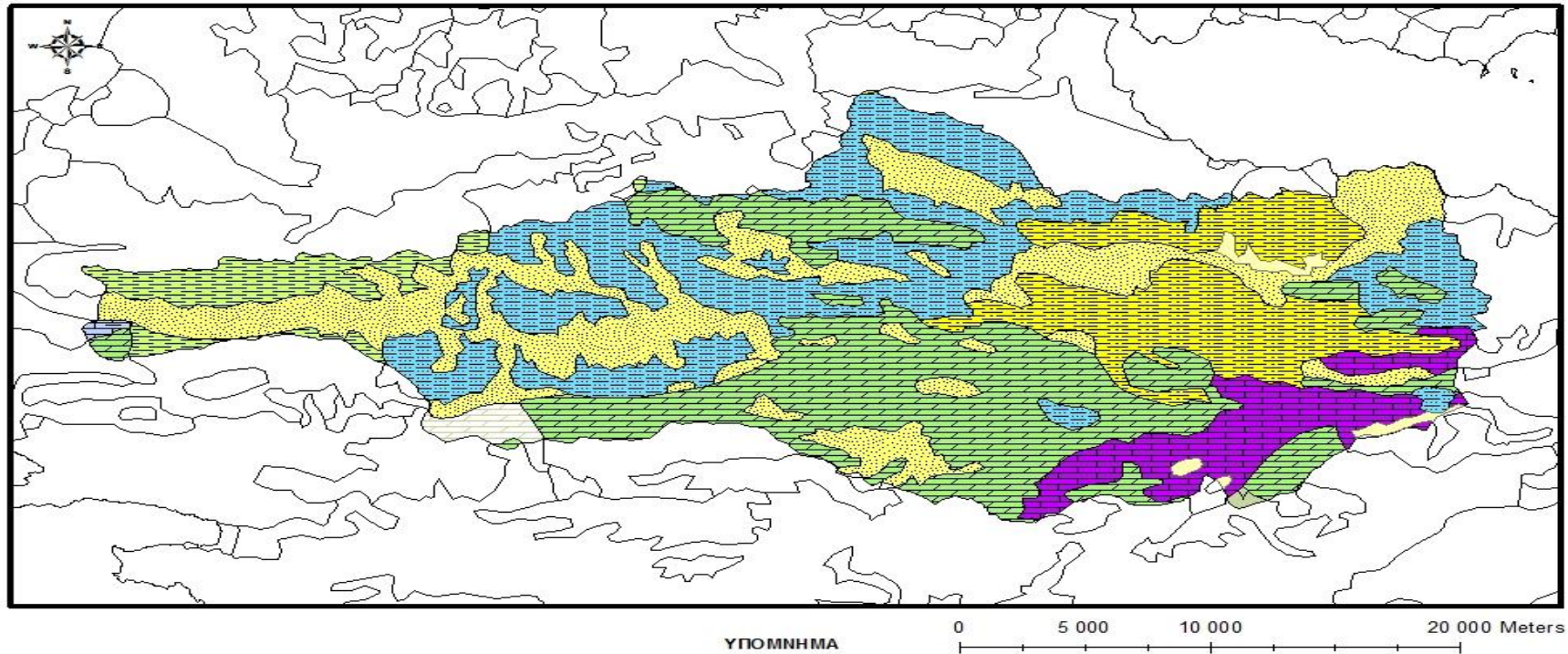
Φυσικοί βοσκότοποι












Χώροι εφ'όψεως ορυκτών

Χώροι οικοδόμησης

ΧΑΡΤΗΣ 1: Χάρτης χρήσεων γης τη περιοχής του Βοιωτικού Ασωπού.

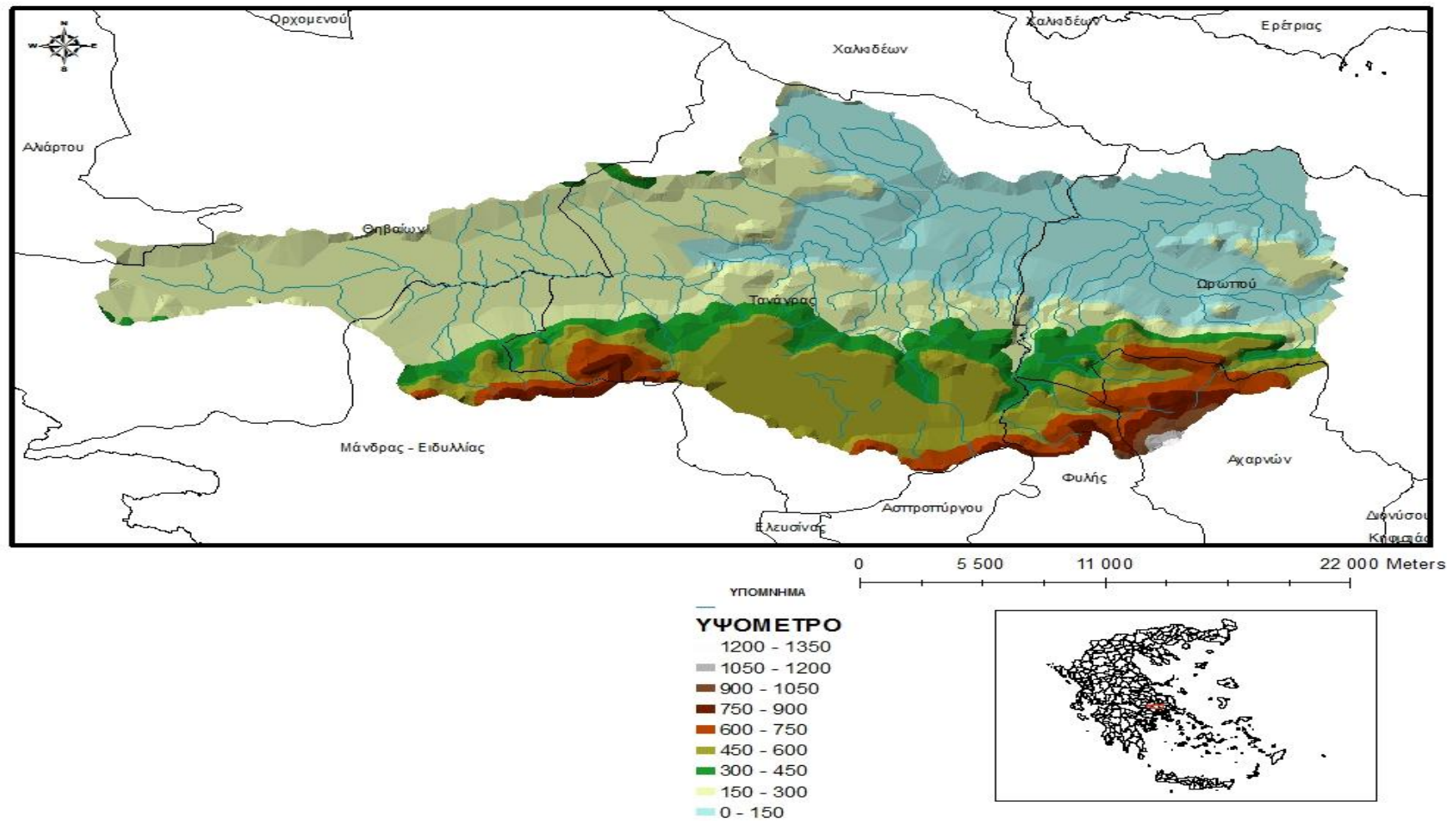
## ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΑΣΩΠΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ



-  Ολόκαινο (Αλλούβιο). Σύγχρονες προσχώσεις κοιλάδων, πεδιάδων και παράκτιες αποθέσεις. Παλαιοί και νέοι κώνοι κορημάτων. Πλευρικά κορήματα.
-  Πλειστόκαινο. Λιμναίες και χερσαίες αποθέσεις: άργιλοι, πηλοί, άμμοι, κροκαλοπαγή κ.λ.π. Θαλάσσιες αποθέσεις: μάργες, άργιλοι, άμμοι κροκαλοπαγή, παράκτιες αναβαθμίδες
-  Πλειο - Πλειστόκαινο. Λιμναίες αποθέσεις: άμμοι, κροκαλοπαγή, άργιλοι, στρώματα τύρφης ή λιγνίτη. Θαλάσσιες αποθέσεις: άμμοι, μάργες, άργιλοι, κροκαλοπαγή.
-  Φλύσχης
-  Πλειόκαινο. Λιμναίες αποθέσεις: κροκαλοπαγή, άμμοι, άργιλοι, μάργες, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και συχνά στρώματα λιγνίτη. Θαλάσσιες αποθέσεις: κλαστικά ιζήματα, ενίοτε και στρώματα γύψου.
-  Ανώτερο Κρητικό. Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιοσπαρουδίτες). Ασβεστόλιθοι κρυσταλλικοί και μάρμαρα της ίδιας ηλικίας.
-  Τριαδικό - Κατώτερο Ιουραϊκό ή Ιουραϊκό. Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιοσπαρουδίτες) και δολομίτες. Οι ίδιοι σχηματισμοί μεταμορφωμένοι σε μάρμαρα.
-  Κάτω - Μέσο Τριαδικό. Ασβεστόλιθοι (βιοσπαρουδίτες) και δολομίτες.
-  Ανώτ. Μειόκαινο - Πλειόκαινο. Λιμναίες και χερσαίες αποθέσεις: κροκαλοπαγή, άμμοι, μάργες, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, άργιλοι. Ενίοτε λιγνίτες. Θαλάσσιες αποθέσεις: κλαστικά ιζήματα και ενίοτε στρώματα γύψου.
-  Πέρμιο - Τριαδικό. Χαλαζίτες, ψαμίτες, κροκαλοπαγή, σερικτικοί σχιστόλιθοι.
-  Ανώτερο Παλαιοζωϊκό. Πρασινοςχιστόλιθοι, σχιστόλιθοι, φυλλίτες, γραυβάκες με κροκαλοπαγή και ενστρώσεις ασβεστολίθων ή δολομιτών.

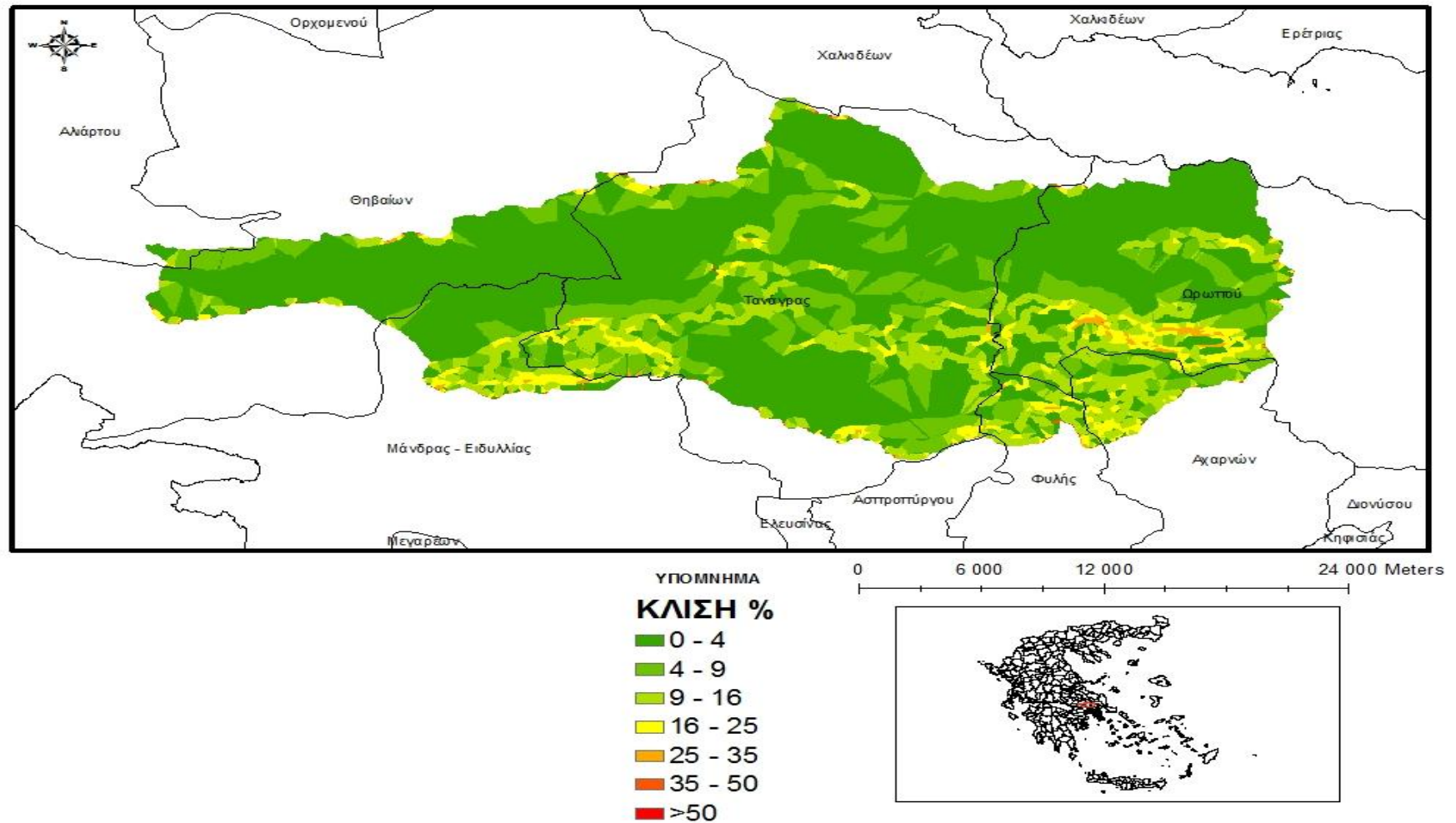
ΧΑΡΤΗΣ 2: Γεωλογικός χάρτης της περιοχής του Βοιωτικού Ασωπού.

## ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΑΣΩΠΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ



ΧΑΡΤΗΣ 3: Μορφολογικός χάρτης της περιοχής του Βοιωτικού Ασωπού

## ΧΑΡΤΗΣ ΚΛΙΣΕΩΝ ΑΣΩΠΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ



ΧΑΡΤΗΣ 4: Χάρτης κλίσεων της περιοχής του Βοιωτικού Ασωπού

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΠΙΝΑΚΕΣ**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για τον μετεωρολογικό σταθμό της Τανάγρας και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 100mm. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 100mm									
ΜΗΝΑΣ	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	RO <sub>total</sub>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	22	65,4	40,1	100	22	0	0	90,1	61
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	24	49,4	22,9	100	24	0	0	22,9	42,8
ΜΑΡΤΙΟΣ	37,3	54,8	14,8	100	37,3	0	0	14,8	30,3
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	55,7	26,7	-30,3	69,7	55,7	0	0	0	15,1
ΜΑΙΟΣ	91	22,6	-69,5	21,2	69,9	21,1	0	0	8
ΙΟΥΝΙΟΣ	127,1	11,2	-116,4	0	31,9	95,1	0	0	4
ΙΟΥΛΙΟΣ	145,3	7,9	-137,8	0	7,5	137,8	0	0	2,1
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	125,6	9,6	-116,5	0	9,1	116,5	0	0	1,3
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	80,1	17,9	-63,1	0	17	63,1	0	0	1,3
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	50,7	48,4	-4,7	0	46	4,7	0	0	2,6
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	31	62,9	28,8	28,8	31	0	0	0	3,3
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	23,2	76	49	77,8	23,2	0	0	0	3,9
ΕΤΗΣΙΟ									175,7

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για τον μετεωρολογικό σταθμό της Τανάγρας και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 150mm. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 150mm									
ΜΗΝΑΣ	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	RO <sub>total</sub>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	22	65,4	40,1	150	22	0	0	40,1	36
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	24	49,4	22,9	150	24	0	0	22,9	30,3
ΜΑΡΤΙΟΣ	37,3	54,8	14,8	150	37,3	0	0	14,8	24
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	55,7	26,7	-30,3	119,7	55,7	0	0	0	12
ΜΑΙΟΣ	91	22,6	-69,5	64,2	76,9	14,1	0	0	6,5
ΙΟΥΝΙΟΣ	127,1	11,2	-116,4	14,4	60,5	66,6	0	0	3,2
ΙΟΥΛΙΟΣ	145,3	7,9	-137,8	1,2	20,7	124,5	0	0	1,7
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	125,6	9,6	-116,5	0,3	10	115,6	0	0	1,1
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	80,1	17,9	-63,1	0,2	17,1	63	0	0	1,2
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	50,7	48,4	-4,7	0,1	46	4,7	0	0	2,6
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	31	62,9	28,8	28,9	31	0	0	0	3,2
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	23,2	76	49	77,9	23,2	0	0	0	3,8
ΕΤΗΣΙΟ									125,6

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για τον μετεωρολογικό σταθμό της Τανάγρας και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 175mm. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 175mm									
ΜΗΝΑΣ	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	RO <sub>total</sub>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	22	65,4	40,1	175	22	0	0	15,1	23,5
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	24	49,4	22,9	175	24	0	0	22,9	24,1
ΜΑΡΤΙΟΣ	37,3	54,8	14,8	175	37,3	0	0	14,8	20,9
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	55,7	26,7	-30,3	144,7	55,7	0	0	0	10,4
ΜΑΙΟΣ	91	22,6	-69,5	87,2	78,9	12,1	0	0	5,7
ΙΟΥΝΙΟΣ	127,1	11,2	-116,4	29,2	68,7	58,4	0	0	2,8
ΙΟΥΛΙΟΣ	145,3	7,9	-137,8	6,2	30,5	114,8	0	0	1,5
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	125,6	9,6	-116,5	2,1	13,2	112,4	0	0	1
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	80,1	17,9	-63,1	1,3	17,8	62,4	0	0	1,2
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	50,7	48,4	-4,7	1,3	46	4,6	0	0	2,6
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	31	62,9	28,8	30,1	31	0	0	0	3,2
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	23,2	76	49	79,1	23,2	0	0	0	3,8
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>100,7</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για τον μετεωρολογικό σταθμό της Τανάγρας και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 200mm. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 200 mm									
ΜΗΝΑΣ	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	RO <sub>total</sub>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	22	65,4	40,1	190,1	22	0	0	0	16
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	24	49,4	22,9	200	24	0	0	13,1	15,3
ΜΑΡΤΙΟΣ	37,3	54,8	14,8	200	37,3	0	0	14,8	16,6
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	55,7	26,7	-30,3	169,7	55,7	0	0	0	8,2
ΜΑΙΟΣ	91	22,6	-69,5	110,7	80,4	10,5	0	0	4,6
ΙΟΥΝΙΟΣ	127,1	11,2	-116,4	46,3	75,1	52	0	0	2,3
ΙΟΥΛΙΟΣ	145,3	7,9	-137,8	14,4	39,4	105,9	0	0	1,3
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	125,6	9,6	-116,5	6	17,5	108,1	0	0	0,9
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	80,1	17,9	-63,1	4,1	18,9	61,2	0	0	1,1
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	50,7	48,4	-4,7	4	46,1	4,6	0	0	2,5
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	31	62,9	28,8	32,8	31	0	0	0	3,2
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	23,2	76	49	81,8	23,2	0	0	0	3,8
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>75,8</b>



**ΠΙΝΑΚΑΣ 5:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για τον μετεωρολογικό σταθμό της Τανάγρας και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 250mm. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 250mm									
ΜΗΝΑΣ	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	RO <sub>total</sub>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	22	65,4	40,1	190,1	22	0	0	0	16
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	24	49,4	22,9	213,1	24	0	0	0	8,8
ΜΑΡΤΙΟΣ	37,3	54,8	14,8	227,8	37,3	0	0	0	5,9
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	55,7	26,7	-30,3	200,2	53	2,7	0	0	2,9
ΜΑΙΟΣ	91	22,6	-69,5	144,5	77,1	13,9	0	0	1,9
ΙΟΥΝΙΟΣ	127,1	11,2	-116,4	77,2	78	49,1	0	0	1
ΙΟΥΛΙΟΣ	145,3	7,9	-137,8	34,7	50,1	95,2	0	0	0,6
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	125,6	9,6	-116,5	18,5	25,2	100,3	0	0	0,6
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	80,1	17,9	-63,1	13,8	21,7	58,4	0	0	0,9
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	50,7	48,4	-4,7	13,6	46,3	4,4	0	0	2,4
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	31	62,9	28,8	42,4	31	0	0	0	3,2
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	23,2	76	49	91,4	23,2	0	0	0	3,8
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>48</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για τον μετεωρολογικό σταθμό του Αλιάρτου και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 100mm. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 100mm									
ΜΗΝΑΣ	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	RO <sub>total</sub>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	21,7	70	44,9	100	21,7	0	0	94,9	63,6
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	25,1	73,6	44,8	100	25,1	0	0	44,8	56,2
ΜΑΡΤΙΟΣ	39,7	96,4	51,9	100	39,7	0	0	51,9	57
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	62,7	83,3	16,5	100	62,7	0	0	16,5	38,5
ΜΑΙΟΣ	105,6	70,9	-38,2	61,8	105,6	0	0	0	20,7
ΙΟΥΝΙΟΣ	151,1	72,7	-82,1	11,1	119,8	31,4	0	0	12,2
ΙΟΥΛΙΟΣ	165,5	38,7	-128,7	0	47,8	117,7	0	0	6,2
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	136,1	30,6	-107	0	29,1	107	0	0	3,7
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	86,9	17,1	-70,7	0	16,2	70,7	0	0	1,9
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	51	6,3	-45	0	6	45	0	0	0,9
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	29,7	13,5	-16,8	0	12,9	16,8	0	0	0,9
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	22,4	22,2	-1,3	0	21,1	1,3	0	0	1,2
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>263</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 7:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για τον μετεωρολογικό σταθμό του Αλιάρτου και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 150mm. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

<b>ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 150mm</b>									
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>PET</b>	<b>P</b>	<b>P-PET</b>	<b>Soil Moisture</b>	<b>AET</b>	<b>PET-AET</b>	<b>Snow Storage</b>	<b>Surplus</b>	<b>RO<sub>total</sub></b>
<b>ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ</b>	21,7	70	44,9	150	21,7	0	0	44,9	38,6
<b>ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ</b>	25,1	73,6	44,8	150	25,1	0	0	44,8	43,7
<b>ΜΑΡΤΙΟΣ</b>	39,7	96,4	51,9	150	39,7	0	0	51,9	50,7
<b>ΑΠΡΙΛΙΟΣ</b>	62,7	83,3	16,5	150	62,7	0	0	16,5	35,4
<b>ΜΑΙΟΣ</b>	105,6	70,9	-38,2	111,8	105,6	0	0	0	19,1
<b>ΙΟΥΝΙΟΣ</b>	151,1	72,7	-82,1	50,6	130,2	20,9	0	0	11,4
<b>ΙΟΥΛΙΟΣ</b>	165,5	38,7	-128,7	7,2	80,2	85,3	0	0	5,8
<b>ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ</b>	136,1	30,6	-107	2,1	34,2	101,9	0	0	3,5
<b>ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ</b>	86,9	17,1	-70,7	1,1	17,2	69,7	0	0	1,8
<b>ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ</b>	51	6,3	-45	0,8	6,3	44,7	0	0	0,8
<b>ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ</b>	29,7	13,5	-16,8	0,7	12,9	16,7	0	0	0,9
<b>ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ</b>	22,4	22,2	-1,3	0,7	21,1	1,3	0	0	1,2
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>212,9</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 8:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για τον μετεωρολογικό σταθμό του Αλιάρτου και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 175mm. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

<b>ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 175mm</b>									
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>PET</b>	<b>P</b>	<b>P-PET</b>	<b>Soil Moisture</b>	<b>AET</b>	<b>PET-AET</b>	<b>Snow Storage</b>	<b>Surplus</b>	<b>RO<sub>total</sub></b>
<b>ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ</b>	21,7	70	44,9	175	21,7	0	0	19,9	26,1
<b>ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ</b>	25,1	73,6	44,8	175	25,1	0	0	44,8	37,4
<b>ΜΑΡΤΙΟΣ</b>	39,7	96,4	51,9	175	39,7	0	0	51,9	47,6
<b>ΑΠΡΙΛΙΟΣ</b>	62,7	83,3	16,5	175	62,7	0	0	16,5	33,8
<b>ΜΑΙΟΣ</b>	105,6	70,9	-38,2	136,8	105,6	0	0	0	18,4
<b>ΙΟΥΝΙΟΣ</b>	151,1	72,7	-82,1	72,6	133,2	17,9	0	0	11
<b>ΙΟΥΛΙΟΣ</b>	165,5	38,7	-128,7	19,2	90,2	75,3	0	0	5,6
<b>ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ</b>	136,1	30,6	-107	7,5	40,8	95,3	0	0	3,4
<b>ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ</b>	86,9	17,1	-70,7	4,4	19,2	67,6	0	0	1,8
<b>ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ</b>	51	6,3	-45	3,3	7,1	43,9	0	0	0,8
<b>ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ</b>	29,7	13,5	-16,8	3	13,2	16,5	0	0	0,9
<b>ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ</b>	22,4	22,2	-1,3	3	21,1	1,3	0	0	1,2
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>188</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 9:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για τον μετεωρολογικό σταθμό του Αλιάρτου και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 200mm. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

<b>ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 200mm</b>									
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>PET</b>	<b>P</b>	<b>P-PET</b>	<b>Soil Moisture</b>	<b>AET</b>	<b>PET-AET</b>	<b>Snow Storage</b>	<b>Surplus</b>	<b>RO<sub>total</sub></b>
<b>ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ</b>	21,7	70	44,9	194,9	21,7	0	0	0	16,2
<b>ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ</b>	25,1	73,6	44,8	200	25,1	0	0	39,7	29,9
<b>ΜΑΡΤΙΟΣ</b>	39,7	96,4	51,9	200	39,7	0	0	51,9	43,9
<b>ΑΠΡΙΛΙΟΣ</b>	62,7	83,3	16,5	200	62,7	0	0	16,5	31,9
<b>ΜΑΙΟΣ</b>	105,6	70,9	-38,2	161,8	105,6	0	0	0	17,4
<b>ΙΟΥΝΙΟΣ</b>	151,1	72,7	-82,1	95,4	135,5	15,7	0	0	10,6
<b>ΙΟΥΛΙΟΣ</b>	165,5	38,7	-128,7	34	98,1	67,3	0	0	5,4
<b>ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ</b>	136,1	30,6	-107	15,8	47,3	88,8	0	0	3,3
<b>ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ</b>	86,9	17,1	-70,7	10,2	21,8	65,1	0	0	1,7
<b>ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ</b>	51	6,3	-45	7,9	8,3	42,7	0	0	0,7
<b>ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ</b>	29,7	13,5	-16,8	7,3	13,5	16,2	0	0	0,9
<b>ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ</b>	22,4	22,2	-1,3	7,2	21,1	1,3	0	0	1,2
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>163,1</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 10:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για τον μετεωρολογικό σταθμό του Αλιάρτου και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 250 mm. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

<b>ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 250mm</b>									
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>PET</b>	<b>P</b>	<b>P-PET</b>	<b>Soil Moisture</b>	<b>AET</b>	<b>PET-AET</b>	<b>Snow Storage</b>	<b>Surplus</b>	<b>RO<sub>total</sub></b>
<b>ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ</b>	21,7	70	44,9	194,9	21,7	0	0	0	16,2
<b>ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ</b>	25,1	73,6	44,8	239,7	25,1	0	0	0	10
<b>ΜΑΡΤΙΟΣ</b>	39,7	96,4	51,9	250	39,7	0	0	41,6	28,8
<b>ΑΠΡΙΛΙΟΣ</b>	62,7	83,3	16,5	250	62,7	0	0	16,5	24,4
<b>ΜΑΙΟΣ</b>	105,6	70,9	-38,2	211,8	105,6	0	0	0	13,7
<b>ΙΟΥΝΙΟΣ</b>	151,1	72,7	-82,1	142,3	138,6	12,5	0	0	8,7
<b>ΙΟΥΛΙΟΣ</b>	165,5	38,7	-128,7	69	110	55,5	0	0	4,5
<b>ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ</b>	136,1	30,6	-107	39,5	58,6	77,5	0	0	2,8
<b>ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ</b>	86,9	17,1	-70,7	28,3	27,4	59,5	0	0	1,5
<b>ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ</b>	51	6,3	-45	23,2	11,1	39,9	0	0	0,6
<b>ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ</b>	29,7	13,5	-16,8	21,6	14,4	15,3	0	0	0,8
<b>ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ</b>	22,4	22,2	-1,3	21,5	21,2	1,2	0	0	1,2
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>113,2</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 11:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για τον μετεωρολογικό σταθμό του Ελευσίνας και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 100 mm. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 100mm									
ΜΗΝΑΣ	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	RO <sub>total</sub>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	24,7	46,9	19,8	100	24,7	0	0	69,8	50
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	27,2	38,7	9,6	100	27,2	0	0	9,6	30,5
ΜΑΡΤΙΟΣ	41,7	42,2	-1,6	98,4	41,7	0	0	0	16,4
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	62,7	25,4	-38,5	60,5	62,1	0,6	0	0	8,4
ΜΑΙΟΣ	103,6	19	-85,6	8,7	69,8	33,8	0	0	4,5
ΙΟΥΝΙΟΣ	145	7,9	-137,5	0	16,2	128,8	0	0	2,2
ΙΟΥΛΙΟΣ	170,7	5,4	-165,6	0	5,1	165,6	0	0	1,2
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	147,5	5,2	-142,6	0	4,9	142,6	0	0	0,7
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	93,6	11,9	-82,3	0	11,3	82,3	0	0	0,8
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	57,7	40,8	-18,9	0	38,8	18,9	0	0	2,2
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	34,7	62,3	24,5	24,5	34,7	0	0	0	3,2
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	25,9	65,7	36,5	61	25,9	0	0	0	3,3
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>123,4</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 12:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για τον μετεωρολογικό σταθμό του Ελευσίνας και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 150 mm. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 150mm									
ΜΗΝΑΣ	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	RO <sub>total</sub>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	24,7	46,9	19,8	150	24,7	0	0	19,8	25
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	27,2	38,7	9,6	150	27,2	0	0	9,6	18
ΜΑΡΤΙΟΣ	41,7	42,2	-1,6	148,4	41,7	0	0	0	10,2
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	62,7	25,4	-38,5	110,3	62,3	0,4	0	0	5,3
ΜΑΙΟΣ	103,6	19	-85,6	47,3	81	22,7	0	0	3
ΙΟΥΝΙΟΣ	145	7,9	-137,5	3,9	50,9	94,1	0	0	1,4
ΙΟΥΛΙΟΣ	170,7	5,4	-165,6	0	9	161,6	0	0	0,8
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	147,5	5,2	-142,6	0	4,9	142,6	0	0	0,5
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	93,6	11,9	-82,3	0	11,3	82,3	0	0	0,7
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	57,7	40,8	-18,9	0	38,8	18,9	0	0	2,1
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	34,7	62,3	24,5	24,5	34,7	0	0	0	3,1
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	25,9	65,7	36,5	61	25,9	0	0	0	3,3
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>73,4</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 13:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για τον μετεωρολογικό σταθμό του Ελευσίνας και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 175 mm. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 175mm									
ΜΗΝΑΣ	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	RO <sub>total</sub>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	24,7	46,9	19,8	169,8	24,7	0	0	0	15
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	27,2	38,7	9,6	175	27,2	0	0	4,4	10,5
ΜΑΡΤΙΟΣ	41,7	42,2	-1,6	173,4	41,7	0	0	0	6,4
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	62,7	25,4	-38,5	135,2	62,3	0,4	0	0	3,4
ΜΑΙΟΣ	103,6	19	-85,6	69,1	84,2	19,5	0	0	2
ΙΟΥΝΙΟΣ	145	7,9	-137,5	14,8	61,7	83,3	0	0	0,9
ΙΟΥΛΙΟΣ	170,7	5,4	-165,6	0,8	19,1	151,6	0	0	0,5
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	147,5	5,2	-142,6	0,1	5,5	142	0	0	0,4
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	93,6	11,9	-82,3	0,1	11,3	82,2	0	0	0,7
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	57,7	40,8	-18,9	0,1	38,8	18,9	0	0	2,1
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	34,7	62,3	24,5	24,6	34,7	0	0	0	3,1
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	25,9	65,7	36,5	61	25,9	0	0	0	3,3
ΕΤΗΣΙΟ									<b>48,3</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 14:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για τον μετεωρολογικό σταθμό του Ελευσίνας και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 200 mm. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 200mm									
ΜΗΝΑΣ	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	RO <sub>total</sub>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	24,7	46,9	19,8	169,8	24,7	0	0	0	15
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	27,2	38,7	9,6	179,4	27,2	0	0	0	8,3
ΜΑΡΤΙΟΣ	41,7	42,2	-1,6	178	41,5	0,2	0	0	5,3
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	62,7	25,4	-38,5	143,7	58,4	4,2	0	0	2,9
ΜΑΙΟΣ	103,6	19	-85,6	82,2	79,5	24,1	0	0	1,7
ΙΟΥΝΙΟΣ	145	7,9	-137,5	25,7	64	81	0	0	0,8
ΙΟΥΛΙΟΣ	170,7	5,4	-165,6	4,4	26,3	144,3	0	0	0,5
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	147,5	5,2	-142,6	1,3	8	139,5	0	0	0,4
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	93,6	11,9	-82,3	0,7	11,8	81,8	0	0	0,6
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	57,7	40,8	-18,9	0,7	38,8	18,9	0	0	2,1
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	34,7	62,3	24,5	25,2	34,7	0	0	0	3,1
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	25,9	65,7	36,5	61,6	25,9	0	0	0	3,3
ΕΤΗΣΙΟ									<b>44</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 15:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για τον μετεωρολογικό σταθμό του Ελευσίνας και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 250 mm. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 250mm									
ΜΗΝΑΣ	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	RO <sub>total</sub>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	24,7	46,9	19,8	169,8	24,7	0	0	0	15
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	27,2	38,7	9,6	179,4	27,2	0	0	0	8,3
ΜΑΡΤΙΟΣ	41,7	42,2	-1,6	178,3	41,2	0,5	0	0	5,3
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	62,7	25,4	-38,5	150,8	51,6	11,1	0	0	2,9
ΜΑΙΟΣ	103,6	19	-85,6	99,1	69,7	34	0	0	1,7
ΙΟΥΝΙΟΣ	145	7,9	-137,5	44,6	62	83	0	0	0,8
ΙΟΥΛΙΟΣ	170,7	5,4	-165,6	15,1	34,6	136	0	0	0,5
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	147,5	5,2	-142,6	6,5	13,5	134	0	0	0,4
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	93,6	11,9	-82,3	4,3	13,4	80,2	0	0	0,6
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	57,7	40,8	-18,9	4	39,1	18,6	0	0	2,1
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	34,7	62,3	24,5	28,5	34,7	0	0	0	3,1
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	25,9	65,7	36,5	65	25,9	0	0	0	3,3
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>44</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 16:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για τον μετεωρολογικό σταθμό του Τατοίου και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 100 mm. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 100mm									
ΜΗΝΑΣ	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	RO <sub>total</sub>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	22,2	68,6	42,9	100	22,2	0	0	92,9	62,6
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	24,9	49,6	22,2	100	24,9	0	0	22,2	43,1
ΜΑΡΤΙΟΣ	37,7	50,2	9,9	100	37,7	0	0	9,9	27,8
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	56,4	24,6	-33	67	56,4	0	0	0	13,9
ΜΑΙΟΣ	92,1	20,6	-72,6	18,4	68,2	24	0	0	7,4
ΙΟΥΝΙΟΣ	127,8	10,8	-117,6	0	28,6	99,2	0	0	3,7
ΙΟΥΛΙΟΣ	148,9	10,5	-138,9	0	10	138,9	0	0	2,1
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	130,3	4,9	-125,7	0	4,6	125,7	0	0	1
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	83,2	13,4	-70,4	0	12,8	70,4	0	0	1,1
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	51,4	48	-5,8	0	45,6	5,8	0	0	2,6
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	31	57,6	23,7	23,7	31	0	0	0	3
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	23,4	76,4	49,2	72,9	23,4	0	0	0	3,9
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>172,2</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 17:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για τον μετεωρολογικό σταθμό του Τατοίου και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 150 mm. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 150mm									
ΜΗΝΑΣ	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	RO <sub>total</sub>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	22,2	68,6	42,9	150	22,2	0	0	42,9	37,6
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	24,9	49,6	22,2	150	24,9	0	0	22,2	30,6
ΜΑΡΤΙΟΣ	37,7	50,2	9,9	150	37,7	0	0	9,9	21,6
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	56,4	24,6	-33	117	56,4	0	0	0	10,8
ΜΑΙΟΣ	92,1	20,6	-72,6	60,4	76,2	16	0	0	5,8
ΙΟΥΝΙΟΣ	127,8	10,8	-117,6	13	57,6	70,2	0	0	2,9
ΙΟΥΛΙΟΣ	148,9	10,5	-138,9	1	22,1	126,8	0	0	1,7
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	130,3	4,9	-125,7	0,2	5,4	124,9	0	0	0,8
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	83,2	13,4	-70,4	0,1	12,8	70,3	0	0	1
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	51,4	48	-5,8	0,1	45,6	5,8	0	0	2,5
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	31	57,6	23,7	23,8	31	0	0	0	3
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	23,4	76,4	49,2	72,9	23,4	0	0	0	3,9
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>122,2</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 18:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για τον μετεωρολογικό σταθμό του Τατοίου και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 175 mm. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 175mm									
ΜΗΝΑΣ	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	RO <sub>total</sub>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	22,2	68,6	42,9	175	22,2	0	0	17,9	25,1
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	24,9	49,6	22,2	175	24,9	0	0	22,2	24,4
ΜΑΡΤΙΟΣ	37,7	50,2	9,9	175	37,7	0	0	9,9	18,4
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	56,4	24,6	-33	142	56,4	0	0	0	9,2
ΜΑΙΟΣ	92,1	20,6	-72,6	83,1	78,4	13,7	0	0	5
ΙΟΥΝΙΟΣ	127,8	10,8	-117,6	27,3	66,1	61,7	0	0	2,5
ΙΟΥΛΙΟΣ	148,9	10,5	-138,9	5,6	31,6	117,3	0	0	1,5
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	130,3	4,9	-125,7	1,6	8,7	121,7	0	0	0,7
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	83,2	13,4	-70,4	0,9	13,4	69,8	0	0	0,9
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	51,4	48	-5,8	0,9	45,6	5,8	0	0	2,5
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	31	57,6	23,7	24,6	31	0	0	0	2,9
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	23,4	76,4	49,2	73,8	23,4	0	0	0	3,8
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>96,9</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 19:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για τον μετεωρολογικό σταθμό του Τατοίου και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 200 mm. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 200mm									
ΜΗΝΑΣ	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	RO <sub>total</sub>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	22,2	68,6	42,9	192,9	22,2	0	0	0	16,1
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	24,9	49,6	22,2	200	24,9	0	0	15	16,4
ΜΑΡΤΙΟΣ	37,7	50,2	9,9	200	37,7	0	0	9,9	14,4
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	56,4	24,6	-33	167	56,4	0	0	0	7,2
ΜΑΙΟΣ	92,1	20,6	-72,6	106,4	80,2	12	0	0	4
ΙΟΥΝΙΟΣ	127,8	10,8	-117,6	43,8	72,8	55	0	0	2
ΙΟΥΛΙΟΣ	148,9	10,5	-138,9	13,4	40,4	108,5	0	0	1,3
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	130,3	4,9	-125,7	5	13	117,3	0	0	0,6
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	83,2	13,4	-70,4	3,2	14,5	68,7	0	0	0,9
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	51,4	48	-5,8	3,1	45,7	5,7	0	0	2,5
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	31	57,6	23,7	26,8	31	0	0	0	2,9
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	23,4	76,4	49,2	76	23,4	0	0	0	3,8
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>72,1</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 20:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για τον μετεωρολογικό σταθμό του Τατοίου και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 250 mm. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 250mm									
ΜΗΝΑΣ	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	RO <sub>total</sub>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	22,2	68,6	42,9	192,9	22,2	0	0	0	16,1
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	24,9	49,6	22,2	215	24,9	0	0	0	8,8
ΜΑΡΤΙΟΣ	37,7	50,2	9,9	225	37,7	0	0	0	5,7
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	56,4	24,6	-33	195,3	53,1	3,3	0	0	2,8
ΜΑΙΟΣ	92,1	20,6	-72,6	138,6	76,2	15,9	0	0	1,8
ΙΟΥΝΙΟΣ	127,8	10,8	-117,6	73,4	75,4	52,4	0	0	0,9
ΙΟΥΛΙΟΣ	148,9	10,5	-138,9	32,6	50,8	98,1	0	0	0,7
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	130,3	4,9	-125,7	16,2	21	109,3	0	0	0,3
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	83,2	13,4	-70,4	11,6	17,3	65,9	0	0	0,7
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	51,4	48	-5,8	11,4	45,9	5,6	0	0	2,4
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	31	57,6	23,7	35,1	31	0	0	0	2,9
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	23,4	76,4	49,2	84,2	23,4	0	0	0	3,8
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>46,9</b>



**ΠΙΝΑΚΑΣ 21:** Χρονοσειρά μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης ( σε mm) όπως αυτή δίνεται από το πρόγραμμα ENSEMBLES. Τα δεδομένα καλύπτουν την χρονική περίοδο 1951-2100 και για τις μελλοντικές προβολές του μοντέλου χρησιμοποιήθηκε το σενάριο εκπομπών SRES A1B.

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1951	27,15234	21,60713	43,17847	35,07606	30,29998	15,11031	11,38592	14,54668	16,08312	24,91969	59,24031	17,67622
1952	39,76226	57,44352	30,9972	22,09584	17,14463	7,459063	9,090699	9,293862	15,84577	33,27816	33,0817	40,97059
1953	25,07111	33,86105	22,03349	39,7514	17,72966	13,88154	19,57372	7,563012	31,85846	22,5438	30,64151	69,63975
1954	35,63995	36,62954	43,47869	31,74242	28,77488	10,01315	12,40215	12,29958	7,768275	22,52327	55,79058	33,69064
1955	39,65519	61,3112	21,16761	22,58886	16,23591	17,31764	16,8944	9,466709	6,504666	26,83722	49,05382	40,29357
1956	31,105	51,12966	46,78134	71,48187	15,97876	13,42644	11,02566	9,056487	12,5855	16,79146	55,84634	74,13545
1957	52,17002	34,45543	50,78193	41,56636	31,0058	13,17158	17,0229	17,69202	15,24162	36,12593	42,86625	46,96897
1958	51,3962	32,6683	42,50269	19,54584	4,391932	17,8417	15,80002	5,286518	25,76666	62,53306	42,68059	40,89268
1959	40,1932	18,3793	34,4397	21,7926	17,09243	19,45744	23,33435	14,56861	7,015165	26,8303	21,90128	18,38654
1960	75,61384	46,97441	28,4997	36,51822	12,62235	27,01268	17,73966	12,03497	15,3671	37,31995	32,62607	29,78304
1961	35,50398	14,12829	37,44243	8,27239	31,85095	18,57197	18,97191	12,25279	20,81989	39,85799	60,75118	51,39061
1962	62,66653	37,6553	39,18937	28,38822	23,30721	5,815135	11,92709	12,54431	22,17219	33,08593	51,0755	57,88716
1963	40,36121	31,10804	47,70036	24,42773	28,57836	4,964987	26,66921	18,15847	15,34331	80,18514	68,35519	77,30205
1964	30,35251	66,27993	19,39371	36,78941	9,811757	15,01236	17,61425	10,1917	17,65076	39,77449	44,98239	49,57448
1965	35,06843	34,45969	36,80223	16,41145	20,73625	8,367729	11,72827	14,33658	10,14579	30,42036	54,17136	56,54755
1966	37,75116	67,54847	51,18556	19,37192	20,91778	17,71564	13,57102	4,708985	35,19542	43,42578	36,26847	33,68057
1967	44,47568	23,19093	69,89915	20,70859	21,35446	24,74829	7,631013	7,11068	6,792039	25,04882	56,94325	29,20473
1968	24,76491	25,20996	32,5449	31,27129	21,44401	16,05515	16,22803	14,34477	6,047969	28,0906	53,21862	58,11168
1969	34,94362	27,79178	23,9399	28,53164	19,18635	10,19713	12,94611	20,71876	11,32756	43,14779	48,48913	34,84716
1970	52,08554	41,01236	31,88506	17,70598	15,65528	19,4742	9,266355	11,5684	21,33723	30,69125	61,34705	38,07964
1971	44,35785	72,92586	51,65837	30,6238	19,19674	20,98324	20,69298	21,23524	10,80133	26,36017	26,80408	35,80386
1972	51,55956	42,3586	65,02401	24,12705	25,66885	19,45189	22,28541	5,806756	19,52786	40,73157	24,21747	47,8635
1973	29,2426	24,85769	41,22252	58,23148	20,86799	24,97817	14,89938	12,33191	13,58338	15,2477	21,99193	30,21404
1974	37,27069	38,71878	29,74849	44,2693	23,55646	14,39481	14,24394	18,29748	19,12508	48,1464	65,69563	49,19199

1975	44,11251	25,18815	27,7833	14,49556	28,53273	19,01517	10,20348	10,35468	7,01113	44,58326	55,37815	33,87502
1976	61,47672	31,07596	30,93494	20,07821	55,49834	26,16977	6,766505	15,33253	14,71625	23,45258	32,2045	39,92872
1977	37,90158	54,66703	55,28045	25,98152	35,11862	9,461235	19,8205	10,20695	21,20077	38,2842	15,19668	40,83403
1978	30,91146	19,09549	32,54388	22,43725	8,953083	20,37653	8,357538	10,7481	12,57416	30,34446	89,22899	26,68243
1979	59,59096	47,22833	32,10765	23,36565	25,12786	29,92977	16,52914	22,51181	17,41229	58,2477	28,75712	33,86917
1980	30,46282	48,26122	29,92953	15,09894	19,49749	9,352787	17,35514	11,52036	14,37531	28,76156	76,53991	47,85446
1981	70,98071	40,52397	22,73778	21,56364	29,91989	8,601434	12,53365	18,55257	20,42144	38,76587	48,5678	34,56767
1982	52,16863	56,33229	56,0442	59,57236	30,74367	12,47461	15,09981	8,643561	30,14855	26,51419	56,07117	27,89121
1983	21,09801	33,6316	40,52378	20,02386	26,66054	13,53555	21,49898	14,51732	15,09373	21,18311	37,02691	61,13394
1984	39,09778	29,59604	72,49513	33,98061	20,94921	8,950544	16,19143	11,8921	27,3735	36,67468	60,40199	43,20477
1985	46,8885	64,39708	47,85445	34,87032	32,11832	7,94826	12,47396	8,574124	11,93598	33,96117	59,9261	72,3319
1986	31,51087	51,18817	35,88307	19,51485	32,9968	13,42095	21,69903	14,98786	26,2792	19,25494	91,00069	17,22553
1987	79,5322	48,84399	21,24487	27,06708	28,09906	15,3452	6,966684	14,92188	8,918596	15,88044	56,90044	50,25929
1988	34,33213	39,69943	38,31902	38,25442	17,76893	11,6592	8,262574	13,56074	18,90302	38,74578	84,34955	33,27751
1989	48,1536	57,73947	33,41867	26,71243	17,02359	16,09443	5,631381	11,34661	23,01519	38,63246	40,88159	54,76372
1990	50,58941	30,74965	12,18134	27,57781	13,07844	15,93215	18,48609	10,66958	20,75053	14,40927	48,23556	48,39688
1991	16,44444	24,86015	46,53639	20,28867	19,2325	10,45707	15,97615	15,5589	12,47828	27,31422	34,05102	30,78261
1992	56,78362	62,16902	21,73906	26,99673	20,54123	16,69269	17,74528	10,38726	36,41426	26,03848	67,49848	16,26371
1993	27,05126	49,52489	31,71211	40,15198	17,82896	10,47321	15,095	9,696701	9,095821	50,58917	34,85371	89,88809
1994	37,44983	52,92985	57,859	31,04297	14,15545	17,55574	31,89736	15,79565	17,39281	33,87957	57,50858	19,97781
1995	40,56203	56,05906	18,84976	31,64052	14,37462	10,41129	13,81253	8,859518	10,44205	8,379702	46,36521	41,29809
1996	41,64336	35,8238	14,42825	32,47398	9,819345	17,03285	15,78995	21,64591	11,60655	19,19454	63,18064	29,75588
1997	59,60887	50,32606	51,92294	13,8281	28,52827	10,38784	12,2875	11,23162	13,57933	36,65082	55,73833	22,73245
1998	18,34819	51,10201	47,02852	34,02812	17,67212	17,372	19,75798	18,06095	16,61501	50,73374	34,47884	49,47274
1999	53,58057	45,44069	36,52744	23,94195	13,22294	20,79273	20,42383	20,08381	23,74306	24,6531	72,81685	60,16605
2000	68,27529	36,72888	32,74853	43,01787	15,79068	15,7004	22,31335	7,10502	21,02048	31,64469	43,89974	82,30608
2001	39,3442	29,33252	34,62778	12,04305	19,80022	25,46602	17,40122	10,01671	18,18968	36,16654	32,76159	32,10715
2002	35,46975	42,60355	34,79357	51,50358	23,93648	3,655862	18,39112	13,42082	11,61736	24,13024	42,51296	40,67131
2003	29,83759	33,37699	38,19417	27,26132	28,78937	21,08707	22,06902	12,73807	13,2797	37,66709	36,96451	66,6007

<b>2004</b>	48,39087	34,67722	24,84396	35,09241	26,49957	16,94473	14,44689	19,22961	12,7698	35,4488	54,1793	44,10314
<b>2005</b>	44,90629	26,2303	43,62154	49,62292	28,56047	11,7904	18,19892	9,61369	13,60958	44,44706	28,3478	101,522
<b>2006</b>	55,04754	17,5	35,78857	38,9735	14,74951	25,11873	16,65498	27,96079	19,11289	19,25196	66,73238	36,60331
<b>2007</b>	43,7988	46,63298	32,77545	47,84622	29,86605	13,98492	9,743124	6,514034	16,56481	21,46467	27,60177	66,45315
<b>2008</b>	49,40549	53,28025	23,05766	21,01979	24,79533	19,02586	19,16658	10,00235	15,66599	28,13111	20,44771	23,96722
<b>2009</b>	24,08913	31,39218	40,03117	17,8715	15,63805	7,007022	11,44012	11,9045	19,35466	25,57173	32,63801	63,14021
<b>2010</b>	41,75272	15,16994	23,01408	20,80922	28,91229	9,020917	5,382383	9,827632	18,97131	27,80088	38,91591	83,38734
<b>2011</b>	41,39841	59,83527	51,56856	54,98778	15,3656	12,29718	9,19165	7,344921	30,60228	28,36397	49,64517	51,71497
<b>2012</b>	22,15659	29,88832	21,99125	15,69525	23,02767	10,21578	16,07281	8,270799	8,01056	78,01311	70,74588	34,86619
<b>2013</b>	27,65574	33,32802	12,30892	36,89936	16,0665	19,27172	39,80037	11,77714	12,61328	39,48272	34,54546	84,61127
<b>2014</b>	50,09868	38,86758	52,64458	22,44879	39,06753	14,93844	12,85645	6,837075	6,914513	47,87436	38,55744	67,12625
<b>2015</b>	59,80453	47,96511	26,17029	23,27358	21,90211	20,02143	18,28676	19,23897	18,85331	39,4363	37,44437	41,35692
<b>2016</b>	31,93207	23,57921	77,03251	24,14852	29,53071	4,727084	12,81879	7,822776	13,20067	44,05001	60,13444	37,99619
<b>2017</b>	54,58979	32,88609	17,1654	18,3666	21,52172	23,95042	15,53057	8,92789	27,56016	30,84603	55,48238	39,25327
<b>2018</b>	28,10604	32,1511	51,34802	14,6868	15,34904	32,7582	12,09499	5,010086	14,22199	73,96183	59,42529	23,02297
<b>2019</b>	32,73504	34,10696	17,71525	28,27762	25,57726	28,64975	22,14749	14,75168	17,45458	15,5394	37,76985	53,57324
<b>2020</b>	27,59962	40,61753	38,06587	29,73137	21,97136	33,05407	12,6614	16,29156	30,45224	34,52836	55,50795	38,33994
<b>2021</b>	46,97848	35,44928	51,37731	32,82138	15,40298	15,95699	13,06864	10,91665	8,77533	58,30606	39,58809	61,72144
<b>2022</b>	43,68271	21,12748	46,28125	35,61227	13,40234	15,42344	18,68798	8,681501	8,184343	75,32378	66,49633	71,72753
<b>2023</b>	26,50207	52,51544	52,65902	23,74237	15,84723	17,70522	6,030976	12,25577	30,2707	52,46822	74,80344	40,90648
<b>2024</b>	24,66342	28,89968	35,1091	26,8431	21,0319	17,95689	7,702854	20,23758	25,41324	47,26137	45,80853	45,19442
<b>2025</b>	51,87093	46,88679	33,1843	53,23307	13,88101	12,39808	15,50612	16,17404	17,22684	37,79213	44,46127	60,75603
<b>2026</b>	57,60532	68,37553	28,60844	30,99738	15,20483	13,9952	9,493121	10,51784	33,53953	47,54257	37,82347	22,78271
<b>2027</b>	29,42685	36,32513	41,18768	37,65455	46,85169	13,06168	15,5485	15,96372	13,53847	32,71566	36,25886	35,89472
<b>2028</b>	19,31531	61,8651	29,31683	34,1738	13,68512	15,32907	12,15371	20,4232	17,01063	54,84881	84,65752	61,68019
<b>2029</b>	36,69094	23,80188	17,40188	39,59222	22,04657	16,13926	14,38405	4,40796	14,36614	45,04161	56,19108	54,93823
<b>2030</b>	54,79983	7,556261	29,34799	22,88513	34,36465	11,44318	16,18156	8,74918	9,800168	66,54504	62,54584	63,1449
<b>2031</b>	36,20899	52,16621	24,79976	28,28133	21,28797	8,804637	10,27587	4,555513	7,900601	43,50165	48,20661	39,50269
<b>2032</b>	22,11048	48,31893	19,65953	34,85444	12,07917	7,034207	12,87261	8,321222	9,316742	38,97391	56,30563	33,20854

<b>2033</b>	19,27394	39,62792	41,23056	28,24706	15,16953	9,277991	12,13791	15,10397	18,69361	17,54675	43,75007	36,86767
<b>2034</b>	30,05039	31,61084	30,98708	33,03681	26,47285	20,73355	24,89598	18,40194	16,85604	38,93731	68,75034	16,11555
<b>2035</b>	80,71666	15,54488	19,88737	18,83851	29,18197	12,00849	25,83405	15,62427	12,86123	26,58573	31,29567	74,37064
<b>2036</b>	62,1987	74,7724	26,04924	18,53497	14,42314	14,10616	10,83103	10,60418	14,53642	38,64018	45,82443	27,51786
<b>2037</b>	43,4708	39,79722	15,91348	22,29923	12,9819	17,01709	13,27021	11,28549	21,84079	32,18588	42,79954	36,88574
<b>2038</b>	40,49991	29,1342	45,46208	18,78362	19,73953	23,79482	13,52598	10,28991	24,50315	35,95069	35,02763	44,23661
<b>2039</b>	62,21763	65,8537	61,59769	23,6425	22,77455	13,33822	9,717733	14,85567	14,32001	49,18648	78,7767	96,4624
<b>2040</b>	31,09481	41,75083	37,94157	26,98424	34,81069	17,89013	13,60578	11,73409	12,67047	45,1515	93,76747	76,29448
<b>2041</b>	32,53158	24,62204	27,09763	18,76454	16,40779	12,73065	2,954474	13,9187	17,78388	21,56317	45,55822	35,49565
<b>2042</b>	44,92484	80,26525	54,22334	28,37965	24,32816	10,82808	13,5344	8,76499	13,83316	42,87765	60,02439	41,14708
<b>2043</b>	28,34574	37,19828	18,36921	35,4423	12,07288	13,97432	16,32212	18,60042	13,823	31,74233	59,24588	73,94122
<b>2044</b>	41,87582	24,56086	32,56909	15,27047	16,42106	14,23144	15,94398	17,50045	10,10793	20,81433	39,67894	45,11256
<b>2045</b>	40,45538	25,75871	42,70341	24,93768	20,09575	11,58353	11,45602	15,44712	14,16035	30,97114	27,65506	31,51427
<b>2046</b>	25,76749	32,6374	37,31598	27,31486	23,38261	17,08547	16,725	8,996562	29,27471	44,27136	79,47876	44,71394
<b>2047</b>	48,09956	45,00702	31,60554	36,34238	17,45468	26,97581	11,28915	5,999424	20,64415	54,46831	59,05201	20,15573
<b>2048</b>	21,29856	38,40466	21,68975	34,43735	15,87669	13,17155	22,57498	11,63231	6,465773	17,57213	47,62857	47,74835
<b>2049</b>	24,21614	27,93066	17,03675	14,06021	24,09816	11,76707	12,04349	17,80082	12,53055	17,7331	45,86232	33,47389
<b>2050</b>	35,09592	21,63069	33,1969	29,05712	19,23052	19,13308	10,67596	17,17705	7,091963	16,60956	27,19762	19,35056
<b>2051</b>	31,02533	10,46692	26,36958	37,42092	22,77306	17,34257	15,89134	20,30791	13,3948	25,80686	64,83089	24,36736
<b>2052</b>	39,6247	26,54772	31,86999	30,25874	16,95057	16,3869	12,18494	11,00435	12,34494	37,98966	29,33596	20,00063
<b>2053</b>	34,40321	41,06753	20,70025	20,55914	18,45728	12,57976	11,29423	7,311568	13,47522	36,88148	15,2729	15,04881
<b>2054</b>	34,19612	15,62531	30,16609	32,92714	24,32812	14,96108	30,12275	12,0759	25,24543	19,02843	45,45777	50,2463
<b>2055</b>	20,57451	18,0343	11,95859	12,65045	24,43002	5,841785	10,19449	17,82874	15,40318	36,92163	48,09529	59,02448
<b>2056</b>	35,08403	36,17997	23,27501	30,12995	16,06263	13,03354	6,204334	6,971114	18,77976	20,35021	26,86036	61,39171
<b>2057</b>	47,04501	27,50648	57,48339	37,1542	56,49439	16,70391	14,77812	11,70665	8,646487	14,21153	56,7476	28,27441
<b>2058</b>	43,45024	17,27325	18,64493	32,65878	26,8892	16,45642	2,503289	4,168119	11,97889	20,41012	44,02031	43,97445
<b>2059</b>	74,21715	17,71484	34,9008	14,57228	9,248692	13,16736	9,478916	8,399902	23,63963	33,61871	28,9556	47,30986
<b>2060</b>	53,47228	46,79989	34,15075	29,38874	17,94338	9,100063	12,49223	2,197937	28,08695	24,8581	36,12462	30,41186
<b>2061</b>	24,44694	37,14121	24,36325	35,28647	23,35026	7,359889	14,82668	8,108483	16,58136	37,54508	37,56945	27,76643

2062	61,84387	42,91208	19,30023	27,4613	8,395706	16,178	11,19348	11,74271	20,73671	47,51269	48,73569	19,38323
2063	52,76577	36,21446	15,23902	23,84478	12,4595	11,44617	11,66306	8,40732	19,72865	83,70218	37,48011	49,24453
2064	39,15411	21,43595	28,5676	22,50737	25,74059	16,10104	10,29089	5,559896	16,26606	51,41442	55,29779	21,25284
2065	29,51513	20,33254	44,02681	23,39162	31,79096	17,27567	20,89342	13,41135	10,35451	17,3757	43,99609	19,64371
2066	54,21156	22,8877	8,770873	17,729	13,32984	5,378839	29,22858	17,93655	9,118243	22,14378	36,22659	55,44976
2067	50,9446	62,9377	23,81852	21,9541	23,31737	20,97294	20,55196	19,62674	26,44089	16,76028	40,9661	74,3652
2068	46,08494	53,94719	44,60785	37,35052	23,49055	15,1055	34,884	7,670829	8,293631	56,22871	68,59991	37,54583
2069	13,58742	37,58937	28,00988	36,62567	34,43267	21,90503	16,64927	15,34158	16,73192	57,62308	25,68275	32,90139
2070	39,18461	12,56884	25,31215	15,85808	10,68547	10,65365	10,74069	5,958622	28,29139	35,73399	71,80869	38,39898
2071	35,2924	42,05288	29,06753	40,56863	22,69609	11,45738	4,22348	9,223901	19,86474	47,33452	51,51093	53,04444
2072	16,89422	41,63001	18,26092	34,43993	19,80078	17,46673	8,236681	14,77345	8,347138	23,37609	53,76917	28,16959
2073	51,3285	42,94885	22,67129	16,70588	22,61117	8,529491	7,904827	12,43366	19,89509	20,99354	20,35841	28,90705
2074	69,30647	34,61231	36,14112	12,48753	16,89062	24,70895	13,3883	31,24193	16,82175	21,41112	23,77113	44,00613
2075	32,98456	23,35732	19,51532	41,38083	11,28487	20,27248	36,54786	19,99598	23,74665	54,57448	35,90109	11,92564
2076	32,73153	60,15355	23,98883	11,31438	19,17838	19,86813	14,27976	11,12079	25,25511	21,17727	23,45166	48,30043
2077	39,20031	15,28192	32,64554	22,95601	19,35324	17,68332	8,608542	18,86294	16,44352	40,09288	39,67351	58,58631
2078	44,52491	26,43885	25,45797	44,7448	13,68604	15,48052	11,9335	11,098	8,077357	24,06968	73,41492	35,65142
2079	43,50911	20,89533	41,76329	16,87207	13,0535	20,91164	13,14121	10,31953	12,13354	23,13447	41,81476	26,20873
2080	25,79158	7,647636	16,03582	15,19641	8,720016	8,753686	12,90669	9,280399	18,84532	42,73186	51,50688	86,59465
2081	24,2862	47,42041	20,54306	20,65808	14,17519	16,79337	23,49349	10,03638	7,075237	21,70704	91,76431	70,02459
2082	40,03531	35,61281	32,53668	14,36047	10,84162	10,80847	5,684838	8,194118	29,37747	38,53891	34,61686	40,25375
2083	13,03023	40,21498	30,58076	23,21562	13,68447	21,5281	10,24798	12,0865	5,570609	21,2779	25,55927	31,31574
2084	40,98911	47,87429	43,02195	14,25543	9,643721	13,80932	10,57469	6,705787	21,03622	29,55004	38,77974	31,72827
2085	52,58188	28,82491	31,01655	33,02225	18,36435	13,03379	7,224183	6,935018	17,62068	39,87956	71,91668	32,34891
2086	40,15085	26,57734	9,274441	14,32413	14,53188	7,04245	31,45381	6,879991	17,89025	18,53062	24,27733	41,23226
2087	32,73138	29,88145	39,38403	28,85077	16,2966	12,64254	10,97386	7,09131	27,83094	29,11957	41,32987	35,57033
2088	14,09603	18,43796	48,24094	15,46906	25,18332	17,38722	14,19657	4,389306	13,07824	71,83849	37,52266	24,01948
2089	29,41734	22,1414	11,27366	45,40325	22,96265	13,68177	23,22336	10,60081	16,26943	51,71534	31,49231	87,27692
2090	34,30743	69,98427	31,81974	14,3777	20,29256	16,71441	19,08113	7,125726	10,82123	26,32588	55,49772	36,116

<b>2091</b>	51,15797	55,77301	23,26835	10,82357	22,41125	13,20018	15,49284	7,577478	13,72694	41,93803	88,26563	34,97027
<b>2092</b>	24,58173	50,33907	35,41865	44,64279	22,14524	35,33086	22,53096	12,81092	18,84393	78,64564	37,85177	37,98049
<b>2093</b>	27,45708	25,80402	12,04611	31,90403	11,25378	16,81094	12,86641	6,239556	8,826042	22,20344	35,99394	29,47156
<b>2094</b>	42,01971	34,2628	15,19679	30,46148	13,13598	9,831232	6,896959	11,54607	10,44794	27,77396	30,23867	27,84514
<b>2095</b>	21,46982	19,76859	19,18102	28,05682	4,786891	25,74925	20,26065	9,713091	12,05549	20,98872	41,61272	28,51939
<b>2096</b>	67,9006	29,22466	37,32987	10,93931	10,47608	21,28993	10,09176	4,734344	20,69001	25,45354	113,8534	28,71509
<b>2097</b>	52,27304	23,14223	17,8104	10,00761	20,24886	13,22378	15,08309	9,701066	25,69567	44,21668	40,05691	63,77413
<b>2098</b>	52,43706	42,70678	42,5363	40,63062	35,71739	16,23344	20,99845	15,28782	12,9105	24,26211	26,18027	34,31968
<b>2099</b>	19,83721	56,1939	19,33612	7,979832	8,816795	5,076171	4,921674	11,64476	7,746981	53,44035	39,49711	21,86871
<b>2100</b>	20,10213	12,42484	2,777452	22,0055	3,438258	0,948662	4,541278	3,036056	5,088743	6,78169	75,5073	34,28856

**ΠΙΝΑΚΑΣ 22:** Χρονοσειρά μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας ( σε °C) όπως αυτή δίνεται από το πρόγραμμα ENSEMBLES. Τα δεδομένα καλύπτουν την χρονική περίοδο 1951-2100 και για τις μελλοντικές προβολές του μοντέλου χρησιμοποιήθηκε το σενάριο εκπομπών SRES A1B.

	<b>JAN</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>APR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AUG</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DEC</b>
<b>1951</b>	2,713388	6,290452	7,663083	11,53912	15,43058	20,30096	24,27492	23,2122	19,06528	13,06456	8,231167	5,48226
<b>1952</b>	4,741764	5,108814	6,597813	12,04321	17,62647	22,11834	25,30309	23,99362	18,3652	13,27939	10,46363	4,879359
<b>1953</b>	4,951345	4,963471	8,159414	11,21809	17,49136	21,85217	24,10177	24,32073	19,06174	14,66199	10,78424	6,55132
<b>1954</b>	5,045754	4,406663	6,64576	10,47256	16,8112	21,92621	23,76865	23,52116	20,64354	15,2313	9,365091	4,164542
<b>1955</b>	4,42798	3,479759	8,014894	11,64038	16,39084	23,5002	23,99932	23,73128	18,9608	14,46772	9,674304	5,672119
<b>1956</b>	5,57468	4,797094	9,17326	10,09848	17,41175	21,55859	25,03369	23,47762	19,34587	12,51182	8,329346	5,564327
<b>1957</b>	4,336419	6,283159	5,239099	8,186579	15,73371	24,11799	25,01649	24,86144	19,03785	13,68321	9,329017	5,20113
<b>1958</b>	5,434668	4,706745	7,354413	12,1929	18,06092	21,91446	23,71132	24,09911	20,64401	14,42915	10,69366	6,164028
<b>1959</b>	4,077111	6,017389	7,400872	11,09973	17,22793	22,6053	24,94492	24,32588	21,04374	14,39686	9,361926	4,428912
<b>1960</b>	2,530452	3,353116	6,053949	10,43503	17,03638	21,69618	24,16907	24,06368	19,23252	13,81487	9,757825	5,43873
<b>1961</b>	5,24278	5,926205	7,313451	13,28833	17,67742	21,44303	24,7772	22,65646	19,45719	14,50123	9,384574	6,017384
<b>1962</b>	5,1228	5,970759	7,425448	12,91951	16,29893	21,83744	26,07227	24,85836	18,37389	14,85859	10,71122	5,383656
<b>1963</b>	4,398649	6,400172	7,715882	10,53215	16,93134	22,92413	24,73814	23,99834	19,76912	12,98236	10,29447	6,142
<b>1964</b>	4,262467	5,18241	7,196852	12,52547	16,82435	21,90807	24,66938	23,50765	20,61611	15,36112	10,5767	5,178074

1965	3,967328	4,322854	7,34394	10,59762	16,64793	23,1058	24,55206	23,03407	19,31572	13,17657	9,640381	6,875624
1966	4,648523	3,650344	7,161683	10,82187	16,80689	21,13801	24,20835	25,76153	19,9754	12,25574	8,945555	6,788322
1967	6,470558	5,462098	8,013727	11,7898	16,96134	21,2593	25,02554	23,50184	19,59207	16,26092	10,53606	6,818825
1968	4,514332	5,360123	8,835592	11,60979	16,94596	21,63034	24,34169	24,18757	19,50938	12,38518	8,724754	5,145016
1969	5,981394	7,22275	8,741334	12,02376	16,61641	21,15111	23,67727	22,47834	18,94975	15,33831	9,88903	6,658479
1970	4,213854	4,304512	8,332987	12,66141	16,89558	22,3554	24,35004	23,94637	18,42116	14,28305	7,820333	5,704292
1971	3,306496	4,675245	7,643881	10,4091	15,76595	21,11246	22,93053	22,68934	18,17052	14,79215	8,323369	6,902026
1972	3,995458	3,855018	7,740888	11,87426	15,79435	20,61737	24,32124	23,64192	18,7005	13,16344	9,595532	4,640767
1973	3,061649	4,87288	8,883681	10,8747	17,12625	22,35803	24,87521	24,10787	20,41144	13,96355	11,08131	2,84076
1974	2,846426	5,809156	8,026585	11,19509	15,75185	21,94813	24,17196	24,21816	18,54378	13,39467	9,775389	5,199128
1975	3,070422	5,960524	7,905964	12,7642	16,01364	21,57775	24,85643	24,5546	19,35901	14,48617	9,264656	4,250786
1976	3,67882	4,20956	7,615243	10,89738	15,75862	21,23955	25,59457	24,81199	19,42676	14,15182	10,21882	6,493989
1977	4,563136	4,476453	6,815322	10,63819	16,34193	22,46897	24,52729	23,99114	19,26346	13,0599	10,41293	5,983787
1978	4,696718	4,09428	8,008725	13,55528	18,15279	23,46501	25,91886	23,58433	19,12265	15,25267	10,04535	6,349368
1979	5,138482	3,858194	6,660858	10,87411	16,59531	21,56142	25,34406	23,3235	20,13116	13,27138	10,21804	6,535457
1980	5,976531	4,29831	7,735741	12,59367	17,55057	24,42006	25,5955	23,38079	19,98896	13,73539	9,388084	6,954929
1981	6,967673	3,875397	7,522796	11,1766	16,05688	21,47668	24,43451	23,20849	18,23239	13,06572	10,16308	6,571231
1982	5,882782	4,207172	7,042894	10,39235	15,73177	20,31152	23,55763	22,21349	18,75216	14,29609	9,051961	5,458988
1983	4,502376	5,116007	7,164238	11,6322	17,00712	21,17802	24,48525	23,03752	19,34334	15,15077	9,661345	4,054087
1984	3,891438	6,074443	7,752612	11,18377	16,35112	21,75852	23,97153	23,62332	18,63229	12,9704	8,809331	4,309469
1985	4,322328	4,135779	7,203925	10,89021	16,40501	20,98494	24,76832	25,18127	18,54383	13,66136	9,694275	6,929373
1986	6,216523	5,513127	7,969999	11,19998	16,07937	22,77272	23,99983	24,60418	19,40678	15,3552	8,435279	6,201451
1987	4,971255	5,481096	8,857479	12,15203	16,89737	23,11292	26,31762	23,78968	19,26437	13,54152	9,906185	5,194796
1988	4,173569	4,768261	6,741253	11,88686	16,59339	22,44568	25,42034	23,3574	19,81258	13,76919	8,949212	5,162457
1989	5,064419	3,511245	6,553276	11,18764	16,95753	22,39136	24,83923	25,42999	18,15957	12,25888	10,525	4,840008
1990	5,794727	4,811647	9,335704	11,30606	17,69395	22,40025	24,86709	25,09511	19,51127	13,02868	9,191157	5,640874
1991	4,869748	6,237365	8,118532	11,3515	16,52881	23,14254	24,43222	24,67762	20,35052	13,78072	10,31277	5,768062
1992	5,457312	5,92852	7,394702	12,29805	18,87653	22,56495	25,035	26,11757	20,24721	14,45229	9,047531	4,982052
1993	4,368796	5,080517	8,062518	11,79388	18,02705	23,94673	25,59698	25,19238	20,75287	14,85264	10,32864	5,861093

1994	4,909966	6,667391	6,675362	12,01764	16,81283	21,82752	24,33746	22,7385	18,6252	13,31827	7,756098	4,305387
1995	3,50695	5,951945	7,690432	12,19582	17,92356	21,54007	26,20455	24,02212	19,9782	16,15219	10,54394	5,134499
1996	5,240098	5,514984	7,990789	11,47215	18,60141	22,25033	24,61821	24,32671	19,97057	14,57607	8,667166	5,340295
1997	2,975538	4,604044	8,615927	13,81029	17,73104	22,77806	24,73173	24,65684	19,96522	14,56463	9,794269	5,551513
1998	6,480334	7,431316	8,445327	12,81011	16,76801	22,71526	24,89019	24,85482	20,43261	14,56003	9,675244	7,501376
1999	6,92715	7,544898	9,389438	12,90313	16,71479	22,88398	24,36523	24,11812	20,52215	14,73386	9,662603	6,309703
2000	5,633381	7,880753	9,803809	11,96434	17,1064	22,2623	23,98169	23,97951	18,49831	14,33877	11,30768	6,197783
2001	4,421476	2,879146	7,600946	12,7024	17,84324	21,41324	25,69278	24,98536	19,02641	13,2466	8,206639	7,384253
2002	5,025897	4,949849	8,524214	11,67238	17,06589	23,6425	26,02903	24,14246	20,28421	14,68362	11,04836	4,329616
2003	4,868657	5,45762	7,998913	11,36554	17,54167	23,00893	28,10502	23,894	18,92529	13,86274	9,007093	6,884736
2004	4,669366	3,817312	8,163582	12,51095	18,04941	22,48551	24,94951	24,03153	20,51235	15,82724	9,75709	6,313972
2005	3,653053	5,773109	8,978855	10,87538	15,63053	23,72414	24,78004	26,01929	20,44182	14,09576	9,918535	5,879367
2006	5,624028	7,626309	7,261642	11,29445	16,93	22,51922	25,07539	24,01384	20,10928	15,55918	8,242537	5,944781
2007	5,892838	8,120358	9,335923	11,59525	16,1776	22,74927	26,89361	24,92865	20,1932	14,74626	10,49234	6,493101
2008	2,621976	4,212306	8,442245	12,15684	17,02243	21,92918	24,43504	24,62941	21,16498	16,54795	11,37587	6,810237
2009	5,202602	6,591975	8,58931	12,77615	18,85767	24,40261	26,38936	25,7888	20,55746	15,62338	10,23026	4,121148
2010	5,952072	6,562368	7,313775	11,36586	16,50107	21,75471	26,69583	25,40323	20,19467	15,30194	11,08555	5,234633
2011	5,156391	7,242834	6,956215	11,55361	16,58788	22,83604	25,55927	24,23666	20,9043	13,31205	9,463024	6,699107
2012	4,742348	5,323414	8,628852	13,3695	18,16706	23,12533	26,49385	24,74272	22,70406	15,39543	10,25569	6,643447
2013	5,829966	6,818212	8,387978	12,01403	18,23523	23,10331	24,50256	23,63864	20,18727	14,49009	11,51065	6,009027
2014	5,721525	5,643119	7,409433	12,4291	16,25993	22,30336	24,50242	24,29865	19,76192	15,36676	11,26027	7,162018
2015	4,823624	4,671044	8,369776	12,0844	16,92592	21,95649	24,71405	24,26418	19,61229	14,78981	9,384013	6,254476
2016	5,803642	6,026481	9,220352	11,62499	16,74518	22,59961	24,64358	23,80317	20,85835	15,56247	8,267338	7,854309
2017	4,79788	6,330733	9,706241	14,33295	18,20887	23,25597	25,26792	24,96556	20,33771	14,4547	11,34969	7,346383
2018	5,301727	6,605351	8,365465	12,30673	17,27629	21,73156	25,986	25,50543	20,84434	14,38542	8,804344	7,830537
2019	5,094489	5,34317	8,254385	11,99503	19,01426	21,94762	25,57434	26,00191	22,01727	14,87881	9,193812	5,445126
2020	5,070485	5,902665	7,895124	13,26925	17,97912	21,18114	26,29519	25,35173	20,1017	14,02403	8,782814	5,114937
2021	5,069682	7,296701	6,603292	12,31767	18,46729	22,35983	26,33456	25,16889	21,09877	14,52551	11,32991	6,101543
2022	5,42092	6,143268	8,197479	12,20311	19,08122	22,56023	25,63942	24,86908	20,56809	15,11693	10,15361	5,494973



2023	6,994876	4,691163	9,975479	12,87813	17,31888	22,69171	25,28532	25,86172	21,61303	15,43156	9,980017	7,092749
2024	5,42709	6,501914	9,670513	12,37846	18,41698	23,53974	25,77604	24,8298	20,66881	15,11662	11,11215	8,003942
2025	5,419597	7,088825	8,416178	12,67907	17,27369	24,0554	26,89826	25,76182	20,42614	15,55686	9,535132	7,293343
2026	6,007288	6,732929	9,651146	12,63115	17,0317	23,79259	25,8337	23,89326	19,7596	13,48322	9,775499	6,842382
2027	4,721717	6,211483	7,781591	11,99542	17,33121	24,23732	26,16264	24,3061	21,41241	15,97346	11,15786	5,75025
2028	5,578979	6,494151	8,946753	12,94536	18,39671	23,55872	24,7635	24,4134	21,54274	15,80815	11,73735	7,247252
2029	5,615427	7,484124	10,25607	12,77316	18,36035	22,91168	25,98963	26,56535	21,56635	17,40864	9,601898	6,222822
2030	4,032452	5,723284	8,788647	13,26892	17,45835	25,35909	25,96467	25,45833	21,56696	16,28523	9,996217	6,835197
2031	6,426011	5,496197	8,98586	13,00219	18,89233	23,90986	28,16201	27,43183	22,85532	16,26228	10,45262	6,387916
2032	5,904711	7,721689	9,135583	12,30447	18,28574	24,22333	26,50632	26,42024	23,33429	16,06881	10,01	8,203417
2033	6,438457	6,89506	8,349477	12,67164	18,95319	23,14966	26,83779	25,49382	21,55389	17,50065	12,15221	7,717257
2034	6,032073	7,127387	9,063562	12,79862	18,43781	25,81798	26,4526	25,60363	21,9403	15,29345	9,926038	6,606524
2035	5,690967	6,969918	8,199562	13,21628	17,7434	24,93867	27,57174	26,6442	21,92837	16,84406	9,772349	6,68331
2036	6,009993	6,195704	9,221606	12,7965	18,16124	23,92237	25,98106	25,96844	21,60749	15,20865	9,78797	7,717915
2037	6,428608	7,66265	10,88037	13,06958	19,10061	24,65944	27,27787	26,05175	22,19479	16,50247	11,45538	7,456264
2038	6,49339	7,690632	8,565695	13,73483	18,75102	24,11151	27,85621	25,89632	20,67204	15,38215	9,038555	6,709789
2039	6,601749	6,053603	8,585494	14,42774	17,45971	24,64631	26,73903	25,63389	22,947	16,27597	12,01763	6,811355
2040	7,133275	7,311018	8,737282	13,73025	19,07714	23,87412	26,91009	26,52667	22,01517	16,09331	9,855831	6,66335
2041	5,487549	6,956205	8,547115	13,61483	18,78571	24,312	28,05228	26,69618	21,45315	15,87025	10,69109	7,785606
2042	6,564658	5,378045	9,235641	13,49286	19,26548	23,71444	27,17763	26,74345	20,75757	16,06823	10,88251	7,962364
2043	6,752178	7,600351	10,79389	13,18981	19,74485	24,56586	26,87255	29,01874	21,47861	16,60107	11,02654	6,751928
2044	6,336105	7,060172	9,427954	13,98652	18,96825	24,22632	28,18972	26,35645	22,14631	16,8368	11,04001	5,718608
2045	9,094884	6,506334	7,973026	13,2703	18,53091	23,91429	27,88312	27,16216	21,12928	16,00505	9,117665	6,946899
2046	8,171468	6,843078	10,11224	14,15164	18,57465	25,22778	26,42268	26,57164	20,78058	15,87899	13,1576	8,536784
2047	7,172144	6,806222	9,547331	13,96831	19,00533	25,44181	27,42881	27,59485	21,86248	16,02652	12,17532	7,230673
2048	5,52655	7,005189	10,30347	14,19013	20,0864	25,36262	26,99386	26,03444	22,75121	18,07138	12,18381	7,678054
2049	8,123265	8,229848	10,64566	14,31879	20,01064	25,4736	27,0807	25,73419	22,11239	15,45983	11,51395	9,502698
2050	7,062618	8,357199	9,900836	13,95074	18,79047	23,6962	26,77177	26,21958	21,57491	17,71083	12,80555	7,893424
2051	5,053689	7,305157	10,50723	14,04672	19,26215	23,97058	26,9647	25,05864	21,64855	16,0144	11,05954	6,992837

2052	7,421502	6,9363	10,0616	14,94237	20,21436	25,40239	27,50243	26,41214	22,00164	16,70298	10,29415	8,050008
2053	9,16286	7,321683	9,736684	15,16341	20,68129	25,64993	28,68657	26,58142	22,40976	16,77641	13,30827	8,927447
2054	7,900162	10,33113	11,51426	13,88014	19,96556	24,77199	28,18706	27,19827	23,35289	15,73181	11,88102	7,550865
2055	7,953075	7,095031	10,34376	13,5391	20,19659	25,11146	28,78717	27,61669	22,30125	15,91533	11,62393	7,119376
2056	6,202164	7,074856	10,81073	14,44959	18,97239	25,53777	28,21628	25,92189	21,47362	17,85956	13,36493	7,617085
2057	6,68396	7,386458	9,964015	12,93339	18,65594	23,99187	27,95249	26,88891	23,19785	16,75847	12,32116	8,392827
2058	6,923189	8,667541	12,04858	13,53707	19,41409	24,57889	28,0209	26,91518	23,55857	17,05418	12,43383	6,494105
2059	5,875039	7,714177	9,719398	13,70215	20,40122	25,07905	27,49669	26,39388	23,56283	15,41108	12,10098	8,903741
2060	7,947368	6,957736	8,89906	13,43449	19,70698	24,9864	28,14061	26,39111	21,81876	16,94255	11,94579	9,639142
2061	6,947905	7,677753	10,7711	14,42484	19,45098	25,30314	27,48486	27,37756	22,22889	16,40667	12,13396	9,121171
2062	5,036751	7,991219	9,464322	15,3512	20,56297	26,02882	27,88345	27,10337	22,84323	17,82337	11,43556	9,070802
2063	9,150805	8,001158	11,77176	13,97804	20,36642	26,21203	27,58737	26,88415	23,39378	17,95412	11,4457	8,511957
2064	6,025832	9,220465	10,98551	15,64419	20,08925	27	27,74851	27,80626	22,17838	15,75864	11,96035	8,336477
2065	7,722408	8,408827	10,9287	14,7239	19,78918	24,29332	28,49807	27,55462	23,71722	17,79913	9,55957	6,733205
2066	6,066294	8,476462	13,35178	16,54343	21,53212	27,36494	29,13988	28,25063	22,51232	16,45268	12,01356	7,954066
2067	8,483564	7,329769	10,43262	14,31383	19,69387	25,28388	27,31097	27,41835	23,54135	16,86649	12,91946	8,824642
2068	6,549316	7,467379	10,70481	13,55459	20,01021	24,7866	30,28343	28,01475	23,24738	16,44576	12,79992	8,689149
2069	8,809318	8,687652	10,20693	12,47839	19,45106	27,37674	28,92654	27,61116	22,04414	16,51694	12,63121	7,61285
2070	7,851133	6,800564	9,117134	16,10938	22,45668	27,19839	29,45207	27,97992	23,15426	16,98284	10,36003	9,204444
2071	7,51814	7,565067	11,22759	13,88645	20,80651	25,33261	28,72621	26,96735	22,60126	16,61254	11,16192	7,100239
2072	9,229836	9,590671	11,69659	14,48554	20,81049	25,23693	29,41672	27,78897	23,51176	16,23675	10,58176	8,83354
2073	5,73214	6,420846	10,82519	14,95795	20,06965	25,53647	28,70841	28,50164	23,59583	16,52812	13,28918	7,103392
2074	6,681121	6,580591	9,120052	14,36408	20,5678	25,76883	28,51335	27,37069	23,82247	17,91785	13,83263	8,825965
2075	7,35353	8,55077	10,93308	13,23552	19,7896	24,91262	28,17473	27,21632	24,56136	16,52938	11,8975	8,422943
2076	8,213296	8,406378	9,204501	15,01218	20,21006	25,77729	29,29325	28,51658	22,63331	18,486	12,70941	8,468764
2077	6,258581	8,136459	11,29143	13,31313	20,67908	26,21366	29,56723	28,49273	23,48257	16,84472	13,50609	8,249846
2078	6,263981	7,976512	11,83985	13,89283	20,70469	26,55918	29,87023	28,4385	23,21429	18,56354	13,2371	9,70879
2079	7,942191	8,366912	10,33423	15,68061	22,10109	24,64038	28,51207	27,7602	23,05969	17,77627	11,49176	10,29755
2080	8,102395	9,40004	12,34647	16,38987	23,9023	27,72764	29,2178	28,06068	23,56649	18,52758	13,95359	7,968907

<b>2081</b>	8,125298	7,399595	12,68057	15,38856	20,53496	26,4749	29,16669	28,34496	24,04361	17,56253	13,56832	9,419896
<b>2082</b>	8,362938	7,003225	9,880563	15,88866	20,84105	25,50639	29,02628	29,02059	22,09743	18,40714	13,3356	10,12069
<b>2083</b>	8,477059	8,846607	11,01922	14,6091	20,74256	26,75042	28,20652	28,50955	24,16099	16,87458	12,95335	8,774934
<b>2084</b>	8,260102	8,512042	9,661053	14,46139	21,10619	26,5819	29,4936	29,08981	23,35996	17,10526	13,49847	9,370152
<b>2085</b>	8,673632	8,273935	10,84107	14,5951	20,62783	26,42983	29,88878	28,91578	23,10789	17,45742	13,28243	8,169458
<b>2086</b>	6,72242	9,879782	11,25439	14,58597	20,32897	26,87506	30,34035	28,46361	23,85674	18,10202	13,06314	10,04147
<b>2087</b>	7,85958	10,49752	11,39412	15,19104	21,35217	25,89981	29,12522	28,02847	25,14804	17,39897	12,22486	7,441713
<b>2088</b>	8,131893	8,547981	10,74738	14,96971	20,359	25,91543	29,72419	30,01812	24,99952	18,05923	13,83754	10,04382
<b>2089</b>	9,67911	9,763175	12,04866	15,05263	20,27212	26,91356	30,88319	30,79063	24,08619	18,9143	12,9013	9,944728
<b>2090</b>	9,083419	8,469659	12,40362	15,62027	21,33555	27,37956	30,01737	30,05955	25,42236	18,62392	13,02479	11,52131
<b>2091</b>	8,416409	9,379816	12,64713	17,097	21,58198	27,88456	29,74623	28,77981	23,59172	19,11259	13,63714	9,815509
<b>2092</b>	9,108716	9,420192	10,69847	15,36924	20,16398	25,51647	29,20686	27,13449	24,22765	17,81506	12,78615	9,031289
<b>2093</b>	8,857697	10,62288	12,08065	14,41658	21,87105	24,1117	28,90109	28,2857	23,73278	16,96429	13,07278	9,711356
<b>2094</b>	7,78854	8,481634	11,7141	14,64577	21,63497	26,27024	30,04775	28,755	23,16048	18,1034	15,18142	10,10397
<b>2095</b>	8,668986	9,250762	11,21022	15,86085	22,85854	27,37357	30,50515	28,5571	23,34875	20,06212	13,55338	9,204329
<b>2096</b>	6,260894	9,079914	10,95382	15,24867	22,11168	26,37968	28,48855	28,91158	23,80748	20,17107	13,95522	10,06556
<b>2097</b>	8,950759	8,996234	11,3817	17,31197	20,66393	28,91984	30,28542	29,01785	24,54599	18,48098	14,00866	9,556138
<b>2098</b>	7,242573	9,206535	10,60565	14,56681	20,24279	26,74635	29,27651	28,00313	23,08688	18,20781	13,82249	10,19497
<b>2099</b>	9,633419	6,637822	10,00184	15,9817	19,7994	27,30179	32,2409	30,69091	25,41732	18,64965	12,9492	12,25739
<b>2100</b>	10,95735	12,33988	15,89436	16,57437	21,62722	27,68746	29,28187	28,7598	24,35773	19,53422	15,17484	10,41453

**ΠΙΝΑΚΑΣ 23:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για την λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 100 mm, για το χρονικό διάστημα 2021-2050. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

<b>ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 100mm</b>										
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>PET</b>	<b>P</b>	<b>P-PET</b>	<b>Soil Moisture</b>	<b>AET</b>	<b>PET-AET</b>	<b>Snow Storage</b>	<b>Surplus</b>	<b>RO<sub>total</sub></b>	
<b>ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ</b>	23,1	57,2	31,2	100	23,1	0	0	81,2	56,2	
<b>ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ</b>	25,2	47,8	20,2	100	25,2	0	0	20,2	39,1	
<b>ΜΑΡΤΙΟΣ</b>	37,5	49,7	9,8	100	37,5	0	0	9,8	25,8	
<b>ΑΠΡΙΛΙΟΣ</b>	55,8	31,6	-25,7	74,3	55,8	0	0	0	13,2	
<b>ΜΑΙΟΣ</b>	92,1	24,4	-68,9	23,1	74,3	17,7	0	0	7	
<b>ΙΟΥΝΙΟΣ</b>	131,8	15,1	-117,5	0	37,4	94,4	0	0	3,7	
<b>ΙΟΥΛΙΟΣ</b>	151,2	9,2	-142,6	0	8,7	142,6	0	0	1,9	
<b>ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ</b>	131	10	-121,5	0	9,5	121,5	0	0	1,2	
<b>ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ</b>	84,2	15,4	-69,6	0	14,6	69,6	0	0	1,1	
<b>ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ</b>	53,1	51,3	-4,4	0	48,7	4,4	0	0	2,7	
<b>ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ</b>	31,2	61	26,8	26,8	31,2	0	0	0	3,1	
<b>ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ</b>	24,2	76,7	48,6	75,4	24,2	0	0	0	3,9	
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>158,9</b>	

**ΠΙΝΑΚΑΣ 24:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για την λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 150 mm, για το χρονικό διάστημα 2021-2050. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

<b>ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 150mm</b>										
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>PET</b>	<b>P</b>	<b>P-PET</b>	<b>Soil Moisture</b>	<b>AET</b>	<b>PET-AET</b>	<b>Snow Storage</b>	<b>Surplus</b>	<b>RO<sub>total</sub></b>	
<b>ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ</b>	23,1	57,2	31,2	150	23,1	0	0	31,2	31,2	
<b>ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ</b>	25,2	47,8	20,2	150	25,2	0	0	20,2	26,6	
<b>ΜΑΡΤΙΟΣ</b>	37,5	49,7	9,8	150	37,5	0	0	9,8	19,5	
<b>ΑΠΡΙΛΙΟΣ</b>	55,8	31,6	-25,7	124,3	55,8	0	0	0	10,1	
<b>ΜΑΙΟΣ</b>	92,1	24,4	-68,9	67,2	80,2	11,8	0	0	5,5	
<b>ΙΟΥΝΙΟΣ</b>	131,8	15,1	-117,5	14,6	66,9	64,9	0	0	2,9	
<b>ΙΟΥΛΙΟΣ</b>	151,2	9,2	-142,6	0,7	22,5	128,7	0	0	1,5	
<b>ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ</b>	131	10	-121,5	0,1	10,1	120,9	0	0	1	
<b>ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ</b>	84,2	15,4	-69,6	0,1	14,7	69,5	0	0	1	
<b>ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ</b>	53,1	51,3	-4,4	0,1	48,7	4,4	0	0	2,7	
<b>ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ</b>	31,2	61	26,8	26,9	31,2	0	0	0	3,1	
<b>ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ</b>	24,2	76,7	48,6	75,5	24,2	0	0	0	3,9	
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>109</b>	

**ΠΙΝΑΚΑΣ 25:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thorthwaite για την λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 200 mm, για το χρονικό διάστημα 2021-2050. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 200mm										
ΜΗΝΑΣ	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	RO <sub>total</sub>	
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	23,1	57,2	31,2	181,2	23,1	0	0	0	15,6	
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	25,2	47,8	20,2	200	25,2	0	0	1,4	9,5	
ΜΑΡΤΙΟΣ	37,5	49,7	9,8	200	37,5	0	0	9,8	10,9	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	55,8	31,6	-25,7	174,3	55,8	0	0	0	5,8	
ΜΑΙΟΣ	92,1	24,4	-68,9	114,2	83,2	8,9	0	0	3,3	
ΙΟΥΝΙΟΣ	131,8	15,1	-117,5	47,1	81,4	50,4	0	0	1,8	
ΙΟΥΛΙΟΣ	151,2	9,2	-142,6	13,5	42,3	109	0	0	1	
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	131	10	-121,5	5,3	17,7	113,3	0	0	0,8	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	84,2	15,4	-69,6	3,5	16,5	67,7	0	0	0,9	
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	53,1	51,3	-4,4	3,4	48,8	4,4	0	0	2,6	
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	31,2	61	26,8	30,2	31,2	0	0	0	3,1	
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	24,2	76,7	48,6	78,8	24,2	0	0	0	3,8	
ΕΤΗΣΙΟ									59,1	

**ΠΙΝΑΚΑΣ 26:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thorthwaite για την λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 250 mm, για το χρονικό διάστημα 2021-2050. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 250mm										
ΜΗΝΑΣ	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	RO <sub>total</sub>	
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	23,1	57,2	31,2	181,2	23,1	0	0	0	15,6	
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	25,2	47,8	20,2	201,4	25,2	0	0	0	8,7	
ΜΑΡΤΙΟΣ	37,5	49,7	9,8	211,2	37,5	0	0	0	5,7	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	55,8	31,6	-25,7	189,5	51,8	4	0	0	3,2	
ΜΑΙΟΣ	92,1	24,4	-68,9	137,2	75,4	16,7	0	0	2	
ΙΟΥΝΙΟΣ	131,8	15,1	-117,5	72,7	78,8	53	0	0	1,2	
ΙΟΥΛΙΟΣ	151,2	9,2	-142,6	31,3	50,2	101,1	0	0	0,7	
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	131	10	-121,5	16,1	24,7	106,3	0	0	0,6	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	84,2	15,4	-69,6	11,6	19,1	65,1	0	0	0,8	
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	53,1	51,3	-4,4	11,4	48,9	4,2	0	0	2,6	
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	31,2	61	26,8	38,2	31,2	0	0	0	3,1	
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	24,2	76,7	48,6	86,8	24,2	0	0	0	3,8	
ΕΤΗΣΙΟ									48	

**ΠΙΝΑΚΑΣ 27:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για την λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 100 mm, για το χρονικό διάστημα 2071-2100. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

<b>ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 100mm</b>										
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>PET</b>	<b>P</b>	<b>P-PET</b>	<b>Soil Moisture</b>	<b>AET</b>	<b>PET-AET</b>	<b>Snow Storage</b>	<b>Surplus</b>	<b>RO<sub>total</sub></b>	
<b>ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ</b>	25,9	53,8	25,2	100	25,9	0	0	75,2	53	
<b>ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ</b>	28,4	41,8	11,3	100	28,4	0	0	11,3	32,9	
<b>ΜΑΡΤΙΟΣ</b>	42,7	39	-5,6	94,4	42,7	0	0	0	17,4	
<b>ΑΠΡΙΛΙΟΣ</b>	62,7	26,6	-37,5	59	60,6	2,1	0	0	9	
<b>ΜΑΙΟΣ</b>	107,2	19,4	-88,8	6,6	70,8	36,4	0	0	4,8	
<b>ΙΟΥΝΙΟΣ</b>	151,1	15,8	-136,1	0	21,6	129,5	0	0	2,7	
<b>ΙΟΥΛΙΟΣ</b>	179,1	9,4	-170,2	0	8,9	170,2	0	0	1,4	
<b>ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ</b>	153,3	8,3	-145,4	0	7,9	145,4	0	0	0,9	
<b>ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ</b>	96,6	15,2	-82,1	0	14,5	82,1	0	0	1	
<b>ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ</b>	60	43,9	-18,3	0	41,7	18,3	0	0	2,3	
<b>ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ</b>	36,2	53,8	14,9	14,9	36,2	0	0	0	2,7	
<b>ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ</b>	27,8	65,7	34,6	49,5	27,8	0	0	0	<b>3,3</b>	
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>131,4</b>	

**ΠΙΝΑΚΑΣ 28:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για την λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 150 mm, για το χρονικό διάστημα 2071-2100. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

<b>ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 150mm</b>										
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>PET</b>	<b>P</b>	<b>P-PET</b>	<b>Soil Moisture</b>	<b>AET</b>	<b>PET-AET</b>	<b>Snow Storage</b>	<b>Surplus</b>	<b>RO<sub>total</sub></b>	
<b>ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ</b>	25,9	53,8	25,2	150	25,9	0	0	25,2	28	
<b>ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ</b>	28,4	41,8	11,3	150	28,4	0	0	11,3	20,4	
<b>ΜΑΡΤΙΟΣ</b>	42,7	39	-5,6	144,4	42,7	0	0	0	11,1	
<b>ΑΠΡΙΛΙΟΣ</b>	62,7	26,6	-37,5	108,3	61,3	1,4	0	0	5,9	
<b>ΜΑΙΟΣ</b>	107,2	19,4	-88,8	44,2	82,5	24,7	0	0	3,3	
<b>ΙΟΥΝΙΟΣ</b>	151,1	15,8	-136,1	4,1	55,1	96	0	0	1,9	
<b>ΙΟΥΛΙΟΣ</b>	179,1	9,4	-170,2	0	13	166,1	0	0	1	
<b>ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ</b>	153,3	8,3	-145,4	0	7,9	145,4	0	0	0,7	
<b>ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ</b>	96,6	15,2	-82,1	0	14,5	82,1	0	0	0,9	
<b>ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ</b>	60	43,9	-18,3	0	41,7	18,3	0	0	2,3	
<b>ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ</b>	36,2	53,8	14,9	14,9	36,2	0	0	0	2,7	
<b>ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ</b>	27,8	65,7	34,6	49,5	27,8	0	0	0	3,3	
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>81,5</b>	

**ΠΙΝΑΚΑΣ 29:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για την λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 200 mm, για το χρονικό διάστημα 2071-2100. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

<b>ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 200mm</b>										
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>PET</b>	<b>P</b>	<b>P-PET</b>	<b>Soil Moisture</b>	<b>AET</b>	<b>PET-AET</b>	<b>Snow Storage</b>	<b>Surplus</b>	<b>RO<sub>total</sub></b>	
<b>ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ</b>	25,9	53,8	25,2	175,2	25,9	0	0	0	15,4	
<b>ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ</b>	28,4	41,8	11,3	186,5	28,4	0	0	0	8,4	
<b>ΜΑΡΤΙΟΣ</b>	42,7	39	-5,6	181,3	42,3	0,4	0	0	5,1	
<b>ΑΠΡΙΛΙΟΣ</b>	62,7	26,6	-37,5	147,3	59,2	3,5	0	0	2,9	
<b>ΜΑΙΟΣ</b>	107,2	19,4	-88,8	81,9	83,8	23,4	0	0	1,8	
<b>ΙΟΥΝΙΟΣ</b>	151,1	15,8	-136,1	26,2	70,8	80,4	0	0	1,2	
<b>ΙΟΥΛΙΟΣ</b>	179,1	9,4	-170,2	3,9	31,2	147,9	0	0	0,7	
<b>ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ</b>	153,3	8,3	-145,4	1,1	10,7	142,6	0	0	0,5	
<b>ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ</b>	96,6	15,2	-82,1	0,6	14,9	81,7	0	0	0,8	
<b>ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ</b>	60	43,9	-18,3	0,6	41,8	18,3	0	0	2,2	
<b>ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ</b>	36,2	53,8	14,9	15,5	36,2	0	0	0	2,7	
<b>ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ</b>	27,8	65,7	34,6	50,1	27,8	0	0	0	3,3	
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>45</b>	

**ΠΙΝΑΚΑΣ 30:** Πίνακας αποτελεσμάτων μοντέλου Thornthwaite για την λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 250 mm, για το χρονικό διάστημα 2071-2100. Παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της πραγματικής και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή σε mm.

<b>ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: 250mm</b>										
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>PET</b>	<b>P</b>	<b>P-PET</b>	<b>Soil Moisture</b>	<b>AET</b>	<b>PET-AET</b>	<b>Snow Storage</b>	<b>Surplus</b>	<b>RO<sub>total</sub></b>	
<b>ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ</b>	25,9	53,8	25,2	175,2	25,9	0	0	0	15,4	
<b>ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ</b>	28,4	41,8	11,3	186,5	28,4	0	0	0	8,4	
<b>ΜΑΡΤΙΟΣ</b>	42,7	39	-5,6	182,3	41,3	1,4	0	0	5,1	
<b>ΑΠΡΙΛΙΟΣ</b>	62,7	26,6	-37,5	155	52,6	10,1	0	0	2,9	
<b>ΜΑΙΟΣ</b>	107,2	19,4	-88,8	99,9	73,5	33,8	0	0	1,8	
<b>ΙΟΥΝΙΟΣ</b>	151,1	15,8	-136,1	45,5	69,4	81,7	0	0	1,2	
<b>ΙΟΥΛΙΟΣ</b>	179,1	9,4	-170,2	14,5	39,9	139,2	0	0	0,7	
<b>ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ</b>	153,3	8,3	-145,4	6,1	16,3	137	0	0	0,5	
<b>ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ</b>	96,6	15,2	-82,1	4,1	16,5	80,1	0	0	0,8	
<b>ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ</b>	60	43,9	-18,3	3,8	42	18	0	0	2,2	
<b>ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ</b>	36,2	53,8	14,9	18,7	36,2	0	0	0	2,7	
<b>ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ</b>	27,8	65,7	34,6	53,3	27,8	0	0	0	3,3	
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>									<b>45</b>	