

# Κατάρτιση Επιχειρησιακού Σχεδίου Αναρρύθμισης των Πηγών Αγυιάς – Προσχέδιο προς Διαβούλευση



15/11/2023

## ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

# Κατάρτιση Επιχειρησιακού Σχεδίου Αναρρύθμισης των Πηγών της Αγιάς Προσχέδιο προς Διαβούλευση

---

ΣΥΜΒΑΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ  
«Κατάρτιση Επιχειρησιακού Σχεδίου Αναρρύθμισης  
των Πηγών Αγιάς»  
(cpn 73000000-2 & 71351000-3)  
Μεταξύ της «ΔΕΥΑΧ» και  
του «ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ»

---



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

Ευρωπαϊκό Ταμείο

Περιφερειακής Ανάπτυξης



Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
**ΚΡΗΤΗ** 2014 – 2020



Φορέας Υλοποίησης:

Πολυτεχνείο Κρήτης  
Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών  
Περιβάλλοντος  
Εργαστήριο Υδρογεωχημικής Μηχανικής και  
Αποκατάστασης Εδαφών

Επιστημονικός Υπεύθυνος:



Νικόλαος Νικολαΐδης, Καθηγητής  
Μηχανικός Περιβάλλοντος

Συγγραφείς της Τεχνικής Έκθεσης

Πολυτεχνείο Κρήτης  
Νικόλαος Νικολαΐδης, Γεώργιος Καρατζάς,  
Κωνσταντίνος Βοζινάκης και Αντωνία Μαραγκάκη

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
2.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	12
2.1	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΥΠΑΓΩΓΗ .....	12
2.2	ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ-ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΑ-ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	14
2.2.1	Κλίμα.....	14
2.2.2	Μετεωρολογικά Στοιχεία .....	14
2.2.3	Μορφολογία .....	16
2.2.4	Γεωλογία.....	17
2.2.5	Τεκτονική .....	20
2.2.6	Ρήγματα.....	21
2.2.7	Δίκτυο NATURA2000.....	22
3.	ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ.....	25
3.1	ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.....	25
4.	ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΙΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	28
4.1	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	28
4.2	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	30
4.3	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΕΡΓΩΝ-ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ.....	38
5.	ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ.....	50
5.1	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ SWAT .....	50
5.2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΡΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΥΟ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ KARST-SWAT.....	51
5.3	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ .....	53
5.4	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ .....	54
6.	ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ.....	65
7.	ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΝΕΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ- ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΝΑΡΡΥΘΜΙΣΗΣ ΠΗΓΩΝ .....	71
8.	ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΡΡΥΘΜΙΣΗ.....	88
9.	ΣΕΝΑΡΙΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΑΓΙΑΣ .....	91
10.	ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ ΠΡΟΣ ΔΙΑΒΟΥΛΕΥΣΗ .....	95
11.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	98
	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....</b>	<b>99</b>

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Χωρική απεικόνιση της λεκάνης απορροής Κερίτη-Θερίσου .....	12
Εικόνα 2: Κοινότητες που περιλαμβάνει η λεκάνη απορροής του Κερίτη – Θερίσου <sup>(2)</sup> .....	13
Εικόνα 3: Υψομετρική διακύμανση της λεκάνης απορροής Κερίτη-Θερίσου .....	13
Εικόνα 4: Γεωλογικοί σχηματισμοί στη λεκάνη απορροής του Κερίτη-Θερίσου .....	20
Εικόνα 5:Γεωλογική τομή της λεκάνης απορροής του ποταμού Κερίτη (Λιαλιάρης, 1996 κατά Μονόπωλης, 1996) .....	22
Εικόνα 6: Γεωγραφική απεικόνιση των λεκανών απορροής Κερίτη-Θερίσου και οι αντίστοιχες περιοχές Natura <sup>(2)</sup> .....	24
Εικόνα 7: Οι χρήσεις γης των λεκανών απορροής σύμφωνα με την βάση δεδομένων Corine 2000 <sup>(2)</sup> .....	29
Εικόνα 8:Τοποθεσία των μετεωρολογικών σταθμών σχετικά με την λεκάνη απορροής <sup>(9)</sup> .....	29
Εικόνα 9: Χωρική τοποθέτηση του σταθμού μέτρησης στον ποταμό Κερίτη <sup>(10)</sup> .....	31
Εικόνα 10: Τοποθεσία των πηγών της Αγυιά <sup>(9)</sup> .....	32
Εικόνα 11:Πηγή Καλαμιώνα <sup>(9)</sup> .....	33
Εικόνα 12: Πηγή Κολύμπα <sup>(9)</sup> .....	33
Εικόνα 13::Χωροθέτηση γεωτρήσεων και πηγών περιμετρικά της λίμνης της Αγυιάς .....	42
Εικόνα 14:Χωροθέτηση γεωτρήσεων στην ευρύτερη περιοχή της Αγυιάς .....	42
Εικόνα 15: Γεώτρηση GO1 .....	43
Εικόνα 16: Γεώτρηση GO1 .....	43
Εικόνα 17:Γεώτρηση GO2 .....	44
Εικόνα 18:Γεώτρηση GO3 .....	44
Εικόνα 19:Γεώτρηση GO3 .....	45
Εικόνα 20: Γεώτρηση GO4 .....	45
Εικόνα 21:Γεώτρηση Πηγάδι .....	46
Εικόνα 22: Σχηματική απεικόνιση μοντέλου δύο ταμειυτήρων .....	52
Εικόνα 23: Υπολεκάνες της λεκάνης απορροής Κερίτη-Θερίσου <sup>(9)</sup> .....	54
Εικόνα 24:Υδρολογικό ισοζύγιο του μοντέλου SWAT για τα έτη 1974-2021.....	62
Εικόνα 25:Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τα υδραυλικά ύψη τον Μαρτίου 2020. ....	67
Εικόνα 26:Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τις ταχύτητες τον Μάρτιο 2020.....	68
Εικόνα 27:Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τα υδραυλικά ύψη τον Αύγουστο 2020. ....	68
Εικόνα 28:Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τις ταχύτητες τον Αύγουστο 2020... ..	69
Εικόνα 29:Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τα υδραυλικά ύψη τον Μάρτιο 2021. ....	69
Εικόνα 30:Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τις ταχύτητες τον Μάρτιο 2021.....	70
Εικόνα 31:Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τα υδραυλικά ύψη τον Αύγουστο 2021. ....	70
Εικόνα 32:Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τις ταχύτητες τον Αύγουστο 2021... ..	71
Εικόνα 33: Χωροθέτηση προτεινόμενων γεωτρήσεων και ακτίνα 500m .....	72
Εικόνα 34:Σενάριο 1- Θέσεις γεωτρήσεων άντλησης M10, M6 και προτεινόμενη νέα γεώτρηση PRO4 .....	74

Εικόνα 35:Σενάριο 1. -Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τα υδραυλικά ύψη τον Μάρτιο.....	75
Εικόνα 36: Σενάριο 1. -Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για το πεδίο ταχυτήτων υπόγειας ροής τον Μάρτιο.....	75
Εικόνα 37:Σενάριο 1. -Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τα υδραυλικά ύψη τον Αύγουστο.....	76
Εικόνα 38:Σενάριο 1. -Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για το πεδίο ταχυτήτων υπόγειας ροής τον Αύγουστο.....	76
Εικόνα 39: Σενάριο 2- Θέσεις γεωτρήσεων άντλησης M10, PRO4, PRO1, PRO2, PRO5 και PRO7. 78	
Εικόνα 40:Σενάριο 2. -Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τα υδραυλικά ύψη τον Μάρτιο.....	79
Εικόνα 41:Σενάριο 2. -Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για το πεδίο ταχυτήτων υπόγειας ροής τον Μάρτιο.....	79
Εικόνα 42: Σενάριο 2. -Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τα υδραυλικά ύψη τον Αύγουστο.....	80
Εικόνα 43:Σενάριο 2. -Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για το πεδίο ταχυτήτων υπόγειας ροής τον Αύγουστο.....	80
Εικόνα 44: Χωροθέτηση των νέων γεωτρήσεων παρακολούθησης και των πηγών της Αγυιάς (συντεταγμένες και στάθμη νερού).....	84

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1:Μέγιστη, Μέση και Ελάχιστη θερμοκρασία από τον μετεωρολογικό σταθμό του Αλικιανού.....	15
Διάγραμμα 2:Μηνιαίες βροχοπτώσεις για τα έτη 1961-2019 από τους μετεωρολογικούς σταθμούς που χρησιμοποιήθηκαν στην διπλωματική εργασία.....	15
Διάγραμμα 3:Δεδομένα πεδίου για τις πηγές των Μεσκλών για τα έτη 1978-2005.....	34
Διάγραμμα 4:Δεδομένα πεδίου για τις πηγές της Αγυιάς για τα έτη 1978-1985.....	35
Διάγραμμα 5:Δεδομένα πεδίου για τον ποταμό Κερίτη για τα έτη 2012-2013.....	36
Διάγραμμα 6:Δεδομένα πεδίου για τον ποταμό Κερίτη για τα έτη 2014-2015.....	36
Διάγραμμα 7:Δεδομένα πεδίου για τις πηγές του Πλατάνου και της Κολύμπας για τα έτη 1971-1979.....	37
Διάγραμμα 8:Δεδομένα πεδίου για την πηγή της Αγυιάς Καλαμιώνα για τα έτη 1971-1979.....	38
Διάγραμμα 9:Σύγκριση δεδομένων πεδίου με τα προσομοιωμένα δεδομένα του μοντέλου για τις πηγές των Μεσκλών.....	56
Διάγραμμα 10 :Σύγκριση δεδομένων πεδίου με τα προσομοιωμένα δεδομένα του μοντέλου για την πηγή του Καλαμιώνα.....	56
Διάγραμμα 11: Σύγκριση δεδομένων πεδίου με τα προσομοιωμένα δεδομένα του μοντέλου....	57
Διάγραμμα 12:Σύγκριση δεδομένων πεδίου με τα προσομοιωμένα δεδομένα του μοντέλου για τον ποταμό του Κερίτη για τα έτη 2012-2013.....	58
Διάγραμμα 13:Σύγκριση δεδομένων πεδίου με τα προσομοιωμένα δεδομένα του μοντέλου για τον ποταμό του Κερίτη για τα έτη 2014-2015.....	58
Διάγραμμα 14:Σύγκριση δεδομένων υπερχειλίσεων με τα προσομοιωμένα δεδομένα του μοντέλου για τα έτη 2018- 2021.....	60

Διάγραμμα 16: Σύγκριση των αποτελεσμάτων του μοντέλου υπόγειας ροής με παρατηρημένες τιμές στη γεώτρηση Μ6 από τον Ιουνίου 2020 και Δεκεμβρίου 2021. ....	66
Διάγραμμα 16: Στάθμη υδροφόρου ορίζοντα στη γεώτρηση ΜΔ του ΟΑΚ.....	77
Διάγραμμα 17: Υδραυλικά ύψη στην πηγή του Καλαμιώνα.....	77
Διάγραμμα 18: Στάθμη υδροφόρου ορίζοντα στη γεώτρηση ΜΔ του ΟΑΚ-Σενάριο 1.....	81
Διάγραμμα 19: Στάθμη υδροφόρου ορίζοντα στην πηγή του Καλαμιώνα-Σενάριο 1.....	81
Διάγραμμα 20: Στάθμη υδροφόρου ορίζοντα της πηγής Πλατάνου. ....	83
Διάγραμμα 21: Ετήσια διακύμανση της στάθμη υδροφόρου ορίζοντα της πηγής Πλατάνου. ....	83

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Σύγκριση της γεωχημείας των γεωτρήσεων .....	27
Πίνακας 2: Συντεταγμένες γεωτρήσεων ΔΕΥΑΧ, ΟΑΚ & ΤΟΕΒ.....	41
Πίνακας 3: Συντεταγμένες πηγών.....	41
Πίνακας 4: Ετήσια ποσότητα άντλησης σε $[Mm]$ από τον Τ.Ο.Ε.Β.....	46
Πίνακας 5: Ετήσια ποσότητα άντλησης σε $Mm^3$ από την Δ.Ε.Υ.Α.Χ.....	47
Πίνακας 6: Ετήσια ποσότητα άντλησης σε $Mm^3$ από τον Ο.Α.Κ.....	47
Πίνακας 7: Ετήσιες αντλήσεις σε εκ. κυβικά ( $Mm^3$ ) γεωτρήσεων για τα έτη 2017-2021.....	48
Πίνακας 8: Ετήσια ποσότητα άντλησης σε κυβικά από το δίκτυο των υπερχειλίσεων.....	49
Πίνακας 9: Βαθμός απόδοσης στατιστικών δεικτών <sup>(14)</sup> .....	55
Πίνακας 10: Ποσοστό άντλησης κάθε φορέα ανά μήνα.....	59
Πίνακας 11: Τιμές παραμέτρων για την βαθμονόμηση των πηγών των Μεσκλών.....	62
Πίνακας 12: Τιμές παραμέτρων για την βαθμονόμηση των πηγών της Αγυιάς.....	63
Πίνακας 13: Τιμές παραμέτρων για την βαθμονόμηση της πηγής του Καλαμιώνα.....	63
Πίνακας 14: Στατιστικά δεδομένα εκφορτίσεων πηγών 46 ετών σε <b>Mm3</b> .....	64
Πίνακας 15: Συντεταγμένες προτεινόμενων γεωτρήσεων.....	71
Πίνακας 16: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των γεωτρήσεων παρακολούθησης και των πηγών της Αγυιάς.....	87

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με την από 18-10-2021 Προγραμματική Σύμβαση μεταξύ Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης και ΔΕΥΑ Χανίων (ΔΕΥΑΧ), η Α.Δ. Κρήτης όρισε την ΔΕΥΑΧ ως Τελικό Δικαιούχο της Πράξης «Υδρογεωλογική - Διαχειριστική μελέτη για την αναρρύθμιση των καρστικών πηγών Αγυιάς» η οποία είναι ενταγμένη με Κωδικό ΟΠΣ 5030059 στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Κρήτη 2014-2020» (στον Άξονα προτεραιότητας «Βιώσιμη Ανάπτυξη με αναβάθμιση του περιβάλλοντος και αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην Κρήτη»), και με αρμοδιότητα την οργάνωση και το σχεδιασμό υλοποίησης της Πράξης και διάρθρωση της σε υποέργα. Η πράξη συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ).

Η πράξη αφορά την εκπόνηση ενός επιχειρησιακού σχεδίου αναρρύθμισης της πηγής Αγυιάς. Το σχέδιο θα περιλαμβάνει σύστημα παρακολούθησης του υδροφορέα και κοινοποίηση των δεδομένων σε διαδικτυακή εφαρμογή, σχέδιο αντλήσεων αξιοποίησης του υδροφορέα - πρόγραμμα αντλήσεων, σενάρια λειτουργίας γεωτρήσεων βραχυπρόθεσμα (ετήσια) και μεσοπρόθεσμα (10ετίας), περιβαλλοντικά μέτρα προστασίας της λίμνης Αγυιάς, ανάπτυξη συστήματος λήψης απόφασης για τα σενάρια προστασίας της λίμνης και τη δημόσια διαβούλευση. Η πράξη αναφέρεται στο μέτρο M13Σ0803 "Κατάρτιση επιχειρησιακού σχεδίου αναρρύθμισης της πηγής Αγυιάς" του διαχειριστικού σχεδίου ΛΑΠ ΥΔ Κρήτης (ΦΕΚ Β' 4666/2017)

Τη με υπ'αρ.πρωτ. 1833/14-04-22 Έγκριση Σχεδίου Σύμβασης για το Υποέργο «Κατάρτιση Επιχειρησιακού Σχεδίου Αναρρύθμισης των Πηγών Αγυιάς» Α/Α 1 της Πράξης «Υδρογεωλογική - Διαχειριστική μελέτη για την αναρρύθμιση των καρστικών πηγών Αγυιάς», η ΔΕΥΑΧ ανέθεσε στο Πολυτεχνείο Κρήτης το υποέργο που αφορά την σύνταξη Προσχέδιο το οποίο θα περιλαμβάνει κατ' ελάχιστο:

- α) σύστημα παρακολούθησης του υδροφορέα, και κοινοποίηση των δεδομένων σε διαδικτυακή εφαρμογή (δράση σε συνεννόηση με υποέργο Προμήθειας Τηλεμετρικών Σταθμών Μέτρησης – ενσωμάτωση δεδομένων στο προσχέδιο),
- β) σχέδιο αντλήσεων αξιοποίησης του υδροφορέα-πρόγραμμα αντλήσεων σε μηνιαίο βήμα και σε ημερήσιο αιχμής,
- γ) σενάρια λειτουργίας γεωτρήσεων βραχυπρόθεσμα (σε βήμα ετήσιο, μηνιαίο, ημερήσιο αιχμής) και μεσοπρόθεσμο (10ετίας),
- δ) περιβαλλοντικά μέτρα προστασίας της λίμνης Αγυιάς,



ε) καθορισμό των ορίων του υδροφορέα για "επικίνδυνη κατάσταση" μη αντιστρεπτής, είτε ποσοτικής είτε ποιοτικής, μεταβολής (επικοινωνία με πηγή "Καλαμιώνα") (δράση μετά την εκτέλεση των άλλων 2 υποέργων που αφορούν την κατασκευή πιεζομετρικών γεωτρήσεων παρακολούθησης και Προμήθειας Τηλεμετρικών Σταθμών Μέτρησης) και

στ) ανάπτυξη συστήματος λήψης απόφασης για τα παραπάνω σενάρια, που θα συμπεριλαμβάνει και τα αντίστοιχα μέτρα προστασίας σε περίπτωση που το τηλεμετρικό σύστημα που θα εγκατασταθεί (σε συνδυασμό με τις μετρήσεις του υφιστάμενου τηλεμετρικού δικτύου της Δ/σης Υδάτων), θα προειδοποιήσει για "επικίνδυνη κατάσταση".

Το προσχέδιο, θα αναρτηθεί στην ιστοσελίδα της Δ/σης Υδάτων της Α.Δ. Κρήτης για δημόσια διαβούλευση και ενημέρωση κοινού ώστε οι ενδιαφερόμενοι φορείς να υποβάλουν γραπτώς τα σχόλια και τις παρατηρήσεις τους επί των κειμένων του προσχεδίου. Ο ανάδοχος θα αξιολογήσει όλες τις προτάσεις που θα κατατεθούν στη δημόσια διαβούλευση με την ένδειξη "θετική" όταν είναι σύμφωνη με τα οριζόμενα στο προσχέδιο ή "αρνητική" όταν είναι διαφορετική. Στην περίπτωση που κατατεθούν "αρνητικές" προτάσεις (αντίθετες απόψεις/προτάσεις) από αυτές που προτείνονται στο προσχέδιο ο ανάδοχος θα τεκμηριώσει είτε την "αρνητική" αξιολόγησή του ή την ανάλογη τροποποίηση του προσχεδίου. Τέλος θα γίνει οριστικοποίηση του σχεδίου.

Το έργο θα υλοποιηθεί σε 16 μήνες και περιλαμβάνει τις εξής 3 φάσεις με τα αντίστοιχα παραδοτέα:

#### **Φάση Α (6 μήνες από την υπογραφή της σύμβασης)**

- 1) Κλίμακα προσέγγισης σχεδίου: α) Χωρική κλίμακα ορίζεται η αντίστοιχη του σχεδίου διαχείρισης της ΛΑΠ Κρήτης ή σε λεπτομερέστερη ανάλυση αν απαιτηθεί στη στενότερη περιοχή της πηγής, β) γενική χρονική κλίμακα προσομοιώσεων και ισοζυγίου προσφοράς - ζήτησης ορίζεται η μηνιαία και σε περιόδους αιχμής ορίζεται η ημερήσια και γ) κλίμακα ζήτησης ορίζεται η ζήτηση στα έργα «κεφαλής» των φορέων που έχουν θεσμοθετημένη χρήση (ΔΕΥΑΧ, ΟΑΚ, ΤΟΕΒ)
- 2) Συλλογή, μελέτη και αξιολόγηση των υφιστάμενων στοιχείων/δεδομένων, μετρήσεων, τεχνικών εκθέσεων και μελετών, που αναφέρονται στη μελετώμενη περιοχή.
- 3) Παρουσίαση των μορφολογικών, γεωλογικών, υδρογεωλογικών και τεκτονικών συνθηκών που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή και στη στενή περιοχή της πηγής (συστήματος πηγών) με λεπτομέρεια αντίστοιχη της κλίμακας που χρησιμοποιείται.

- 4) Καθορισμός της υδρογεωλογικής λεκάνης τροφοδοσίας των πηγών και μελέτη των εκροών των πηγών (στατιστική επεξεργασία, ανάλυση υδρογραφήματος, διακύμανση των παραμέτρων, διαγράμματα συσχέτισης, δίαιτα της πηγής κλπ) καθώς και αναφορά στα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά του καρστικού συστήματος τροφοδοσίας της πηγής. Ειδική αναφορά σε μελέτες για το μηχανισμό λειτουργίας των πηγών και προσδιορισμό της κίνησης του υπόγειου νερού.
- 5) Σχέση της υπόγειας υδροφορίας (εκροές πηγών) με τη λίμνη της Αγυιάς και άλλα τυχόν επιφανειακά συστήματα (ΕΣ) π.χ. αλληλοτροφοδοσία, διηθήσεις, εκφορτίσεις και αλληλοσύνδεση με εξαρτώμενα ΕΣ και οικοσυστήματα.
- 6) Εκτίμηση ισοζυγίου ύδατος υπόγειου και επιφανειακού υδατικού συστήματος. Η εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου θα πρέπει να γίνει με το μαθηματικό, υδρολογικό μοντέλο Karst-SWAT που έχει την ικανότητα να προσομοιώνει την υδρολογική απόκριση της λεκάνης απορροής καθώς και του υπόγειου υδροφορέα. Με την ανάλυση των αποτελεσμάτων θα προκύψει εκτίμηση δυνατότητας ασφαλών απολήψεων από τα ανάντη των πηγών υπόγεια υδατικά συστήματα.

#### **Φάση Β (μήνες 7-12 από την υπογραφή της σύμβασης)**

- 7) Τα χαρακτηριστικά των υφιστάμενων υδατικών έργων που αφορούν το υπόγειο υδατικό σύστημα των πηγών. Αναφορά στα τεχνικά έργα που απαιτούνται για την περαιτέρω αξιοποίηση του υδροφορέα.
- 8) Προσομοίωση του υδροφορέα των πηγών Αγυιάς και του Καλαμιώνα με βάση τα δεδομένα του Πολυτεχνείου Κρήτης και άλλων μελετών. Η προσομοίωση του υδροφορέα θα πρέπει να γίνει με ένα συνδυασμό του υδρολογικού μοντέλου Karst-SWAT καθώς και του τρισδιάστατου, λεπτομερούς υδραυλικού μοντέλου υπογείων νερών PTC.
- 9) Χωροθέτηση νέων γεωτρήσεων και εκτίμηση των επιπτώσεων από τις αντλήσεις του συστήματος των πηγών Αγυιάς. Σενάρια ανάλυσης σταδιακής αύξησης των αντλήσεων σε μηνιαίο βήμα και σε ημερήσια αιχμή. Αξιολόγηση απόκρισης του "Καλαμιώνα" στα εναλλακτικά σενάρια αξιοποίησης πηγών Αγυιάς.
- 10) Σενάρια προστασίας της λίμνης Αγυιάς - ελάχιστη διατηρητέα ποσότητα/στάθμη της λίμνης επί τη βάση του Ερευνητικού Έργου «μελέτη του προβλήματος της συσσώρευσης φερτών υλικών στον πυθμένα της λίμνης της Αγίας Χανίων» της Π.Ε. Χανίων και Μ.Φ.Ι.Κ.
- 11) Συγγραφή του προσχεδίου για τη διαβούλευση, και θα περιλαμβάνει κατ' ελάχιστο: α) το σύστημα παρακολούθησης του υδροφορέα, και κοινοποίηση των δεδομένων σε διαδικτυακή εφαρμογή, β) το σχέδιο αντλήσεων αξιοποίησης του υδροφορέα-πρόγραμμα αντλήσεων σε μηνιαίο βήμα και σε ημερήσιο αιχμής, γ)

σενάρια λειτουργίας γεωτρήσεων βραχυπρόθεσμα (σε βήμα ετήσιο, μηνιαίο, ημερήσιο αιχμής) και μεσοπρόθεσμο (10ετίας), δ) περιβαλλοντικά μέτρα προστασίας της λίμνης Αγκιάς, ε) καθορισμός των ορίων του υδροφορέα για "επικίνδυνη κατάσταση" μη αντιστρεπτής, είτε ποσοτικής είτε ποιοτικής μεταβολής (επικοινωνία με πηγή "Καλαμιώνα") και στ) ανάπτυξη συστήματος λήψης απόφασης για τα παραπάνω σενάρια, που θα συμπεριλαμβάνει και τα αντίστοιχα μέτρα προστασίας σε περίπτωση που το τηλεμετρικό σύστημα της παρ. 1.β που θα εγκατασταθεί (σε συνδυασμό με τις μετρήσεις του υφιστάμενου τηλεμετρικού δικτύου της Δ/σης Υδάτων), θα προειδοποιήσει για "επικίνδυνη κατάσταση".

### **Φάση Γ (μήνες 13-16 από την υπογραφή της σύμβασης)**

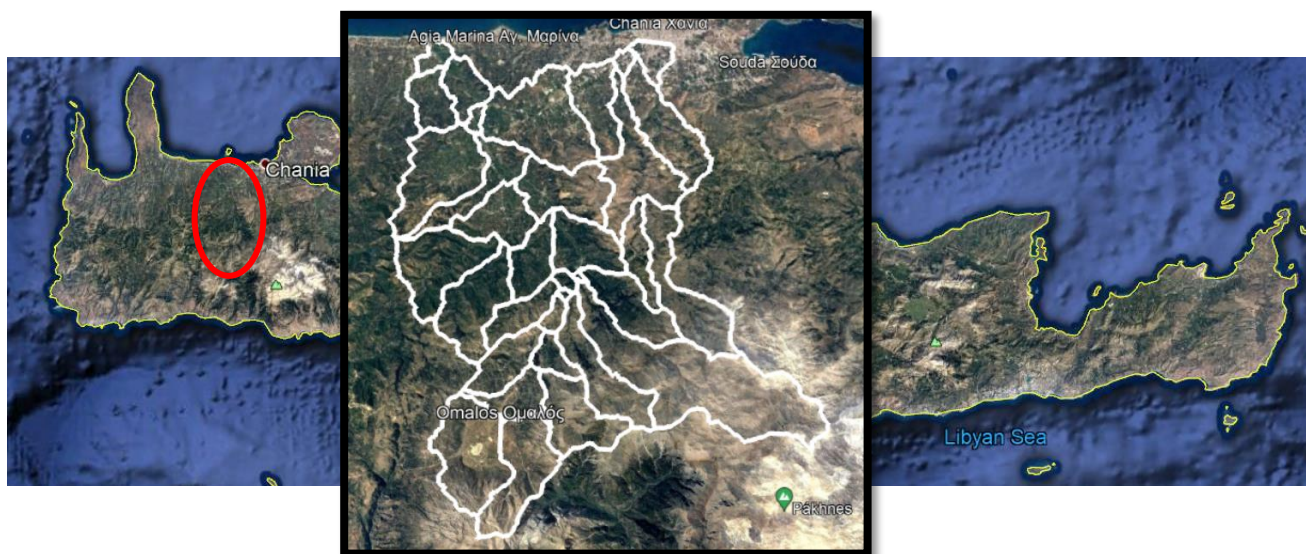
- 12) Οριστικοποίηση του σχεδίου μετά τη διαβούλευση και την αξιολόγηση των προτάσεων - παρατηρήσεων.

## 2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

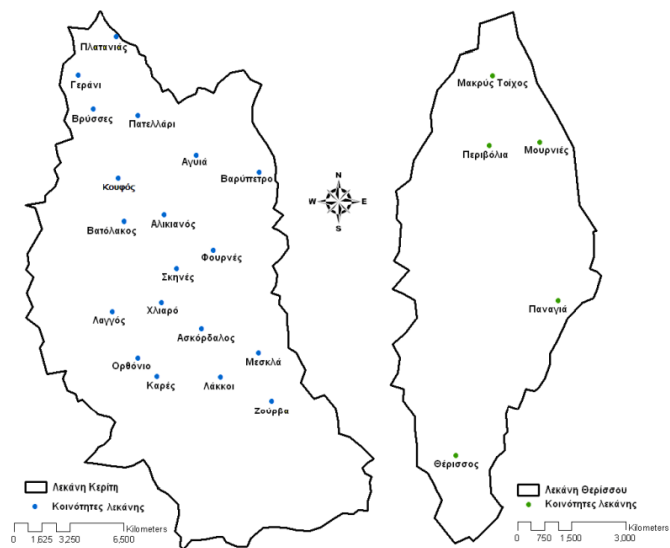
### 2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΥΠΑΓΩΓΗ

Η λεκάνη απορροής του ποταμού Κερίτη είναι μια από τις δύο κύριες λεκάνες απορροής του νομού Χανίων. Συναντάται στο Βόρειο κεντρικό τμήμα του νομού Χανίων, Δυτικά της πόλης σε απόσταση 12 χιλιομέτρων. Τοποθετείται μεταξύ των γεωγραφικών συντεταγμένων 35 15' - 35 32' Βόρειου πλάτους και 23 45' - 23 55' Ανατολικού μήκους <sup>(1)</sup>. Η υδρολογική λεκάνη έχει έκταση 210 km<sup>2</sup>, μέσο υψόμετρο 734 μέτρα και υπάγεται στο Δήμο Πλατανιά (σύμφωνα με το Πρόγραμμα Καλλικράτης). Τα κύρια δημοτικά διαμερίσματα της υδρολογικής λεκάνης είναι τα Μεσκλά, Ορθούνι, Φουρνές, Σκηνές, Αλικιανός, και Αγυιά.

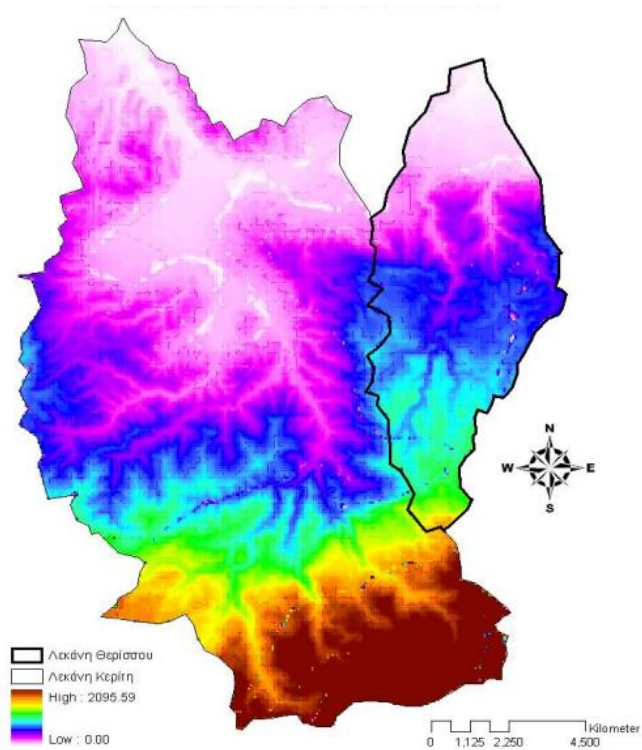
Στη λεκάνη απορροής του ποταμού υπάρχουν προστατευόμενες περιοχές Natura 2000 όπως η περιοχή της τεχνητής λίμνης της Αγυιάς. Η λεκάνη απορροής του Θερίσου απέχει 3km από την πόλη των Χανίων. Έχει μικρή έκταση, περίπου 60km<sup>2</sup>. Κύριος ποταμός της λεκάνης είναι ο Κλαδισσός. Η λεκάνη απορροής του Θερίσου θα μελετηθεί ενιαία με την λεκάνη απορροής του Κερίτη λόγω του ότι έχουν ενιαίο τον υπόγειο καρστικό υδροφορέα. Στη παρούσα μελέτη θα αναφέρεται ως ενιαία λεκάνη Κερίτη- Θερίσου. Στην εικόνα 1, οριοθετείτε η τοποθεσία της λεκάνης απορροής Κερίτη-Θερίσου στο νησί της Κρήτης και στις εικόνες 2 και 3 παρουσιάζονται οι οικισμοί που περιλαμβάνει η λεκάνη απορροής του Κερίτη και η υψομετρική διακύμανση αντίστοιχα.



Εικόνα 1: Χωρική απεικόνιση της λεκάνης απορροής Κερίτη-Θερίσου



Εικόνα 2: Κοινότητες που περιλαμβάνει η λεκάνη απορροής του Κερίτη – Θερίσου (2)



Εικόνα 3: Υψομετρική διακύμανση της λεκάνης απορροής Κερίτη-Θερίσου

## 2.2 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ-ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΑ-ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

### 2.2.1 Κλίμα

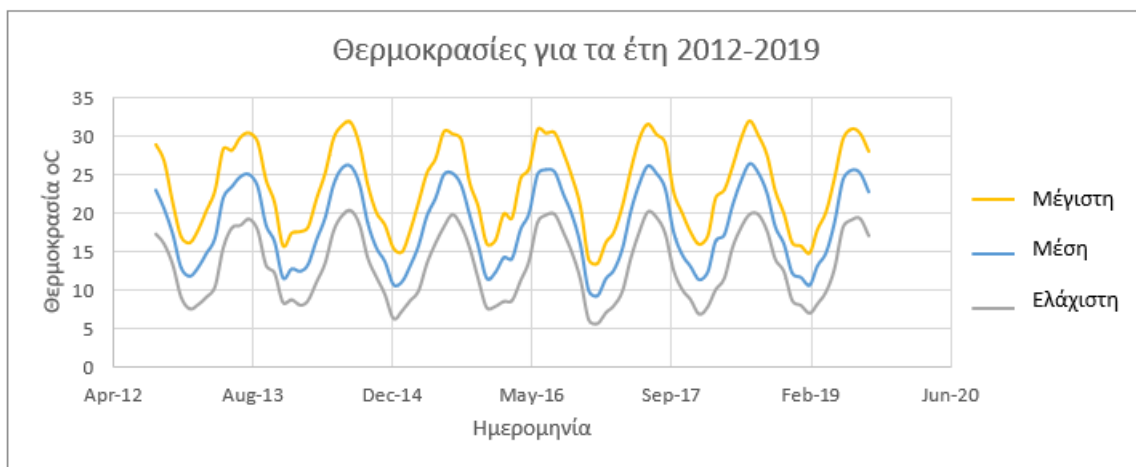
Σύμφωνα με την UNESCO/FAO (1963), η περιοχή μελέτης έχει υγρό Μεσογειακό κλίμα, με υγρούς και σχετικά κρύους χειμώνες και ξηρά-ζεστά καλοκαίρια. Η μέση θερμοκρασία είναι 19°C <sup>(1)</sup> ενώ η ετήσια βροχόπτωση έχει εκτιμηθεί 300 Mm<sup>3</sup>. Από αυτά, τα 130 Mm<sup>3</sup> απομακρύνονται ως εξατμοδιαπνοή ενώ άλλα 130 Mm<sup>3</sup> περίπου αποτελούν την απορροή του ποταμού Κερίτη. Το έλλειμα των 40 Mm<sup>3</sup> αποτελεί μέρος των διήθησης της επιφανειακής απορροής και των υπόγειων μεταγγίσεων του καρστικού συστήματος στον προσχωματικό υδροφόρα <sup>(3)</sup>.

Η βροχόπτωση κυρίως συγκεντρώνεται τους χειμερινούς μήνες, ενώ η περίοδος ξηρασίας εκτείνεται για περισσότερο από έξι μήνες (Μάιος έως τον Οκτώβριο). Αυτό, έχει σαν συνέπεια η διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων να είναι περιορισμένη λόγω των χωροχρονικών μεταβολών. Η ζήτηση για άρδευση νερού είναι πολύ υψηλή, ενώ αρδεύεται μόνο το 31% της διαθέσιμης γεωργικής γης <sup>(4)</sup>. Επομένως, οι αυξανόμενες ανάγκες σε νερό προβάλλουν την αναγκαιότητα διαχείρισης των πόρων για την αειφόρο ανάπτυξη.

### 2.2.2 Μετεωρολογικά Στοιχεία

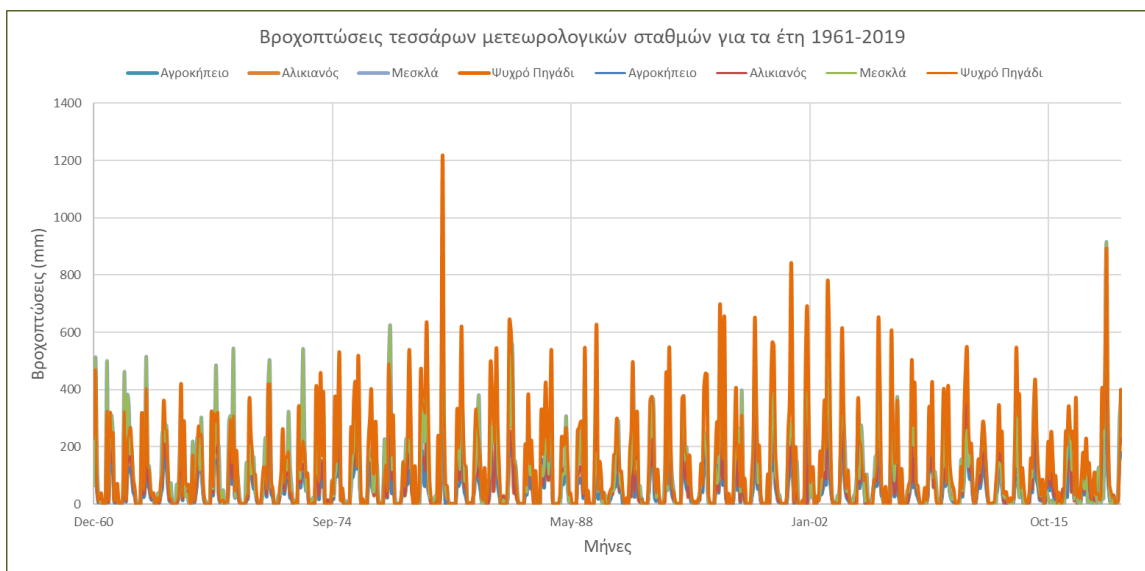
Εντός του Δήμου Πλατανιά στον οποίο υπάγεται η περιοχή μελέτης, υπάρχουν αρκετοί μετεωρολογικοί σταθμοί από τους οποίους αντλήθηκαν δεδομένα για την συγκρότηση της παρούσας μελέτης σχετικά με τις μετεωρολογικές και κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν. Για τη μελέτη των κλιματολογικών συνθηκών της λεκάνης απορροής χρησιμοποιούνται τα στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού Αλικιανού ,του Ψυχρού Πηγαδιού, των Μεσκλών και του Αγροκηπίου.

Σχετικά με την θερμοκρασία, οι ψυχρότεροι μήνες είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος με τη μέση θερμοκρασία να φτάνει τους 12°C. Η ελάχιστη θερμοκρασία σπάνια κατέρχεται κάτω από τους 0°C, με εξαίρεση τα μεγάλα υψόμετρα. Στο διάγραμμα 1, φαίνεται η ελάχιστη, μέση και μέγιστη θερμοκρασία για τα έτη 2012-2019 που έχουν προκύψει από τον μετεωρολογικό σταθμό του Αλικιανού (meteo data.gr).



Διάγραμμα 1:Μέγιστη, Μέση και Ελάχιστη θερμοκρασία από τον μετεωρολογικό σταθμό του Αλικιανού

Όσον αφορά την βροχόπτωση, τα μεγαλύτερα ποσοστά της εμφανίζονται το χειμώνα με τη μέση μηνιαία βροχόπτωση να φτάνει τα 105 mm, ενώ οι μικρότερες τιμές υετού παρατηρούνται κατά τους θερινούς μήνες. Στο διάγραμμα 2, παρουσιάζονται οι βροχοπτώσεις από τους τέσσερις προαναφερόμενους βροχομετρικούς σταθμούς για τα έτη 1961-2019 και παρατηρείται ότι η βροχόπτωση τον Φεβρουάριο του 2019 ήταν μη αναμενόμενα υψηλή περίπου 895mm.



Διάγραμμα 2:Μηνιαίες βροχοπτώσεις για τα έτη 1961-2019 από τους μετεωρολογικούς σταθμούς που χρησιμοποιήθηκαν στην διτλωματική εργασία.

### 2.2.3 Μορφολογία

Η υπό μελέτη περιοχή, έχει ποικίλα μορφολογικά χαρακτηριστικά, τα οποία αλλάζουν έντονα από Βορρά προς Νότο <sup>(5)</sup>. Έτσι, από το απότομο ανάγλυφο των Λευκών Ορέων παρατηρείται σταδιακή μετάβαση προς το πολύ ήπιο ανάγλυφο των Βορείων παραλίων του νομού με επίπεδες καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Η διάκριση της περιοχής σε μορφολογικές ζώνες αποτελεί σημείο αναφοράς με βάση το οποίο θα περιγράφονται παρακάτω τα διάφορα χαρακτηριστικά της (γεωλογία, τεκτονική κτλ.). Αναλυτικότερα, στην περιοχή διακρίνονται τρεις κύριες ζώνες, η ζώνη του καρστ, η μεταβατική και η πεδινή ζώνη.

#### **Ζώνη του καρστ.**

Η ζώνη του καρστ συναντάται στο βορειοδυτικό (ΒΔ) τμήμα των Λευκών Ορέων και χαρακτηρίζεται από πολύ μεγάλα υψόμετρα (κορυφή Μελινταού 2133m) με έντονες κλίσεις. Το υψηλότερο τμήμα αυτής της ζώνης (υψόμετρα μεγαλύτερα των 1600m) είναι σχεδόν μόνιμα χιονισμένο, με εξαίρεση τους μήνες Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο. Πρόκειται για μια τυπική καρστική περιοχή, όπου είναι σε πλήρη ανάπτυξη όλες εκείνες οι μορφές που προκύπτουν από τη διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων. Έτσι, διακρίνονται μορφές μικρής και μεσαίας κλίμακας όπως γλυφές, ουβάλες και μικρές δολίνες καθώς και δομές μεγάλης κλίμακας διάβρωσης. Οι χαρακτηριστικότερες από αυτές είναι τα δύο μμεγάλα φαράγγια της Αγίας Ειρήνης και της Σαμαριάς και η πόλγη του Ομαλού <sup>(5)</sup>. Η τελευταία, είναι μια τεράστια επιφάνεια επιπέδωσης, εμβαδού 32km<sup>2</sup>. Έχει δημιουργηθεί λόγω διάλυσης των ασβεστόλιθων κατά το οριζόντιο επίπεδο. Τα προϊόντα αποκομιδής της διεργασίας αυτής συσσωρεύονται ακτινωτά με διεύθυνση προς το κέντρο δημιουργώντας προσχωματικό οριζόντα αξιόλογου πάχους που παρουσιάζει υδροφορία.

#### **Ζώνη μετάβασης.**

Η ζώνη μετάβασης έπεται της ζώνης του καρστ προς Βορρά και αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από σχηματισμούς της ενότητας Φυλλιτών – Χαλαζιτών. Το μέσο υψόμετρο είναι κατά πολύ μικρότερο (250m) λόγω της ύπαρξης ρηγμάτων, τα οποία έχουν υποβιβάσει τη συγκεκριμένη περιοχή αλλά και λόγω της φύσης των πετρωμάτων που παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευαισθησία στην επιφανειακή διάβρωση σε σχέση με τους ασβεστόλιθους.

Η διαφορετική λιθολογία δίνει ένα πολύ πιο ήπιο ανάγλυφο με «καμπυλόγραμμα» περιγράμματα. Η αδιαπερατότητα των φυλλιτών επιτρέπει την ανάπτυξη επιφανειακού υδρογραφικού δικτύου, το οποίο είναι ανύπαρκτο στο καρστ ενώ η βλάστηση είναι καλά ανεπτυγμένη, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη καλλιεργειών, όπου οι κλίσεις το επιτρέπουν. Χαρακτηριστική είναι η ύπαρξη μικρών οικισμών οι οποίοι λείπουν από την προηγούμενη ζώνη.



## Πεδινή ζώνη.

Είναι η περιοχή βόρεια του νοητού άξονα που συνδέει τους οικισμούς Φουρνέ και Σκινέ. Το κεντρικό της τμήμα καταλαμβάνεται από την πεδινή έκταση του Βατόλακκου – Αλικιανού – Αγυιάς, η οποία περικλείεται από λοφώδεις εκτάσεις διαφορετικής λιθολογίας. Νότια και Δυτικά, συναντώνται λόφοι φυλλιτικής σύστασης, καθώς και το ασβεστολιθικό ύψωμα του Κουφού, από το οποίο παλαιότερα ανάβλυζαν οι πηγές των Βλυχάδων. Ανατολικά υπάρχει η ασβεστολιθική λοφώδης μάζα του Χοιροσπηλίου, ενώ βόρεια υπάρχουν λόφοι φυλλιτικοί αλλά και αντίστοιχοι που αποτελούνται από ιζήματα του Νεογενούς. Οι λόφοι αυτοί διασχίζονται από μια σχετικά «στενή» κοιλάδα (κοιλάδα Πατελαρίου), μήκους 3,5km και μέσου εύρους 400m, μέσα από την οποία περνά ο ποταμός Κερίτης, ο οποίος «αποστραγγίζει» όλη την περιοχή μελέτης.

Η πεδινή ζώνη καλύπτεται κατά πολύ μεγάλο ποσοστό από καλλιέργειες και αποφέρει πάνω από το μισό του συνολικού γεωργικού εισοδήματος του νομού.

### 2.2.4 Γεωλογία

#### Ενότητα Πλακωδών ασβεστόλιθων

Με τον όρο αυτό ονομάζεται ένα σύνολο πετρωμάτων, τα οποία στη βιβλιογραφία αναφέρονται και ως «Plattenkalk» ή «ενότητα Κρήτης – Μάνης» ή «σειρά Ταλαίων ορέων»<sup>(5)</sup>. Αποτελεί την κατώτερη ενότητα του νησιού, άρα και της περιοχής ενδιαφέροντος και δομεί τον πυρήνα των Λευκών Ορέων. Υποδιαιρείται σε διάφορες υποενότητες. Στην υπο μελέτη περιοχή εμφανίζονται οι τρεις τελευταίες υποενότητες. Η σειρά Γκιγκίλου, που ονομάζεται και «σύστημα υποκείμενο των Πλακωδών», εμφανίζεται νότια του οροπεδίου του Ομαλού με ορατό πάχος που δεν υπερβαίνει τα 10m. Αποτελείται από μικρού πάχους επαναλήψεις σχιστολιθικών πετρωμάτων με παρεμβολές ανθρακικών και κλαστικών ιζημάτων απροσδιορίστου ηλικίας. Η καθαυτού σειρά των Πλακωδών ασβεστόλιθων εμφανίζεται εκτενώς στο Ν. τμήμα της περιοχής και δομεί το μεγαλύτερο μέρος των Λευκών Ορέων. Πρόκειται για κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους πελαγικής φάσης καλώς εστρωμένους. Κατά θέσεις εμφανίζονται μάρμαρα χρώματος τεφρού. Χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι οι ενστρώσεις πυριτιολίθων μικρού πάχους που εμφανίζονται με αρκετά μεγάλη συχνότητα κυρίως στα μεσαία μέλη. Το γεγονός αυτό δρα ανασταλτικά στην καρστοποίηση του σχηματισμού. Κατά θέσεις, τα στρώματα παρουσιάζονται έντονα τεκτονισμένα ενώ έχουν εντοπιστεί τεκτονικά λατυποπαγή λόγω εσωτερικών λεπιώσεων. Χαρακτηριστική είναι η θέση «Παναγιά» κοντά στον οικισμό Δρακώνα Θερίσου, όπου οι Πλακώδεις ασβεστόλιθοι εμφανίζονται ως τεκτονικό παράθυρο. Η αναθόλωση αυτή είναι αποτέλεσμα ρηγματογόνου τεκτονικής. Ο έντονος βαθμός ανακρυστάλλωσης, έχει επιδράσει αρνητικά στην διατήρηση των απολιθωμάτων. Από αμμωνίτη που βρέθηκε στη βάση του σχηματισμού<sup>(5)</sup>, η έναρξη της ιζηματογένεσης τοποθετείται στο όριο Τριαδικού

– Ιουρασικού και συνεχίζεται σίγουρα μέχρι το τέλος του Καινοζωικού. Οι ασβεστοφυλλίτες που παρατηρούνται επάνω από τους Πλακώδεις ασβεστόλιθους αποτελούν ομαλή μετάβαση αυτών και χαρακτηρίζονται ως μεταφλύσσης. Έχουν πολύ μικρό πάχος που δεν ξεπερνά τα 50m. Η παραμόρφωση της ενότητας εκδηλώνεται με την εμφάνιση ισοκλινών ημιανεστραμμένων πτυχών με διεύθυνση αξόνων Α - Δ.

### **Ασβεστόλιθοι σειράς Τρυπαλίου.**

Η ενότητα αυτή έχει μεγάλη επιφανειακή εμφάνιση στο νότιο και ανατολικό τμήμα της περιοχής ενδιαφέροντος. Στην επαφή της με τους υπερκείμενους φυλλίτες στην περιοχή Μεσκλών καθώς και βορειότερα στην περιοχή Αγυιάς, έχουμε την εκδήλωση των ομώνυμων ομάδων πηγών με πολύ μεγάλες ετήσιες παροχές. Πρόκειται για μια ανθρακική ακολουθία ηλικίας Κ. – Μ. Τριαδικού, η οποία αποτελείται από ανακρυσταλλωμένους βιτουμενιούχους ασβεστόλιθους (συνήθως άστρωτους), δολομιτικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες με κυψελώδη υφή εντός της οποίας οι κυψέλες πληρώνονται με δολομιτική άλευρο. Οι ίδιοι οι ασβεστόλιθοι παρουσιάζουν έντονα λατυποπαγή χαρακτήρα με λατύπες από τους υποκείμενους Πλακώδεις ασβεστόλιθους και ασβεστιτική συνδετική ύλη. Στη βάση του σχηματισμού παρατηρούνται ενστρώσεις ψαμμιτών και χαρακτηριστικό λατυποπαγές, το οποίο προσδίδει έντονο επικλυσιογενή χαρακτήρα. Πάντως οι απόψεις των ερευνητών για το αν το Τρυπάλι είναι μια επωθημένη, ξεχωριστή ενότητα ή μια ενότητα που σχηματίστηκε στον ίδιο παλαιογεωγραφικό χώρο με τους Πλακώδεις ασβεστόλιθους, δίστανται. Το μέγιστο πάχος του σχηματισμού στην περιοχή μελέτης είναι 300m.

### **Σειρά Φυλλιτών–Χαλαζιτών.**

Τα πετρώματα της σειράς αυτής καταλαμβάνουν το κεντρικό και δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης, όλη δηλαδή την λοφώδη περιοχή που παρεμβάλλεται ανάμεσα στους Β. πρόποδες των Λευκών Όρεων και την πεδινή περιοχή Βατόλακκου – Αλικιανού – Αγυιάς. Στρωματογραφικά, διακρίνονται δύο κύριες ενότητες Η κατώτερη περιλαμβάνει γύψους, ραουβάκες, μελανούς δολομίτες και σκουρόχρωμους αργιλικούς σχιστόλιθους (5). Το ανώτερο μέρος περιλαμβάνει κλαστικά μετα-ιζήματα με εναλλαγές φυλλιτών και ενστρώσεις χαλαζιτών και χαλαζιακών μετα-κροκαλοπαγών. Η μεταμόρφωση της ενότητας έχει γίνει σε συνθήκες υψηλής πίεσης – χαμηλής θερμοκρασίας, οι οποίες μεταβάλλονται από την Α. προς τη Δυτ. Κρήτη. Η ηλικία της μεταμόρφωσης είναι Α. Ολιγοκαινική – Κ. Μειοκαινική. Η ηλικία όλου του σχηματισμού είναι ασαφής. Κάποιοι ερευνητές αναφέρουν Τριαδική ηλικία βάσει απολιθωμάτων, ενώ άλλοι προσδιορίζουν ανωπαλαιοζωική ηλικία έως σήμερα (5). Όλη η σειρά παρουσιάζεται έντονα

καταπονημένη και παραμορφωμένη με έντονες κατατμήσεις και πολλές πτυχές με ακανόνιστο προσανατολισμό. Το πάχος της ανέρχεται σε περίπου 200m.

### **Ενότητα Τρίπολης.**

Στην περιοχή μελέτης η ενότητα αυτή έχει πολύ μικρή επιφανειακή εξάπλωση. Εμφανίζεται στο βόρειο τμήμα, μεταξύ των οικισμών Πατελάρι και Λουτράκι, καθώς και στην περιοχή "Τρούλοι". Η στρωματογραφική κολόνα της ενότητας είναι μια νηριτική ανθρακική-δολομιτική ακολουθία ηλικίας Α. Τριαδικού - Α. Κρητιδικού. Τα κατώτερα μέλη συνίστανται από παχυστρωματώδεις δολομίτες και ασβεστόλιθους. Τα πετρώματα αυτά παρουσιάζονται έντονα καρστικοποιημένα και τεκτονισμένα στη βάση τους λόγω τριβής κατά τη διάρκεια της επώθησης. Τα ανώτερα μέλη είναι οι χαρακτηριστικοί για την ενότητα αυτή τεφρόμαυροι βιτουμενιούχοι ασβεστόλιθοι. Η ενότητα Τρίπολης εμφανίζεται είτε με τη μορφή τεκτονικών ρακών (υπολειμμάτων) κατευθείαν επάνω στους φυλλίτες, είτε σε θέσεις έντονης διάβρωσης των Νεογενών σχηματισμών με τη μορφή ενός είδους "παραθύρου".

### **Ιζήματα του Νεογενούς.**

Η επιφανειακή εξάπλωση των ιζημάτων αυτών περιορίζεται στις λοφώδεις εκτάσεις γύρω από το χωριό Πατελάρι στο βόρειο τμήμα της περιοχής. Όπως έχει διαπιστωθεί από γεωφυσικές έρευνες, (6) οι σχηματισμοί αυτοί εκτείνονται σε αρκετά μεγάλη έκταση κάτω από τις πιο σύγχρονες αποθέσεις προς νότο. Αποτελούνται από σειρά ιζημάτων, που ανάλογα με την προέλευση τους και τη στρωματογραφία τους χωρίζονται σε διάφορες υποενότητες. Σε γενικές γραμμές, τα ιζήματα που συναντώνται είναι τόσο υφάλμυροιλμναίοι, όσο και θαλάσσιοι σχηματισμοί. Οι αλλαγές των φάσεων οφείλονται στις έντονες γεωμορφολογικές διαταραχές, τις οποίες υπέστη ο χώρος κατά τη διάρκεια του Νεογενούς. Παρατηρούνται εναλλασσόμενα στρώματα άμμων, κροκαλοπαγών, ψαμμιτών, αργίλων, οριζόντες μάργων διαφόρων αποχρώσεων και μαργαϊκοί και λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι. Κατά θέσεις το πάχος τους είναι σημαντικό ξεπερνώντας τα 80m.

### **Τεταρτογενή ιζήματα (Διλλούβια).**

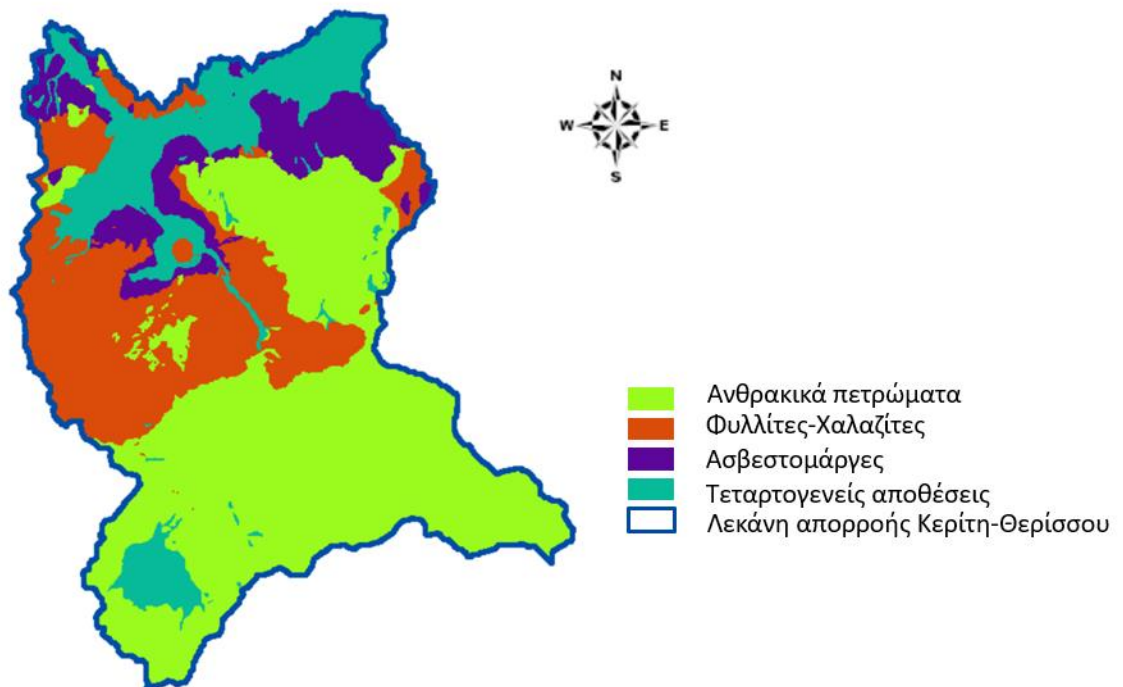
Εντοπίζονται στα Αν. και Δυτ. περιθώρια της πεδινής ζώνης (περιοχές Βατόλακκου – Αλικιανού - Σκινέ) και περιφερειακά της λοφώδους μάζας του Χοιροσπηλίου. Εμφανίζονται επίσης στο οροπέδιο του Ομαλού, αποτελώντας το στεγανό υπόβαθρο του φρεατίου οριζόντα που υπάρχει εντός των πιο σύγχρονων υπερκείμενων αποθέσεων (6). Πρόκειται για ερυθρούς σχηματισμούς χειμαρρώδους, ποτάμιας προέλευσης, οι οποίοι αποτελούνται από μάργες, ψαμμίτες, πηλούς, αργίλους και από κροκαλοπαγή με αργιλικό

συνδεδετικό υλικό και κροκάλες που προέρχονται από τη Φυλλιτική-Χαλαζιτική σειρά. Η ηλικία τους είναι Πλειστοκαινική, ενώ το πάχος ξεπερνά τα 100m σε ορισμένες θέσεις.

#### Τεταρτογενή ιζήματα (Αλλούβια).

Στην ουσία είναι ασύνδετα υλικά που αποτελούνται από άμμους, λατύπες ποικίλης σύστασης και αργίλους. Καταλαμβάνουν το κεντρικό τμήμα της πεδινής ζώνης, όπου έχουν αποθεθεί από τη δράση του υδρογραφικού δικτύου. Τα υλικά αυτά (σημαντικού πάχους) έχουν αποθεθεί επάνω στα σχετικά αδιαπέρατα ιζήματα του Νεογενούς και Τεταρτογενούς, με αποτέλεσμα να σχηματίζεται εκμεταλλεύσιμος φρεάτιος ορίζοντας.

Στην εικόνα 4, παρουσιάζονται οι γεωλογικοί σχηματισμοί της λεκάνης απορροής Κερίτη-Θερίσου.



Εικόνα 4: Γεωλογικοί σχηματισμοί στη λεκάνη απορροής του Κερίτη-Θερίσου

#### 2.2.5 Τεκτονική

Η περιοχή ενδιαφέροντος παρουσιάζεται αρκετά πολύπλοκη σε ότι αφορά την τεκτονική της δομή. Εκτός από τις τεκτονικές επαφές μεταξύ των διαφόρων ενοτήτων (επωθήσεις), υπάρχουν δομές που σχετίζονται με την εσωτερική παραμόρφωση της κάθε ενότητας (κυρίως πτυχές και ρηγματώσεις), και άλλες, ευρύτερης κλίμακας που επηρεάζουν περισσότερες των μια ενοτήτων (μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες). Η μόνη αναφορά

σε μεγάλης κλίμακας πτύχωση στην περιοχή, είναι αυτή των Krahl et. al. οι οποίοι υποστηρίζουν ότι η σειρά Τρυπαλίου είναι ένα τμήμα της ανθρακικής ακολουθίας στρωμάτων της ενότητας Φυλλιτών-Χαλαζιτών, που ανήκει στο ανεστραμμένο σκέλος μεγάλης ισοκλινούς πτυχής. Πέρα από τέτοιες μεμονωμένες απόψεις, δεν έχει πιστοποιηθεί ύπαρξη πτυχώσεων μεγάλης κλίμακας στην περιοχή. Αντίθετα, οι περισσότερες των ενοτήτων παρουσιάζουν εσωτερική πτύχωση, την οποία υπέστησαν σε κάποιες φάσεις της διαδρομής τους μέσα στον Αλπικό ορογενετικό χώρο, μέχρι να πάρουν τη σημερινή τους θέση. Η ενότητα των Πλακωδών ασβεστόλιθων εμφανίζεται πτυχωμένη με ισοκλινείς ημιανεστραμμένες πτυχές μικρής έως μεσαίας κλίμακας. Στην ευρύτερη περιοχή του νησιού, οι άξονες των πτυχών αυτών αναπτύσσονται κυρίως σε διεύθυνση Α-Δ. Στους ασβεστόλιθους του Τρυπαλίου λόγω του άστρωτου, λατυποπαγούς χαρακτήρα τους δεν διακρίνονται πτυχές. Αντίθετα η σειρά Φυλλιτών-Χαλαζιτών, λόγω της μεγάλης πλαστικότητας που εμφανίζει, υπέστη πτύχωση καθ' όλες τις διευθύνσεις.

#### 2.2.6 Ρήγματα

Τα σημαντικότερα ρήγματα της περιοχής έχουν προσδιοριστεί με τη βοήθεια προηγούμενων μελετών, γεωφυσικών ερευνών και επιτόπου παρατηρήσεων, και είναι τα ακόλουθα:

Στις Β. απολήξεις των Λευκών Ορέων υπάρχει σειρά ρηγμάτων με γενική διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, τα οποία φαίνεται να έχουν συμβάλει στην απότομη μορφολογική ανύψωση των Λευκών Ορέων. Κάποια από αυτά έχουν σημαντικό άλμα όπως αυτό που εκτείνεται από τον οικισμό της Ζούρβας μέχρι Νότια του οικισμού του Θερίσου. Μια άλλη ομάδα ρηγμάτων που διασχίζουν τη ζώνη του καρστ έχει γενική διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ. Χαρακτηριστικό είναι αυτό που περνά ανατολικά της κορυφής "Μελινταού" και καταλήγει στον οικισμό Μεσκλά.

Στην περιοχή από Φουρνέ έως Θέρισσο, παρατηρείται σειρά ρηγμάτων διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ τα οποία οριοθετούν την επαφή της ενότητας Φυλλιτών-Χαλαζιτών με τους υποκείμενους λατυποπαγείς ασβεστόλιθους της λοφώδους περιοχής του Χοιροσπηλίου. Η ίδια περιοχή στα Β και ΒΑ όρια της, οριοθετείται από ρήγμα διεύθυνσης σχεδόν Α-Δ.

Στην πεδινή ζώνη, λόγω κάλυψης από σύγχρονα ιζήματα, η παρατήρηση ρηγμάτων γίνεται δυσκολότερη. Υπάρχει μια μεγάλη ρηξιγενής ζώνη διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ σχεδόν κατά μήκος της ροής του Κερίτη. Το ρήγμα αυτό παρατηρείται στις ανατολικές κλυτείες της κοιλάδας Πατελαρίου να κόβει τους νεογενείς σχηματισμούς. Πιθανότατα <sup>(6)</sup> η ζώνη αυτή συνεχίζεται νοτιότερα περνώντας διαδοχικά από Αγυιά και Μυλωνιανά και ενώνεται με την ρηξιγενή ζώνη Φουρνέ-Θερίσου η οποία έχει ήδη αναφερθεί. Λόγω της διάρρηξης αυτής, η πεδινή ζώνη χωρίζεται σε Ανατολικό και Δυτικό τμήμα, με βύθιση του τελευταίου. Πολύ σημαντική είναι η ύπαρξη ρήγματος, μη ορατού

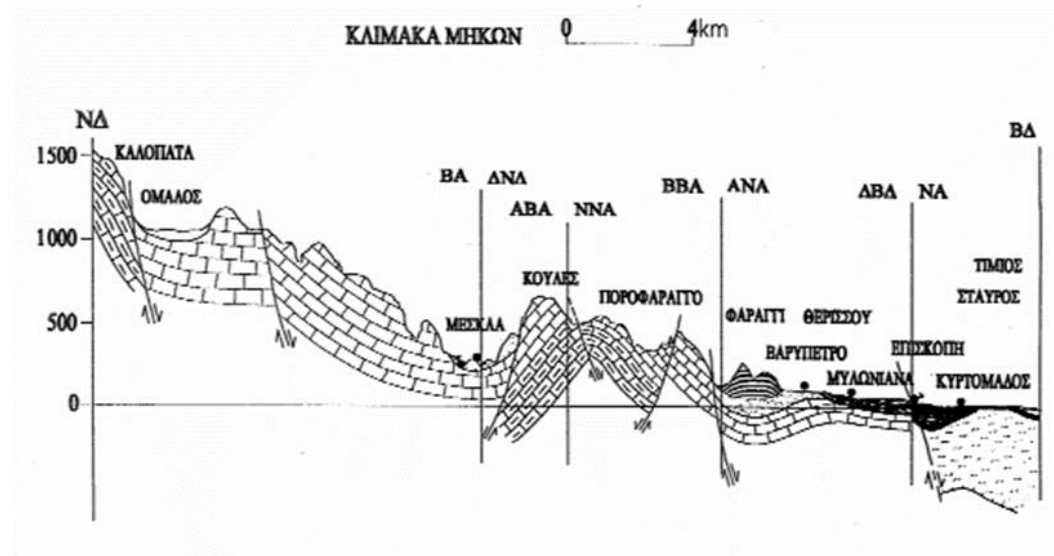
στην επιφάνεια, το οποίο έχει ανιχνευθεί από παλαιότερη γεωφυσική έρευνα. <sup>(6)</sup> Το ρήγμα αυτό με γενική διεύθυνση παράταξης ΑΒΑ-ΔΝΔ εντοπίζεται λίγο βορειότερα από τις πηγές της Αγυιάς και φέρνει σε επαφή τους λατυποπαγείς ασβεστόλιθους του Τρυπαλίου (νότιο τέμαχος) με τους αδιαπέρατους φυλλίτες, Εικόνα 5.

Το βόρειο τέμαχος παρουσιάζεται βυθισμένο και μάλιστα με σημαντικό άλμα. Η γεωλογική αυτή δομή είναι καθοριστική γιατί:

α) Δημιουργεί ένα αδιαπέρατο φυσικό φράγμα που εμποδίζει την άμεση εκφόρτιση του υπόγειου καρστικού υδροφορέα προς τη θάλασσα.

β) Έχει σαν αποτέλεσμα την ανάβλυση των πηγών Αγυιάς (Καλαμιώνας, Πλάτανος, Κολύμπα) με πολύ μμεγάλες παροχές νερού κατάλληλου για ύδρευση.

γ) Αποκλείει το ενδεχόμενο διείσδυσης θαλασσινού νερού σε περιόδους εντατικής άντλησης.



Εικόνα 5:Γεωλογική τομή της λεκάνης απορροής του ποταμού Κερίτη (Λιαλιάρης, 1996 κατά Μονόπωλης, 1996)

### 2.2.7 Δίκτυο NATURA2000

Το Δίκτυο Natura 2000 αποτελεί ένα Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο περιοχών, οι οποίες φιλοξενούν φυσικούς τύπους οικοτόπων και οικοτόπους ειδών, που είναι σημαντικοί σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Αποτελείται από δύο κατηγορίες περιοχών <sup>(7)</sup>:

- τις «Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ)» (Special Protection Areas - SPA) για την Οрниθοπανίδα, όπως ορίζονται στην Οδηγία 79/409/ΕΚ «για τη διατήρηση των άγριων πτηνών»
- τους «Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ)» (Sites of Community Importance – SCI) όπως ορίζονται στην Οδηγία 92/43/ΕΟΚ. Για τον προσδιορισμό των ΤΚΣ λαμβάνονται υπόψη οι τύποι οικοτόπων και τα είδη των Παραρτημάτων I και II της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ καθώς και τα κριτήρια του Παραρτήματος III αυτής.

Η Ελλάδα έχει χαρακτηρίσει σήμερα 202 Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) και 241 Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ). Οι δύο κατάλογοι περιοχών παρουσιάζουν μεταξύ τους επικαλύψεις όσον αφορά τις εκτάσεις τους.

Στην περιοχή μελέτης, οι περιοχές που ανήκουν στο Δίκτυο Natura 2000 είναι η λίμνη της Αγκυιάς με κωδικό GR4340020, η Λίμνη Αγκυιάς - Πλατανιάς - Ρέμα & Εκβολή Κερίτη-Κοιλάδα Φασά με κωδικό GR4340006, το Φαράγγι του Θερίσου με κωδικό GR4340007 ο Εθνικός Δρυμός Σαμαριάς με κωδικό GR4340014 και τα Λευκά Όρη & Παράκτια Ζώνη με κωδικό GR4340008. Στην Εικόνα 6, παρουσιάζονται οι περιοχές Natura στην λεκάνη απορροής.

➤ Είδη του οικοσυστήματος της Λίμνης της Αγκυιάς

Αν και η λίμνη της Αγκυιάς δεν είναι μια φυσική λίμνη, εμφανίζει μεγάλη ποικιλότητα υδρόβιων κοινοτήτων. Αποτελεί μια σημαντική περιοχή για υδρόβια πτηνά λευκοτσικνιάς (*Egretta garzetta*) και βαλτόπαπια (*Aythya nyroca*). Κύριες απειλές είναι η απομάκρυνση υδάτων, οι διάφορες υποδομές και η έντονη ανάπτυξη του τουρισμού.

➤ Είδη του οικοσυστήματος της Λίμνης-Κερίτη

- Σπιτόφιδο (Leopard snake - *Elaphe situla* (Linnaeus, 1758))
- Γραμμωτή νεροχελώνα (*Mauremys rivulata* (Valenciennes, 1833))
- Τρανορινόλοφος (Greater horseshoe bat - *Rhinolophus ferrumequinum* (Schreber, 1774))
- Lesser horseshoe bat - *Rhinolophus hipposideros* (Bechstein, 1800)
- *Woodwardia radicans* (L.) Sm.



Εικόνα 6: Γεωγραφική απεικόνιση των λεκανών απορροής Κερίτη-Θερίσου και οι αντίστοιχες περιοχές Natura <sup>(2)</sup>



### 3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ

#### 3.1 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Το υδρογραφικό δίκτυο ξεκινάει από το νότιο και υψηλότερο τμήμα της λεκάνης απορροής (περίπου 2000 μέτρα), τα Λευκά Όρη και εκβάλλει Βόρεια του οικισμού Πλατανιά. Στον ποταμό Κερίτη εκβάλλουν οι χείμαρροι Σκηγιανός, Βαλσαμιώτης, Φασάς και Μαύρος ποταμός. Επιπρόσθετα, εκβάλλει και η λίμνη της Αγυιάς, στην οποία εκφορτίζουν οι πηγές Καλαμιώνα-Κολύμπα-Πλάτανος που μαζί με τον Κερίτη συνθέτουν το πρωτεύον δίκτυο παροχέτευσης της υδρολογικής λεκάνης του. Η λεκάνη απορροής αυτή, είναι μία από τις σημαντικότερες υδρολογικές λεκάνες του νομού, λόγω της πλούσιας υδροφορίας της <sup>(8)</sup>. Στην λεκάνη απορροής βρίσκονται πολλές γεωτρήσεις και πηγάδια που εξυπηρετούν υδρευτικούς και αρδευτικούς σκοπούς της ευρύτερης περιοχής. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της λεκάνης απορροής του Κερίτη-Θερίσου εμφανίζουν διαφορετική υδρογεωλογική και υδραυλική συμπεριφορά λόγω των λιθολογικών και τεκτονικών χαρακτηριστικών τους, καθορίζοντας με αυτόν τον τρόπο το υδρολογικό καθεστώς της περιοχής μελέτης <sup>(3)</sup>. Η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από την παρουσία δύο κύριων βαθύτερων υδρογεωλογικών συστημάτων και ενός δευτερεύοντος επιφανειακού συστήματος. Το βαθύτερο, αντιπροσωπεύεται από διαπερατούς ανθρακικούς σχηματισμούς και εμφανίζεται στο νοτιοανατολικό τμήμα της λεκάνης απορροής κοντά στα χωριά Μυλωνιανά, Φουρνές, Μεσκλά <sup>(8)</sup>. Οι υπόγειες πηγές προέρχονται κυρίως από τον νοτιοδυτικό τομέα, όπου οι σχηματισμοί των ασβεστόλιθων επαναφορτίζονται κυρίως από τους ανθρακικούς ασβεστόλιθους των Λευκών Ορέων. Στο βόρειο τμήμα ο σχηματισμός των ανθρακικών πετρωμάτων διακόπτεται από ένα ρήγμα ανατολικό-δυτικό το οποίο προκαλεί τον σχηματισμό των καρστικών πηγών στην περιοχή της Αγυιάς (Καλαμιώνας, Πλάτανος, Κολύμπα). Το δεύτερο βασικό υδρογεωλογικό σύστημα είναι ένα αδιαπέρατο σύστημα φυλλιτών-χαλαζιτών, εκτείνεται στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης απορροής και πιο συγκεκριμένα στις περιοχές Λάκκου, Καράνου, Ορθούνη, Λαγγός, Σκηγιές και στα νότια τμήματα του Αλικιανού και του Βατολάκκου. Η προαναφερθείσα έκταση χαρακτηρίζεται από πλούσιο υδρογραφικό δίκτυο καθώς τα φυλλιτικά- χαλαζιακά πετρώματα αποτρέπουν την βροχόπτωση να εισχωρήσει στο έδαφος. Αυτό έχει ως απόρροια την ύπαρξη έντονης επιφανειακής απορροής και κατά συνέπεια τον σχηματισμό πλήθους χειμάρρων όπως ο Μαύρος ποταμός, ο Φασάς, ο Βαλσαμιώτης, ο Σκηγιανός και ο Αλικιανιώτης, οι οποίοι τροφοδοτούν το κύριο ρεύμα του ποταμού Κερίτη και συνενώνονται στο ύψος του Σκηγιέ-Αλικιανού. Οι πηγές των Μεσκλών τροφοδοτούνται από τους ασβεστόλιθους και την επιφανειακή απορροή επί των φυλλιτών του Κερίτη, αναβλύζοντας στις τοποθεσίες Παναγιά, Κεφαλοβρύσια και Νικολιανά, οι οποίες βρίσκονται νοτιοδυτικά του χωριού Μεσκλά. Το δευτερεύον υδρογεωλογικό σύστημα τεταρτογενών αποθέσεων που εκτείνεται βόρεια των φυλλιτών του κεντρικού τμήματος της λεκάνης απορροής Κερίτη, τροφοδοτείται από τις

επιφανειακές απορροές των φυλλιτών, καθώς και από τις υπόγειες πλευρικές απορροές ανατολικά της λεκάνης <sup>(3)</sup>. Είναι αξιοσημείωτη η αναφορά στις διαφορετικές ποιότητες και συστάσεις του νερού που μπορεί κανείς να συναντήσει σε αυτή την περιοχή. Δηλαδή, η σύσταση του νερού στην περιοχή Σκηνέ- Αλικιανού διαφέρει από την σύσταση του νερού στην περιοχή του Κουφού.

Όσον αφορά την υδρολογική λεκάνη Θερίσου ο συνολικός όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων που δέχεται η λεκάνη είναι περίπου 75 εκατ. m<sup>3</sup>, με μέσο ετήσιο ύψος βροχής 855 mm (στοιχεία ΥΕΒ). Υπάρχουν πλευρικές μεταγγίσεις από τα ανθρακικά πετρώματα που βρίσκονται νοτιότερα εκτός της λεκάνης Θερίσου, αλλά εντός της λεκάνης του Κερίτη.

Από μεταγενέστερη γεωφυσική έρευνα, στην λεκάνη απορροής του Κερίτη, <sup>(6)</sup> επισημαίνεται η παρουσία ρήγματος διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ στις δυτικές παρυφές της κοιλάδας Πατελαρίου, το οποίο φέρνει σε επαφή τους σχηματισμούς του Νεογενούς με το Φυλλιτικό-Χαλαζιτικό σύστημα.

Σύμφωνα με την Υδρογεωλογική-διαχειριστική μελέτη για την αναρρύθμιση των καρστικών πηγών Αγιάς, 2017, η τεκτονική αυτή ρηγμάτωση, προκαλεί την ύπαρξη μιας επιλεκτικής πορείας κάτω από το τεταρτογενές και από την κοίτη του ποταμού Κερίτη. Η επιλεκτική αυτή πορεία έχει ως συνέπεια τη τροφοδοσία των πηγών Πλάτανο/Κολύμπα από το καρστικό σύστημα των Μυλωνιωνών και τη τροφοδοσία της πηγής του Καλαμιώνα από το καρστικό σύστημα του Κουφού αντιστοίχως <sup>(3)</sup>. Σημαντικές διαφορές στην γεωχημική σύσταση μεταξύ των δύο συστημάτων καταγράφεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Σύγκριση της γεωχημείας των γεωτρήσεων

	TOEB Μυλωνιανών	Πηγή Πλατάνου ΔΕΥΑΧ	Πηγή Κολύμπας	Πηγή Καλαμιώνα	Γεώτρηση Κουφού
pH	8.0	7.8	7.8	7.6	7.6
EC (μS/cm)	269	291	556	1443	1358
Σκληρότητα (mg/l)	131	139	149	160	180
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	13.94	13.04	24.50	38.40	44.09
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	9.15	16.47	135.97	632.43	657.70
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0.66	0.55	0.32	0.43	2.10
N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	0.05	0.04	0.09	0.03	0.03
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	0.02	0.03	0.05	0.58	0.02
PHENOLS (ppm)	0.11	0.01	0.15	0.05	0.04
Na (ppm)	4.2	6.0	8.4	12.6	13.9
Mg (ppm)	5.0	8.4	13.2	33.7	34.5
K (ppm)	0.1	0.2	0.9	0.5	0.5
Ca (ppm)	22.2	30.4	43.5	126.1	147.9
Mn (ppb)	10.6	2.0	1.9	0.5	2.9
Fe (ppb)	1.7	18.9	10.6	20.3	25.8

Οι κύριες διαφορές μεταξύ των δύο συστημάτων είναι το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, τα χλωριόντα, τα θειικά, καθώς και ασβέστιο, μαγνήσιο και νάτριο Πίνακας 1.

Γενικά, η γεωχημεία του Καλαμιώνα (εκτός από τον Κουφό) δεν συναντάται πουθενά από τα Μεσκλά μέχρι τον Αλικιανό και τις γεωτρήσεις του τεταρτογενούς. Η δημιουργία αυτής της επιλεκτικής πορείας ενισχύεται από τις παρακάτω παρατηρήσεις. Αν θεωρήσουμε μία νοητή γραμμή που συνδέει τα καρστικά του Κουφού (τρίπολι με γύψο) με τον Καλαμιώνα, πιθανολογείται ότι υπάρχει μία ασυνέχεια στο τεταρτογενές διότι το βόρειο τμήμα δεν υπάρχει υδροφορία ενώ στο νότιο υπάρχει σταθερή υδροφορία που τροφοδοτείται από το καρστικό στο Σκινέ. Αυτή η ασυνέχεια πιθανόν σχετίζεται με την επιλεκτική πορεία της εκφόρτισης του καρστικού του Κουφού στον Καλαμιώνα και υποδηλώνει ότι τα δύο συστήματα είναι ανεξάρτητα. Τα δεδομένα στάθμης που πρόκειται να αντληθούν από τις γεωτρήσεις που θα γίνουν μεταξύ Καλαμιώνα και Πλατάνου-Κολύμπας θα επιβεβαιώσουν τελικά αν τα δύο αυτά συστήματα είναι ανεξάρτητα <sup>(3)</sup>.

#### 4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΙΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

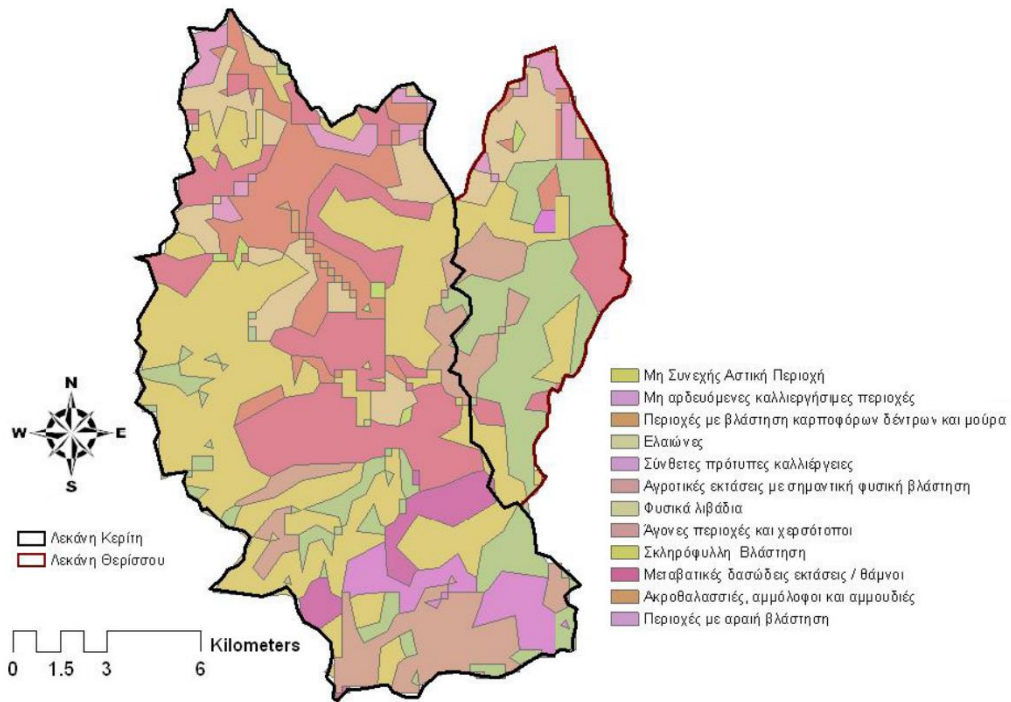
Στην παρούσα ενότητα, παρουσιάζονται τόσο τα απαραίτητα δεδομένα εισόδου που χρησιμοποιήθηκαν για την μοντελοποίηση της λεκάνης απορροής του Κερίτη- Θερίσου με το μοντέλο SWAT και το καρστικό μοντέλο όσο και τα δεδομένα του πεδίου που ήταν απαραίτητα για την βαθμονόμηση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του μοντέλου.

##### 4.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Για το «στήσιμο» του μοντέλου SWAT με την χρήση πλατφόρμας ArcGIS χρειάζεται το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM), οι χρήσεις γης και ο εδαφολογικός χάρτης. Για το ψηφιακό μοντέλο εδάφους χρησιμοποιήσαμε αυτό με ακρίβεια κλίμακας μεγέθους 25 m ανά pixel. Έτσι η χωρική κλίμακα είναι η αντίστοιχη του σχεδίου διαχείρισης της ΛΑΠ Κρήτης. Ο ψηφιακός χάρτης με τις χρήσεις γης είναι από το CORINE (Εικόνα 7) και τον ψηφιακό χάρτη εδαφών 1 km είναι από την «Εναρμονισμένη Παγκόσμια Βάση Δεδομένων Εδαφών» (Harmonized World Soil Database (HWSD) (FAO, 2008))

Στο μοντέλο εισήχθησαν υδρομετεωρολογικά δεδομένα (βροχόπτωση και θερμοκρασία) σε ημερήσιο βήμα καθώς και στατιστικά δεδομένα από ηλιακή ακτινοβολία, σχετικής υγρασία και ταχύτητας ανέμου . Τα διαθέσιμα ημερήσια δεδομένα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας προέρχονται συνολικά από 4 σταθμούς στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης απορροής, τον σταθμό του Αλικιανού, των Μεσκλών, του Ψυχρού πηγαδιού και του Αγροκηπίου. Η τοποθεσία των σταθμών αυτών σε σχέση με την υπό μελέτη λεκάνη παρουσιάζεται στην Εικόνα 8.

Η γενική χρονική κλίμακα προσομοιώσεων είναι ημερήσια και το ισοζύγιο προσφοράς - ζήτησης υπολογίζεται σε μηνιαία βάση και σε περιόδους αιχμής σε ημερήσια. Τέλος η κλίμακα ζήτησης ορίζεται η ζήτηση στα έργα «κεφαλής» των φορέων που έχουν θεσμοθετημένη χρήση (ΔΕΥΑΧ, ΟΑΚ, ΤΟΕΒ).



Εικόνα 7: Οι χρήσεις γης των λεκανών απορροής σύμφωνα με την βάση δεδομένων Corine 2000 <sup>(2)</sup>



Εικόνα 8: Τοποθεσία των μετεωρολογικών σταθμών σχετικά με την λεκάνη απορροής <sup>(9)</sup>

#### 4.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Βαθμονόμηση, είναι η διαδικασία προσαρμογής των τιμών των παραμέτρων του μοντέλου, έτσι ώστε τα δεδομένα που θα εξάγει να προσεγγίζουν όσο το δυνατόν καλύτερα τα πραγματικά δεδομένα (πειραματικές μετρήσεις, τιμές από μετρήσεις πεδίου κ.τ.λ) ενώ η επαλήθευση (validation) αναφέρεται σε μια διαδικασία αξιολόγησης μαθηματικών μοντέλων, ώστε να διαπιστωθεί αν τα αποτελέσματα που εξάγει το μοντέλο αποτελούν αντιπροσωπευτικές αναπαραστάσεις του συστήματος που προσομοιώνουν. Όσο πιο πολύπλοκο είναι ένα μοντέλο, τόσο πιο δύσκολο είναι να γίνει η προσομοίωση των δεδομένων με υψηλό βαθμό βεβαιότητας

Τα δεδομένα που ήταν διαθέσιμα για την βαθμονόμηση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του μοντέλου είναι παροχές ύδατος. Διαθέσιμες παροχές ύδατος, υπάρχουν για τον ποταμό Κερίτη καθώς και για τις πηγές της Αγυιάς (Πλάτανος, Κολύμπα, Καλαμιώνας) και των Μεσκλών.

Όσον αφορά την παροχή του ποταμού, υπολογίζεται με χρήση της μεθόδου χωρισμού της διατομής του ποταμού σε επιμέρους τραπέζια για τα οποία υπολογίζεται το εμβαδόν τους. Στη συγκεκριμένη διατομή του ποταμού η οποία προσπαθήσαμε να είναι ακριβώς η ίδια για όλη τη χρονική περίοδο συλλογής δεδομένων, μετρήσαμε το μήκος της διατομής και χωρίζαμε τη διατομή σε επιμέρους μήκη 0,5 m τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του εμβαδού του νερού (10). Επίσης, ανάλογα με το μήκος της διατομής του ποταμού (το οποίο αυξομειώνεται ανάλογα με τον όγκο των υδάτων που περνούν από το σημείο σε κάθε χρονική στιγμή) διαμορφώνεται και τα επιμέρους τραπέζια  $i$ . Συγκεκριμένα, η παροχή υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q = u \times A = \sum_{i=1}^n (u_i \times A_i)$$

Όπου,

$Q$ : η παροχή ποταμού για συγκεκριμένη διατομή,  $u_i$ : η ταχύτητα νερού για το τραπέζιο  $i$

Η ταχύτητα  $u_i$ , υπολογίζεται από μαθηματική σχέση η οποία συσχετίζει τις στροφές της φτερωτής μιλίσκου που μετρώνται για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (περίπου 20 δευτερόλεπτα για τη μεγάλη προπέλα και περίπου 40 δευτερόλεπτα για τη μικρή προπέλα)

$A$ : Εμβαδόν νερού για το τραπέζιο  $i$ . Το συγκεκριμένο εμβαδόν υπολογίζεται από τη σχέση:

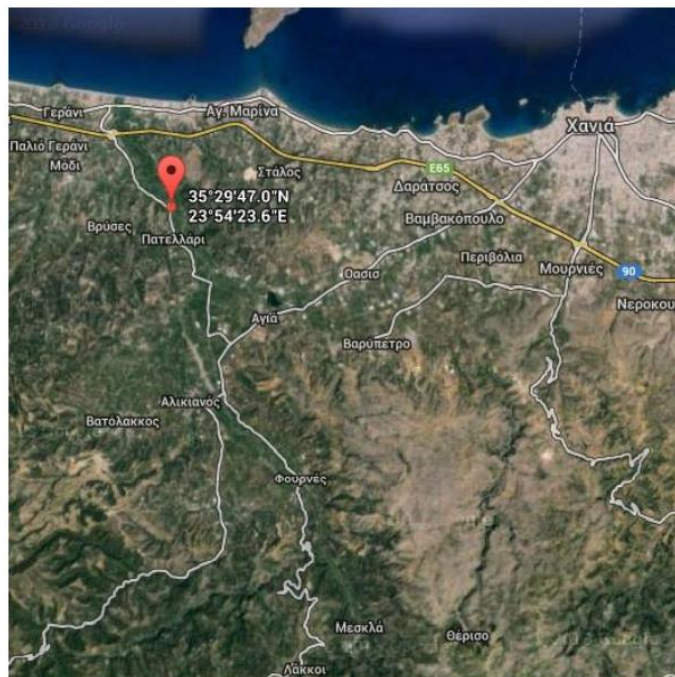
$$A_i = \frac{1}{2} \times \left( \frac{h_{i-1} + h_i}{2} + \frac{h_i + h_{i+1}}{2} \right) \times x_i$$

Όπου,

$\left( \frac{h_{i-1} + h_i}{2} + \frac{h_i + h_{i+1}}{2} \right)$ : το άθροισμα των μέσων σταθμών κάθε παράλληλης πλευράς του τραpezίου  $i$ . Οι στάθμες μετρούνται με το χάρακα που υπάρχει πάνω στην κάθετη ράβδο του μιλίσκου.

$x$  : Μήκος του τραπεζιού  $i$ , ορίζεται 0,5m. Το μήκος μετριέται με ταινία μέτρησης. Η στάθμη του ποταμού μετριέται με χρήση του χάρακα του troll station. Ο προαναφερόμενος χάρακας βρίσκεται μόνιμα τοποθετημένος στην όχθη του ποταμού στην οποία βρίσκεται ο υδρολογικός σταθμός.

Η θέση του σταθμού (βορειοδυτικά της Λίμνης Αγυιάς και νότια του Πλατανιά) είναι σημαντική, καθώς βρίσκεται σε μια από τις τελευταίες υπολεκάνες που διασχίζει ο ποταμός Κερίτης πριν φθάσει στις εκβολές του, στον Πλατανιά. Αυτό σημαίνει ότι ο σταθμός λαμβάνει και καταγράφει δείγματα νερού το οποίο προέρχεται από την επιφανειακή ροή, από τις εκφορτίσεις των πηγών Αγυιάς και από τις εκφορτίσεις των πηγών Μεσκλών. Κατά συνέπεια, ο συγκεκριμένος σταθμός είναι αυτός που επιλέγεται να προσομοιώσει το συνολικό σύστημα του Κερίτη (σύστημα καρστικών σχηματισμών και υδρολογικό σύστημα όπως ορίζεται από το SWAT). Η θέση του σταθμού παρουσιάζεται στην Εικόνα 9. Ο σταθμός αυτός λειτούργησε για δύο έτη, από τον Δεκέμβριο του 2012 μέχρι τον Ιούνιο του 2013 και από τον Δεκέμβριο του 2014 μέχρι τον Ιούνιο του 2015. Στην εικόνα 10, απεικονίζεται η τοποθεσία των πηγών της Αγυιάς Καλαμιώνας, Πλάτανος, Κολύμπα ενώ στις εικόνες 11 και 12 παρατίθενται φωτογραφίες από τις πηγές Κολύμπα και Καλαμιώνα αντίστοιχα.



Εικόνα 9: Χωρική τοποθέτηση του σταθμού μέτρησης στον ποταμό Κερίτη <sup>(10)</sup>

Για τις πηγές των Μεσκλών, υπάρχουν δεδομένα από 9/1/78 έως 8/1/2005 ενώ όσον αφορά τις πηγές της Αγυιάς υπάρχουν δεδομένα από 9/1/78 έως 8/1/1985. Σε αυτή την περίπτωση, αυτά αναφέρονται στο σύνολο των πηγών της δηλαδή στη Κολύμπα, Πλάτανος και Καλαμιώνας. Μεμονωμένα για την πηγή του Καλαμιώνα, υπάρχουν

δεδομένα από 9/1/1971 έως 8/1/1979. Τέλος, από το έτος 2018 έως και σήμερα υπάρχουν δεδομένα υπερχειλίσεων της τεχνητής λίμνης της Αγυιάς στην οποία καταλήγουν οι πηγές του Πλατάνου και της Κολύμπας.



Εικόνα 10: Τοποθεσία των πηγών της Αγιά<sup>(9)</sup>





Εικόνα 11: Πηγή Καλαμώνα<sup>(9)</sup>



Εικόνα 12: Πηγή Κολύμπα<sup>(9)</sup>

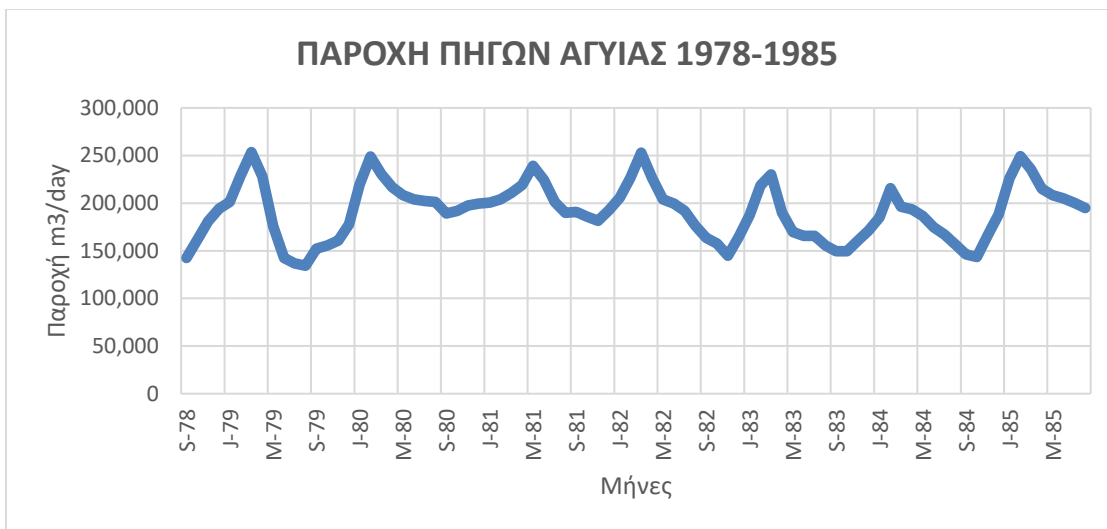
Τα δεδομένα παροχών πεδίου που είναι διαθέσιμα για την βαθμονόμηση του μοντέλου παρουσιάζονται στα διαγράμματα 3 ως 8. Το διάγραμμα 3 παρουσιάζει την διακύμανση των πηγών των Μεσκλών (1978-2005), με την μέγιστη τιμή να ανέρχεται στα  $3.64 \times 10^5 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}$  τον Φεβρουάριο του 1985 και την ελάχιστη να αγγίζει περίπου τα  $550 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}$  τον Οκτώβριο του 1990.

Στο διάγραμμα 4, παρουσιάζεται η συνολική παροχή από τις πηγές της Αγυιάς (Πλάτανος-Κολύμπα και Καλαμιώνας). Σύμφωνα με το διάγραμμα φαίνεται ότι οι ποσότητες νερού που εκφορτίζονται από την Αγυιά παρουσιάζουν μικρές διακυμάνσεις ανάμεσα στο χειμώνα και το καλοκαίρι. Οι μεγάλες ποσότητες νερού που εκρέουν από τις πηγές της Αγυιάς τόσο το χειμώνα (φόρτιση του καρστ από τις βροχοπτώσεις και χιονοπτώσεις), όσο και το καλοκαίρι υποδεικνύουν ότι υπάρχει μεγάλος όγκος νερού σε μόνιμο απόθεμα.

Η μέγιστη παροχή του συνόλου των πηγών της Αγυιάς ανέρχεται στα  $2.54 \times 10^5 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}$  τον Μάρτιο του 1979 και η ελάχιστη  $1.34 \times 10^5 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}$  τον Απρίλιο του 1979.

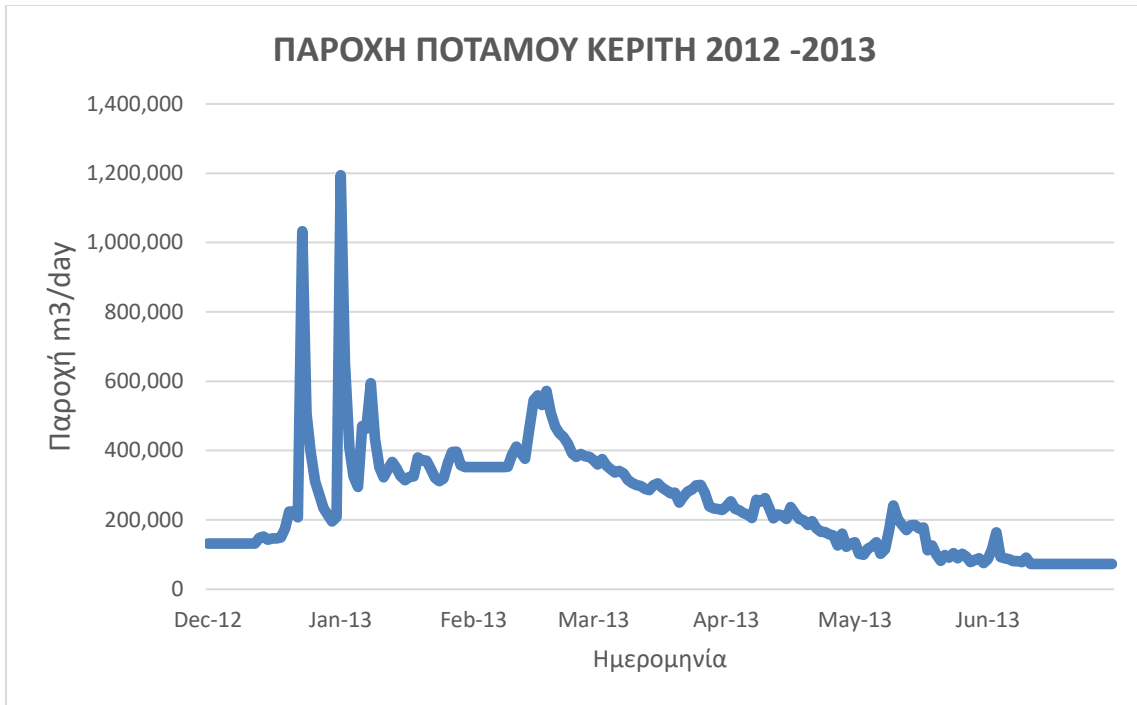


Διάγραμμα 3: Δεδομένα πεδίου για τις πηγές των Μεσκλών για τα έτη 1978-2005

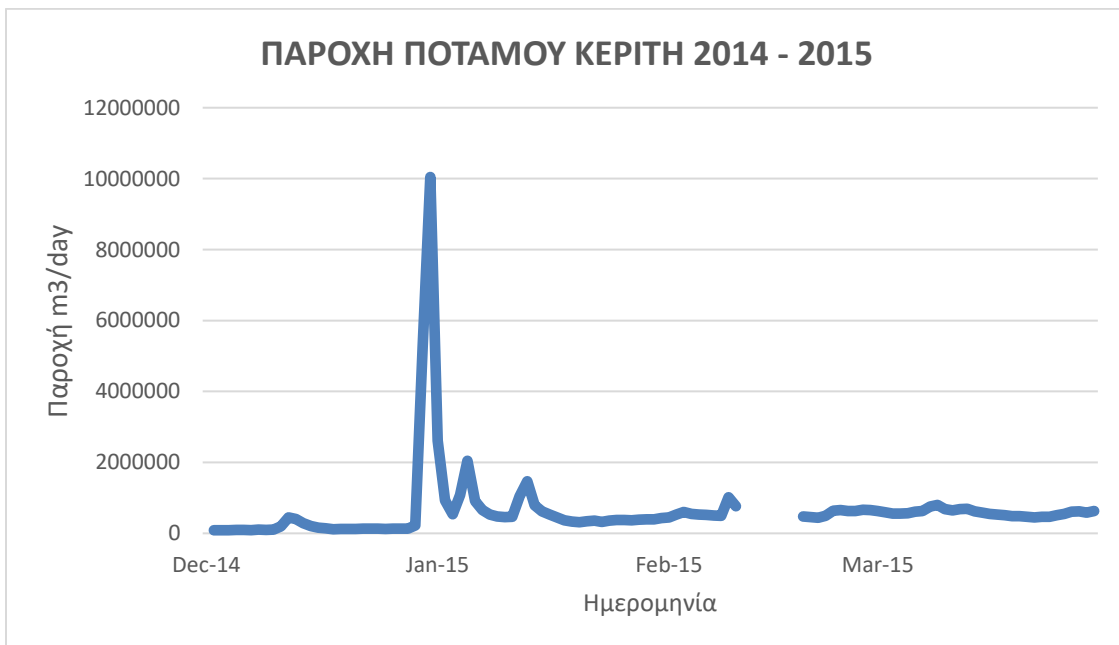


**Διάγραμμα 4: Δεδομένα πεδίου για τις πηγές της Αγυιάς για τα έτη 1978-1985**

Το Πολυτεχνείο Κρήτης κατασκεύασε σταθμό μέτρησης της παροχής στο ποταμό Κερίτη, στη θέση ανάντη από το Πατελάρι στο οποίο μέτραγε την στάθμη του ποταμού καθώς και σημειακές μετρήσεις παροχής με μυλίσκο για να προσδιορίζει την σχέση στάθμης - παροχής. Τα διαγράμματα 5 και 6 παρουσιάζουν την επιφανειακή απορροή του ποταμού Κερίτη το 2012-2013 και 2014-2015 αντίστοιχα. Ο σταθμός καταστράφηκε σε ένα πλημμυρικό φαινόμενο και εγκαταλείφθηκε. Η μέγιστη πλημμυρική απορροή είχε τιμή  $1.19 \times 10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}$  τον Ιανουάριο του 2013, ενώ η ελάχιστη παροχή ύδατος ήταν  $7.3 \times 10^4 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}$  τον Ιούνιο του 2013.



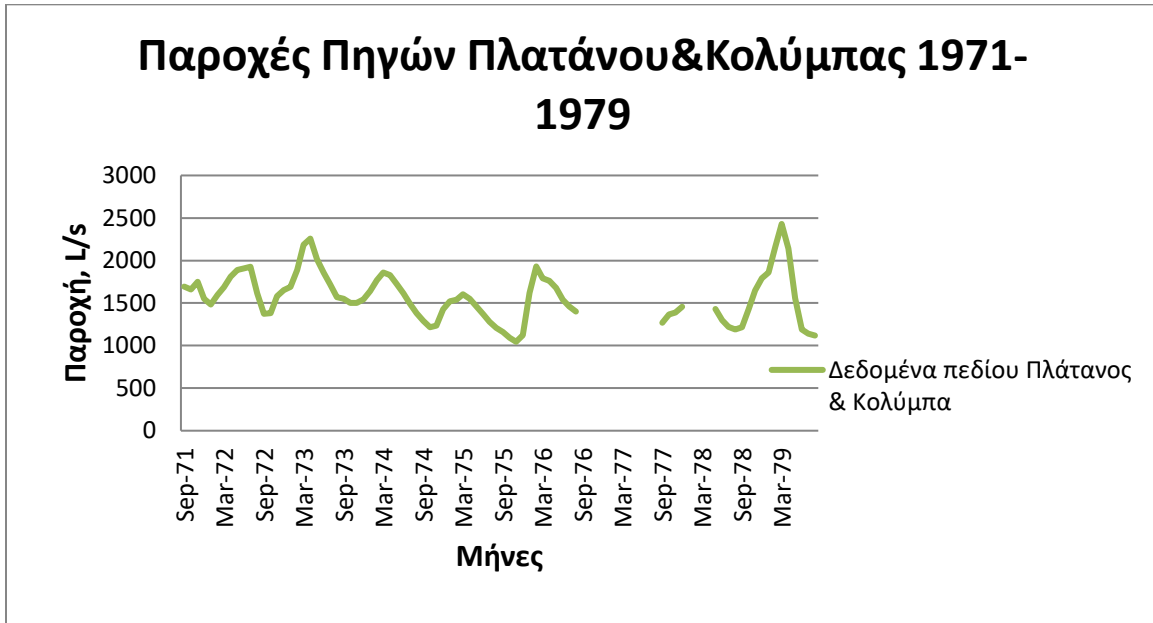
Διάγραμμα 5: Δεδομένα πεδίου για τον ποταμό Κερίτη για τα έτη 2012-2013



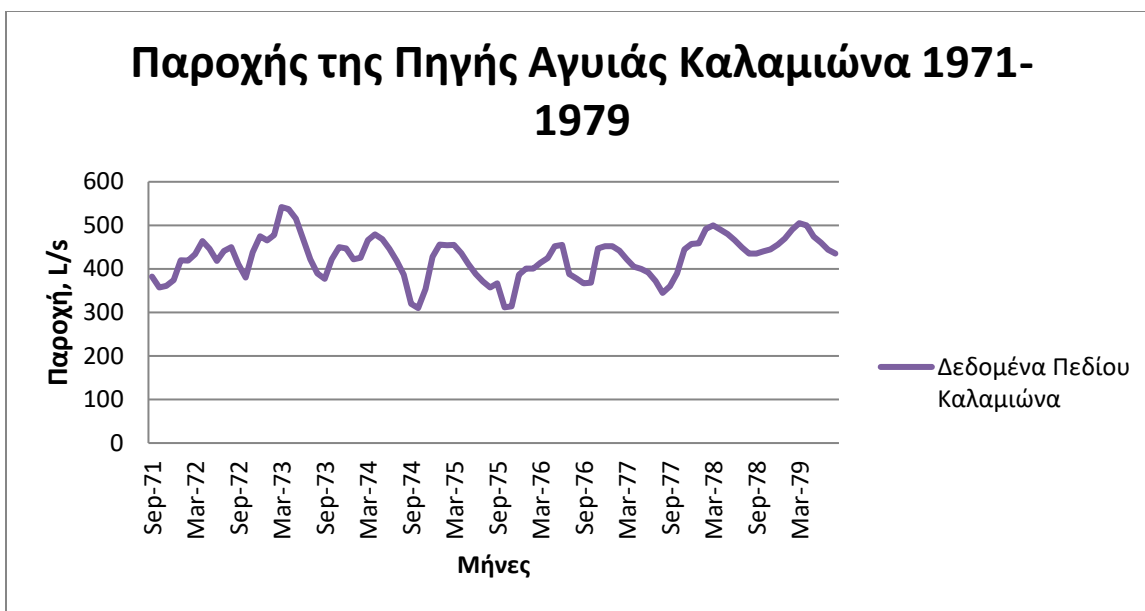
Διάγραμμα 6: Δεδομένα πεδίου για τον ποταμό Κερίτη για τα έτη 2014-2015

Στο διάγραμμα 7, παρουσιάζονται οι παροχές νερού που εκφορτίζονται από τις πηγές της Αγυιάς, Κολύμπα και Πλάτανος οι οποίες έχουν μικρές διακυμάνσεις ανάμεσα στο χειμώνα και το καλοκαίρι. Οι μεγάλες ποσότητες νερού που εκρέουν από τις παραπάνω

πηγές τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι υποδεικνύουν ότι υπάρχει όγκος νερού σε μόνιμο απόθεμα. Η μέγιστη παροχή ύδατος των πηγών Κολύμπα και Πλάτανος ανέρχεται περίπου στα  $2.54 \times 10^3 \frac{L}{s}$  τον Μάρτιο του 1979 και η ελάχιστη  $1.05 \times 10^3 \frac{L}{s}$  τον Απρίλιο του 1979. Στο διάγραμμα 9, απεικονίζεται η διακύμανση της παροχής της πηγής του Καλαμιώνα. Και σε αυτήν τη πηγή, παρατηρείται ότι υπάρχει μόνιμο απόθεμα. Η ελάχιστη τιμή της παροχής ύδατος είναι  $310 \frac{L}{s}$  τον Οκτώβριο του 1974 και η μέγιστη τιμή  $542 \frac{L}{s}$  τον Μάρτιο του 1973.



Διάγραμμα 7: Δεδομένα πεδίου για τις πηγές του Πλατάνου και της Κολύμπας για τα έτη 1971-1979



Διάγραμμα 8: Δεδομένα πεδίου για την πηγή της Αγιάς Καλαμιώνα για τα έτη 1971-1979

#### 4.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΕΡΓΩΝ-ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ

Η λεκάνη Κερίτη – Θερίσου λόγω της πλούσιας υδροφορίας της τροφοδοτεί με μεγάλες ποσότητες νερού τις υδρευτικές και αρδευτικές ανάγκες μεγάλου μέρους του Νομού Χανίων. Το μεγαλύτερο μέρος του υδατικού δυναμικού προέρχεται από την καρστική υδροφορία της Αγιάς που αποτελεί και τον σημαντικότερο υδατικό πόρο της περιοχής.

Τα υφιστάμενα έργα της περιοχής αποτελούνται από την υδρομάστευση των πηγών του Πλατάνου, της Κολύμπας και του Καλαμιώνα και τις γεωτρήσεις της ΔΕΥΑΧ, του ΟΑΚ και του ΤΟΕΒ. Ο Πίνακας 2, παρουσιάζει τις συντεταγμένες των γεωτρήσεων της ΔΕΥΑΧ, του ΟΑΚ και του ΤΟΕΒ ενώ ο Πίνακας 3 τις συντεταγμένες των προαναφερόμενων πηγών. Η ΔΕΥΑΧ αντλεί νερό από την πηγή του Πλατάνου το οποίο μεταφέρεται στην κεντρική δεξαμενή Χανίων απ’ όπου διατίθεται για την ύδρευση της πόλης και από τις γεωτρήσεις GO1 (Γ121 ή Πάνω1), GO2 (Γ122 ή Πάνω2), GO3 (Δ1 ή Παλιά ΔΕΥΑΧ), GO4 (Γ124 ή Πάνω3), GO5 (Γ119 ή ΔΕΥΑΧ Πόρτα) και τη γεώτρηση Αγιά Πηγάδι για να καλύψει τις ανάγκες της πόλης των Χανίων που ανέρχονται περίπου στα 9 Mm<sup>3</sup>. Πριν ενεργοποιηθούν όλες οι παραπάνω γεωτρήσεις, πριν το 2018 η ΔΕΥΑΧ αγόραζε επιπλέον νερό από τις γεωτρήσεις των Μυλωνιανών του ΟΑΚ. Η ποσότητα αυτή εκτιμάται σε 2 Mm<sup>3</sup> ετησίως. Οι Εικόνες 13 και 14, παρουσιάζουν την χωροθέτηση των γεωτρήσεων και των πηγών στη περιοχή που αποτελούν τα υφιστάμενα υδροληπτικά έργα ενώ στις εικόνες 15 έως 21 παρουσιάζεται η φωτογραφική απεικόνιση των γεωτρήσεων.

Ο ΟΑΚ στην περιοχή των Μυλωνιανών διαθέτει τις γεωτρήσεις M1, M2, M5, M6, M7, M8 και MD με το συνολικό δυναμικό των γεωτρήσεων αυτών να είναι 4750 m<sup>3</sup>/hr (οι M1, M2, M7 και M8 1000 m<sup>3</sup>/h η κάθε μία, η MD 500 m<sup>3</sup>/hr και η M5 250 m<sup>3</sup>/hr), με πτώση

στάθμης λιγότερη από 1 m είναι από τις μεγαλύτερες στον Ελληνικό χώρο. Οι γεωτρήσεις Μυλωνιανών έχουν διανοιχτεί 2 km νοτίως των πηγών της Αγυιάς και αντλούν από τον ίδιο καρστικό υδροφορέα. Ο λατυποπαγής χαρακτήρας των ασβεστόλιθων σε συνδυασμό με την τεκτονική και τις ιδιότητες του υδροφορέα της περιοχής έχουν ως αποτέλεσμα οι γεωτρήσεις αυτές να παρουσιάζουν αξιόλογη δυναμικότητα. Η κύρια περίοδος λειτουργίας των γεωτρήσεων είναι από τον Μάιο έως τον Νοέμβριο. Ετησίως υπολογίζεται ότι αντλούνται περίπου 14 Mm<sup>3</sup> νερού το χρόνο από τα οποία το μεγαλύτερο ποσοστό χρησιμοποιείται για αρδεύσεις ενώ ένα ποσοστό χρησιμοποιείται για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών κατά τους θερινούς μήνες. Ο ΤΟΕΒ Βαρυπέτρου αντλεί νερό από την πηγή της Κολύμπας, το οποίο χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την άρδευση 12.000 στρεμμάτων και διαθέτει 2 γεωτρήσεις, την γεώτρηση Χειμαδιό και την Μ10. Οι αντλήσεις πραγματοποιούνται κυρίως κατά το διάστημα Απριλίου – Σεπτεμβρίου και η ετήσια ποσότητα άντλησης εκτιμάται σε 4 Mm<sup>3</sup>. Τόσο η γεώτρηση Μ6 του ΟΑΚ όσο και η γεώτρηση Μ10 του ΤΟΕΒ έχουν διανοιχτεί αλλά δεν είναι σε λειτουργία. Στον ΟΑΚ ανήκει ένα αντλιοστάσιο το οποίο βρίσκεται κοντά στον οικισμό Πατελάρι και αντλεί νερό από την λίμνη της Αγυιάς και την πηγή του Καλαμιώνα. Οι αντλήσεις λειτουργούν κυρίως κατά τους μήνες Απρίλιο έως Νοέμβριο και η συνολική ετήσια ποσότητα άντλησης είναι 6.3 Mm<sup>3</sup>. Η ποσότητα αυτή χρησιμοποιείται για την άρδευση και ύδρευση της περιοχής του Κολυμβαρίου.

Στους πίνακες 4, 5, 6 έχουν καταγραφεί οι ετήσιες ποσότητες άντλησης από τους παραπάνω φορείς ενώ στον πίνακα 7 η ετήσια ποσότητα άντλησης ανά γεώτρηση. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι αντλούμενες ποσότητες ύδατος δεν αποτελούν εκτιμήσεις των φορέων αλλά καταγεγραμμένες τιμές. Πιο συγκεκριμένα, τόσο από τον ΟΑΚ όσο και από τη ΔΕΥΑΧ δόθηκαν οι συνολικές ώρες λειτουργίας κάθε γεώτρησης και η δυναμικότητες αυτών. Η συνολική χρήση του νερού από τις πηγές από την ΔΕΥΑΧ μετά το έτος 2017 είναι κατ' εκτίμηση οι ετήσιες ποσότητες των 9 Mm<sup>3</sup> και από τον ΤΟΕΒ 3.5 Mm<sup>3</sup>.

Για να υπολογιστεί η συνολική εκφόρτιση των πηγών της Αγυιάς, η ΔΕΥΑΧ σε συνεργασία με τον ΟΑΚ δημιούργησαν ένα δίκτυο σταθμών που μετρούν την υπερχειλίση στις πηγές Κολύμπα- Πλάτανος- Καλαμιώνα (για την πηγή του Καλαμιώνα υπάρχουν δεδομένα από το έτος 2022), την υπερχειλίση της (Γέφυρας) της λίμνης της Αγυιάς και τον αγωγό που τροφοδοτεί τον ΤΟΕΒ Βαρυπέτρου. Ο αγωγός τους χειμερινούς μήνες μετράει την υπερχειλίση από τον αγωγό στη λίμνη και το καλοκαίρι τις αντλήσεις του ΤΟΕΒ Βαρυπέτρου επιβεβαιώνοντας έτσι τις μετρήσεις παροχής στον αγωγό της πηγής της Κολύμπας που τροφοδοτεί με βαρύτητα τον ΤΟΕΒ. Τα δεδομένα του αγωγού αυτού (Πίνακας 8) επιμερίστηκαν τους χειμερινούς μήνες (Νοέμβριο με Μάρτιο) στην υπερχειλίση στη λίμνη της Αγυιάς, και τους υπόλοιπους μήνες στη χρήση νερού του ΤΟΕΒ. Ο υπολογισμός των παροχών υπερχειλίσης των πηγών, από την Κολύμπα, τον Πλάτανο

καθώς και από την θέση Γέφυρα που είναι η υπερχειλίση της λίμνης της Αγυιάς πραγματοποιήθηκε με την μέτρηση της στάθμης και χρησιμοποιώντας την εξίσωση προσδιορισμού της παροχής με βάση τις διατομές της υπερχειλίσης.

Καταλήγοντας, τα δεδομένα αυτά μας επιτρέπουν να εκτιμήσουμε τις σημερινές ετήσιες παροχές των πηγών της Αγυιάς οι αντλήσεις του ΟΑΚ (14 Mm<sup>3</sup>), της ΔΕΥΑΧ (9 Mm<sup>3</sup>) και του ΤΟΕΒ (3.5 Mm<sup>3</sup>), σύνολο 26.5 Mm<sup>3</sup>, καθώς και οι υπερχειλίσεις από την πηγή του Πλατάνου (8 Mm<sup>3</sup>), της Κολύμπας (14.7 Mm<sup>3</sup>) και του αγωγού του ΤΟΕΒ (2.5 Mm<sup>3</sup>), σύνολο 25.2 Mm<sup>3</sup>. Συνοπτικά, οι πηγές Κολύμπα και Πλάτανος εκφορτίζουν περίπου 49.2 Mm<sup>3</sup> το χρόνο. Σε αυτό, αν προσθέσουμε και την πηγή του Καλαμιώνα στην οποία δεν υπάρχουν ακόμα μετρήσεις εκτός του ότι ο ΟΑΚ τους καλοκαιρινούς μήνες αντλεί 6.3 Mm<sup>3</sup> το χρόνο. Με βάση τα δεδομένα από τις μετρήσεις της δεκαετίας του 1970, ο Καλαμιώνας εκφορτίζει περίπου 14 Mm<sup>3</sup> το χρόνο. Η συνολική άντληση κυμαίνεται μεταξύ 23 Mm<sup>3</sup>/yr και 31 Mm<sup>3</sup>/yr ενώ η συνολική αναρρύθμιση των πηγών της Αγυιάς Πλατάνου και Κολύμπας τα δύο τελευταία χρόνια ανέρχεται στα 27 Mm<sup>3</sup> το χρόνο.

Οι πηγές των Μεσκλών χρησιμοποιούνται για την ύδρευση των Μεσκλών και της πόλης των Χανίων κατά την περίοδο Νοέμβριο έως Απρίλιο και για την άρδευση 5000 στρεμμάτων των περιοχών Μεσκλά, Φουνέ και Αλικιανού. Επιπλέον, ο ΟΑΚ έχει κατασκευάσει αγωγό βαρύτητας διαμέτρου 1000mm για την μεταφορά νερού στην δεξαμενή 2.Δ1 Μυλωνιανών.

Στον προσχωματικό υδροφορέα του Κερίτη λειτουργεί ένας μεγάλος αριθμός κοινοτικών και ιδιωτικών υδρογεωτρήσεων. Από αυτές, 16 ανήκουν στις ΤΟΕΒ. Η συνολική ποσότητα αντλήσεων από τις ΤΟΕΒ είναι 7.25 Mm<sup>3</sup> ετησίως ενώ από τις ιδιωτικές εκτιμάται ότι αντλούνται 2.5 - 3 Mm<sup>3</sup> ετησίως. Οι πηγές του Κουφού είναι πλήρως αναρρυθμισμένες και τα τελευταία χρόνια δεν παρουσιάζουν καθόλου ροή. Οι 9 γεωτρήσεις των πηγών αντλούν ετησίως 3.5 Mm<sup>3</sup> κατά την αρδευτική περίοδο.



Πίνακας 2: Συντεταγμένες γεωτρήσεων ΔΕΥΑΧ, ΟΑΚ & ΤΟΕΒ

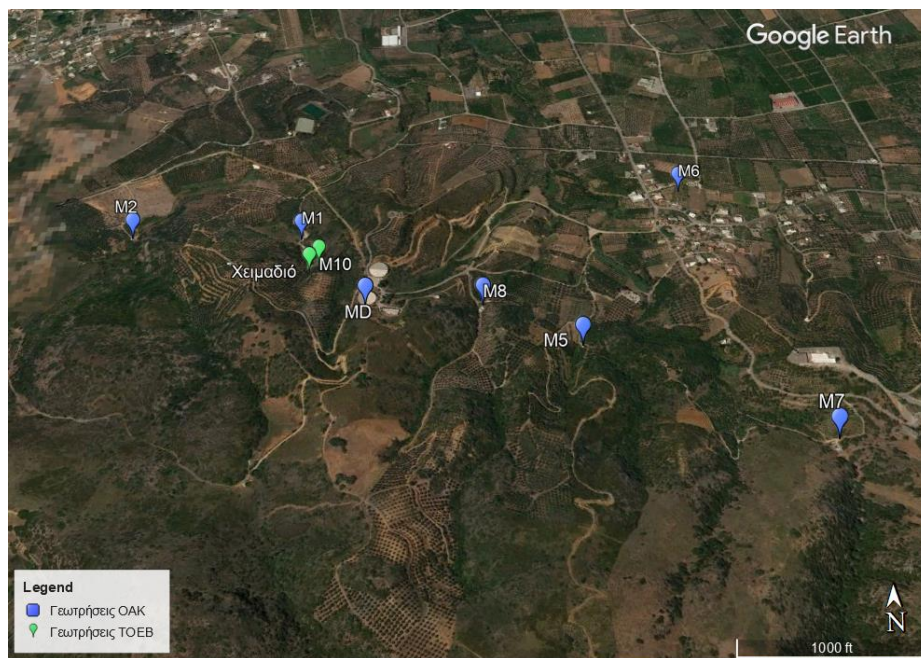
Συντεταγμένες Γεώτρηση	Γεωγραφικό πλάτος	Γεωγραφικό μήκος
<b>ΔΕΥΑΧ</b>		
GO5 (Γ119 ή ΔΕΥΑΧ πόρτα)	35.4737	23.9351
Αγυιά Πηγάδι	35.4736	23.9325
GO4 (Γ124 ή Πάνω 3)	35.4736	23.9341
GO3 (Δ1 ή Παλαιά ΔΕΥΑΧ)	35.4743	23.9346
GO2 (Γ122 ή Πάνω 2)	35.4735	23.9345
GO1 (Γ121 ή Πάνω 1)	35.4735	23.9346
<b>ΟΑΚ</b>		
M8	35.464	23.9438
M7	35.4608	23.9512
M6	35.4607	23.9490
M5	35.463	23.946
M2	35.4659	23.9352
M1	35.4659	23.9393
MΔ	35.4638	23.9411
<b>ΤΟΕΒ</b>		
ΧΕΙΜΑΔΙΟ	35.4651	23.9396
M10	35.4653	23.9398

Πίνακας 3: Συντεταγμένες πηγών

Φορέας διαχείρισης	Όνομασία	Γεωγραφικό πλάτος	Γεωγραφικό μήκος
ΟΑΚ	Καλαμιώνας	35.47619	23.92899
ΔΕΥΑΧ	Πλάτανος	35.4745	23.9333
ΤΟΕΒ	Κολύμπα	35.47417	23.93114



Εικόνα 13::Χωροθέτηση γεωτρήσεων και πηγών περιμετρικά της λίμνης της Αγιάς



Εικόνα 14:Χωροθέτηση γεωτρήσεων στην ευρύτερη περιοχή της Αγιάς



Εικόνα 15: Γεώτρηση GO1



Εικόνα 16: Γεώτρηση GO1



Εικόνα 17:Γεώτρηση GO2



Εικόνα 18:Γεώτρηση GO3



Εικόνα 19: Γεώτρηση GO3



Εικόνα 20: Γεώτρηση GO4



Εικόνα 21:Γεώτρηση Πηγάδι

Πίνακας 4:Ετήσια ποσότητα άντλησης σε [Μm] <sup>^</sup>Ζαπό τον Τ.Ο.Ε.Β.

ΕΤΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΥΒΙΚΩΝ
2009	5.4
2010	5.9
2011	4.0
2012	5.0
2013	5.4
2014	5.0
2015	4.0
2016	4.7
2017	3.8
2018	3.6
2019	3.8

Πίνακας 5:Ετήσια ποσότητα άντλησης σε Mm<sup>3</sup> από την Δ.Ε.Υ.Α.Χ

ΕΤΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΥΒΙΚΩΝ
2009	8.3
2010	7.9
2011	8.6
2012	*8.5
2013	**8.9
2014	**8.7
2015	**8.5
2016	***8.8
2017	****9
2018	****9
2019	**** 9
2020	**** 9
2021	**** 9

\*Συμπλήρωση ολόκληρου έτους

\*\*Διαθέσιμη ετήσια τιμή, συμπλήρωση μηνιαίων

\*\*\*Διαθέσιμα ημερήσια δεδομένα από γεωτρήσεις-συμπλήρωση δεδομένων αντλήσεων από πηγή Αγυιάς.

\*\*\*\* Τα 9 Mm<sup>3</sup> είναι αυτά που αντλούνται από τις πηγές της Αγυιάς.

Πίνακας 6:Ετήσια ποσότητα άντλησης σε Mm<sup>3</sup> από τον Ο.Α.Κ.

ΕΤΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΥΒΙΚΩΝ
2009	12.1
2010	16.3
2011	*11.3
2012	*10.9
2013	13.7
2014	*11.5
2015	11.0

2016	14.9
2017	9.7
2018	18.5
2019	10.9
2020	13.7
2021	14.3

\*Συμπλήρωση ολόκληρου έτους

Πίνακας 7:Ετήσιες αντλήσεις σε εκ. κυβικά (Mm<sup>3</sup>) γεωτρήσεων για τα έτη 2017-2021

Γεώτρηση \ Έτος	2017	2018	2019	2020	2021
<b>ΔΕΥΑΧ</b>					
GO5 (Γ119 ή ΔΕΥΑΧ πόρτα)	2.29	0	0	0	0
Αγυιά Πηγάδι	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
GO4 (Γ124 ή Πάνω 3)	3.54	0	0	0	0
GO3 (Δ1 ή Παλαιά ΔΕΥΑΧ)	0.9	0	0	0	0
GO2 (Γ122 ή Πάνω 2)	1.49	0	0	0	0
GO1 (Γ121 ή Πάνω 1)	1.50	0	0	0	0
<b>ΟΑΚ</b>					
M8		3.79	3.35	3.78	3.54
M7	0.8	1.02	1.28	1.29	1.63
M6					
M5	0.37	1.73	1.59	1.27	0.55
M2	3.26	5.09	0.06	1.07	2.08
M1	4.59	6.18	3.68	3.67	3.61
MΔ			0.16	1.85	2.10
<b>ΤΟΕΒ</b>					
ΧΕΙΜΑΔΙΟ			0.32	0.49	0.57
M10					

\*Οι γεωτρήσεις M6 (ΟΑΚ) και M10 (ΤΟΕΒ) δεν έχουν ξεκινήσει τη λειτουργία τους.



Πίνακας 8: Ετήσια ποσότητα άντλησης σε κυβικά από το δίκτυο των υπερχειλίσεων

ΕΤΟΣ	ΓΕΦΥΡΑ	ΚΟΛΥΜΠΑ	ΤΟΕΒ ΥΠΕΡΧΕΙΛΗΣΗΣ	ΤΟΕΒ ΑΝΤΛΗΣΗΣ	ΠΛΑΤΑΝΟΣ
2018	8.77E+06	1.17E+06	2.89E+06	2.36E+06	8.77E+05
2019	3.36E+07	1.73E+07	2.52E+06	3.63E+06	8.30E+06
2020	1.82E+07	1.47E+07	2.77E+06	4.01E+06	8.25E+06
2021	1.85E+07	1.41E+07	2.82E+06	4.00E+06	5.43E+06

## 5. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

### 5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ SWAT

Το Soil and Water Assessment Tool (SWAT) <sup>(11)</sup> αποτελεί ένα σύνθετο, ντετερμινιστικό, ολοκληρωμένο υδρολογικό μοντέλο, με τη δυνατότητα χωρικής παραμετροποίησης που έχει δημιουργηθεί από την U.S. Department of Agriculture (USDA) με σκοπό να προβλέπει τη μακροπρόθεσμη επίδραση των κλιματικών και γεωργικών πρακτικών στο νερό, τα ιζήματα και την ποσότητα γεωργικών χημικών σε μεγάλες και σύνθετες λεκάνες. Το μοντέλο λειτουργεί με ημερήσιο χρονικό βήμα. Τα βασικά δεδομένα εισόδου του μοντέλου είναι η υδρολογία, το ανάγλυφο της λεκάνης απορροής, τα μετεωρολογικά στοιχεία (βροχόπτωση, μέγιστη-ελάχιστη θερμοκρασία κτλ), τα εδάφη, η ανάπτυξη των φυτών, τα θρεπτικά συστατικά, τα φυτοφάρμακα και οι χρήσεις γης. Το μοντέλο λειτουργεί χωρίζοντας την λεκάνη απορροής σε μικρότερα κομμάτια. Αυτές οι υπολεκάνες, ή αλλιώς Hydrologic Response Units (HRU), έχουν μοναδικά χαρακτηριστικά ως προς την κλίση του εδάφους, το έδαφος και τις χρήσεις γης. Το ισοζύγιο του νερού σε κάθε HRU παρουσιάζεται σε τέσσερα επίπεδα: το χιόνι, το προφίλ του εδάφους, τον ρηχό και τον βαθύ υπόγειο υδροφόρα. Τα εδάφη μπορεί να χωριστούν σε πολλά στρώματα αν έχουν διαφορετικές ιδιότητες σε διαφορετικά βάθη <sup>(11)</sup>. Οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα μέσα στο έδαφος είναι η εξάτμιση, η διήθηση, η πρόσληψη από τα φυτά, η πλευρική ροή και η διήθηση σε κατώτερα στρώματα. Όπως είναι φυσικό, η διήθηση στο τελευταίο στρώμα τροφοδοτεί τον υπόγειο υδροφόρα. Τα αποτελέσματα ως προς την απορροή, το ίζημα και την φόρτιση από μη σημειακές πηγές ρύπανσης για κάθε μονάδα υδρολογικής απόκρισης (HRU) προστίθενται και καταλήγουν στην έξοδο της λεκάνης μέσω των καναλιών.

Σε κάθε εφαρμογή του SWAT, τον πιο καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει το υδατικό ισοζύγιο. Ο υδρολογικός κύκλος, όπως προσομοιώνεται από το μοντέλο, είναι υπεύθυνος για τον ακριβή υπολογισμό όλων των αποτελεσμάτων, όπως η κίνηση των χημικών ουσιών, των θρεπτικών ή και των φερτών υλικών. Η προσομοίωση της υδρολογίας της λεκάνης απορροής μπορεί να χωριστεί σε δύο τμήματα. Το πρώτο αφορά τις χερσαίες διεργασίες του υδρολογικού κύκλου και είναι υπεύθυνο για την ποσότητα του νερού, των φερτών, των θρεπτικών και των χημικών ουσιών που καταλήγουν στα κυρίως υδατορεύματα των υπολεκανών. Αντιθέτως, το δεύτερο τμήμα της υδρολογικής προσομοίωσης ασχολείται με τις διεργασίες του υδρολογικού κύκλου από και προς τις υδάτινες περιοχές και αφορά στην κίνηση του νερού και των υπόλοιπων στοιχείων διαμέσου του υδρογραφικού δικτύου προς την έξοδο της λεκάνης.

Ο υδρολογικός κύκλος προσομοιώνεται στο SWAT βασισμένος στην παρακάτω εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου.

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=0}^t (R_{\text{day}} - Q_{\text{surf}} - E_a - W_{\text{seep}} - Q_{\text{gw}})$$

όπου:

$SW_t$ : είναι η τελική περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό (mm H<sub>2</sub>O)

$SW_0$ : είναι η αρχική περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό (mm H<sub>2</sub>O)

t: είναι ο χρόνος σε ημέρες (days)

$R_{\text{day}}$ : η ημερήσια βροχόπτωση (mm H<sub>2</sub>O)

$Q_{\text{surf}}$ : η ημερήσια απορροή (mm H<sub>2</sub>O)

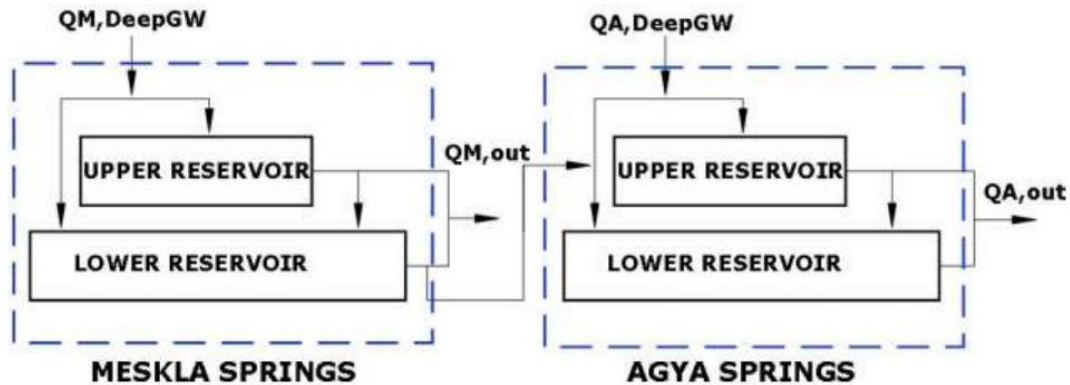
$E_a$ : η εξατμισοδιαπνοή (mm H<sub>2</sub>O)

$W_{\text{seep}}$ : η διήθηση (mm H<sub>2</sub>O)

$Q_{\text{gw}}$ : η υπόγεια ροή (mm H<sub>2</sub>O)

## 5.2 ΠΕΡΓΡΑΦΗ ΚΑΡΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΥΟ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ KARST-SWAT

Η προσομοίωση του καρστικού σχηματισμού στο μοντέλο SWAT μπορεί να πραγματοποιηθεί ενσωματώνοντας στο μοντέλο του SWAT ένα πλήρως καταναμημένο μοντέλο, όπως για παράδειγμα το MODFLOW <sup>(11)</sup> ή χρησιμοποιώντας ένα εννοιολογικό μοντέλο για την προσομοίωση της εκφόρτισης των καρστικών πηγών. Το 2013 αναπτύχθηκε ένα εννοιολογικό, μαθηματικό μοντέλο δύο ταμιευτήρων <sup>(12)</sup>. Η διήθηση στον βαθύ υδροφορέα από το SWAT χρησιμοποιείται ως δεδομένο εισόδου για το καρστικό μοντέλο. Η συνολική εκφόρτιση των πηγών είναι το άθροισμα της εκφόρτισης των δύο ταμιευτήρων. Στην λεκάνη απορροής του Κερίτη διακρίνονται οι πηγές της Αγυιάς και των Μεσκλών, οι οποίες είναι μέρος του ίδιου καρστικού σχηματισμού. Έτσι, πραγματοποιήθηκε μια μικρή τροποποίηση στο μοντέλο του καρστ για την προσομοίωση της υπόγειας σύνδεσης των δύο αυτών πηγών. Στην εικόνα 22, παρουσιάζεται η σχηματική απεικόνιση του μοντέλου των δύο ταμιευτήρων.



Εικόνα 22: Σχηματική απεικόνιση μοντέλου δύο ταμιευτήρων

Το υδραυλικό ισοζύγιο όπως περιγράφεται στο καρστικό μοντέλο είναι :

$$Q_{\text{karstic}} = (1 - a_2) \times Q_1 + Q_2 \quad [5.2.1]$$

Όπου

$Q_{\text{karstic}}$  : Η συνολική απορροή του καρστ  $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$

$(1 - a_2) \times Q_1$  : ο όρος του ανώτερου ταμιευτήρα

$a_2$ : ο λόγος της παροχής του ανώτερου ταμιευτήρα που εισρέει στον κατώτερο ταμιευτήρα

$Q_2$  : ο όρος του κατώτερου ταμιευτήρα

Για την διεξαγωγή της παραπάνω εξίσωσης χρησιμοποιήθηκαν τα υδραυλικά ισοζύγια και τα ισοζύγια μάζας του ανώτερου και κατώτερου ταμιευτήρα.

Υδραυλικό ισοζύγιο ανώτερου ταμιευτήρα

$$\frac{dV_1}{dt} = Q_{\text{in},1} - Q_1 \quad [5.2.2]$$

Όπου

$$Q_{\text{in},1} = a_1 \times Q_{\text{in,deepGW}} \quad [5.2.3]$$

$a_1$ : ο λόγος της παροχής του καρστικού στον ανώτερο ταμιευτήρα,

$Q_{\text{in,deepGW}}$ : Παροχή βαθέος υδροφορέα από το SWAT  $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$

$$Q_1 = K_u \times V_1 \quad [5.2.4]$$

$K_u$ : Σταθερά στείρευσης του ανώτερου ταμιευτήρα ( $\frac{1}{\text{day}}$ ),

Υδραυλικό ισοζύγιο κατώτερου ταμιευτήρα:

$$\frac{dV_2}{dt} = Q_{in,2} - Q_2 \quad [5.2.5]$$

Όπου

$$Q_{in,2} = (1-a_1) \times Q_{in,deepGW} + a_2 \times Q_1 \quad [5.2.6]$$

$a_2$ : ο λόγος της παροχής του ανώτερου ταμιευτήρα που εισρέει στον κατώτερο ταμιευτήρα

$Q_{in,deepGW}$ : Παροχή βαθέος υδροφορέα από το SWAT ( $\frac{m^3}{s}$ )

$$Q_2 = K_l \times V_2 \quad [5.2.7]$$

$K_l$ : Σταθερά στείρευσης του κατώτερου ταμιευτήρα ( $\frac{1}{\text{day}}$ ),

Θεωρώντας σταθερά  $Q_{in,1}$  και  $Q_{in,2}$  οι αναλυτικές λύσεις των διαφορικών εξισώσεων [5.2.2] και [5.2.5] είναι:

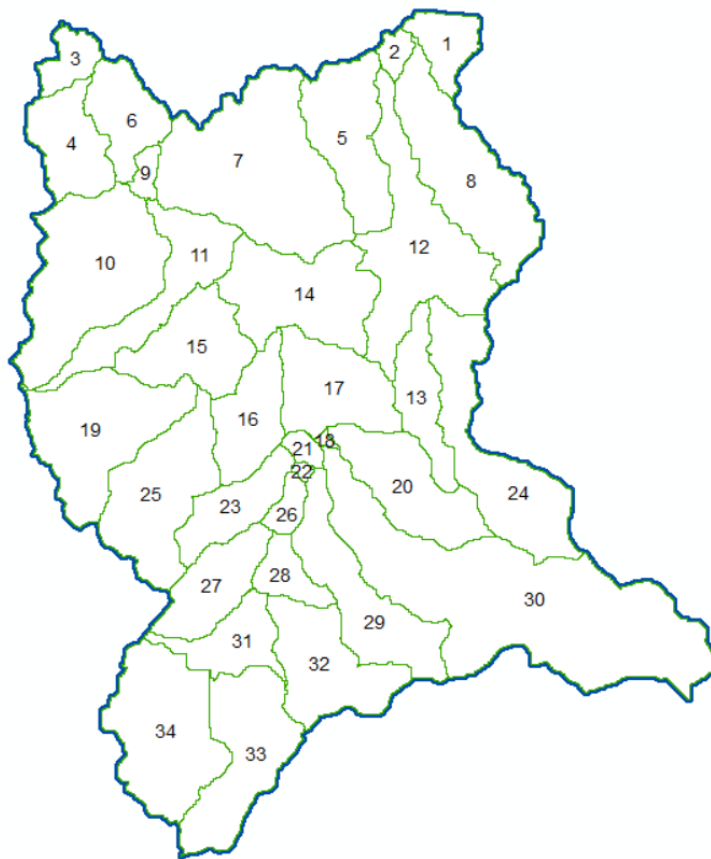
$$Q_1 = Q_{1,0} \times e^{-K_u \times t} + Q_{in,1} \times (1 - e^{-a_1 \times K_u \times t}) \quad [5.2.8]$$

$$Q_2 = Q_{2,0} \times e^{-K_l \times (1-a_2) \times t} + (1 - a_1) \times Q_{in,2} \times (1 - e^{-K_l \times (1-a_2) \times t}) \quad [5.2.9]$$

### 5.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

Αφού ολοκληρώθηκε η εισαγωγή των απαιτούμενων δεδομένων για το «τρέξιμο» του μοντέλου, προέκυψαν 34 υπολεκάνες στην λεκάνη απορροής του Κερίτη-Θερίσου, Εικόνα 23.

Αρχικά, μέσω του μοντέλου SWAT ορίστηκαν οι υπολεκάνες οι οποίες τροφοδοτούν το καρστικό σύστημα των Μεσκλών, της Αγυιάς και του Κουφού και στη συνέχεια, για τις χρονιές που υπάρχουν δεδομένα πεδίου συγκρίθηκε και βελτιστοποιήθηκε η παροχή του μοντέλου SWAT με τα πραγματικά δεδομένα.



Εικόνα 23: Υπολεκάνες της λεκάνης απορροής Κερίτη-Θερίσου <sup>(9)</sup>

#### 5.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Η βαθμονόμηση του μοντέλου έγινε με την μέθοδο δοκιμή και σφάλμα (trial and error) με στόχο την βελτιστοποίηση της προσομοίωσης των παροχών του ποταμού και πηγών σε σχέση με τα δεδομένα πεδίου. Συγκεκριμένα, οι αλλαγές των παραμέτρων έγιναν με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιηθεί η τετραγωνική ρίζα του σφάλματος μεταξύ παροχών μοντέλου και πεδίου. Η αποδοτικότητα της μοντελοποίησης προσδιορίστηκε μέσω στατιστικών δεικτών NSE, RSR και PBIS <sup>(14)</sup>. Τα όρια των δεικτών παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.

$$NSE = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (y_{i_{obs}} - y_{i_{sim}})^2}{\sum_{i=1}^n (y_{i_{obs}} - y_{mean})^2} \right]$$

$$PBIS = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (y_{i_{obs}} - y_{i_{sim}}) \times (100)}{\sum_{i=1}^n (y_{i_{obs}})} \right]$$

$$RSR = \frac{[\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_{i_{obs}} - y_{i_{sim}})^2}]}{[\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_{i_{obs}} - y_{mean})^2}]}$$

Πίνακας 9: Βαθμός απόδοσης στατιστικών δεικτών <sup>(14)</sup>

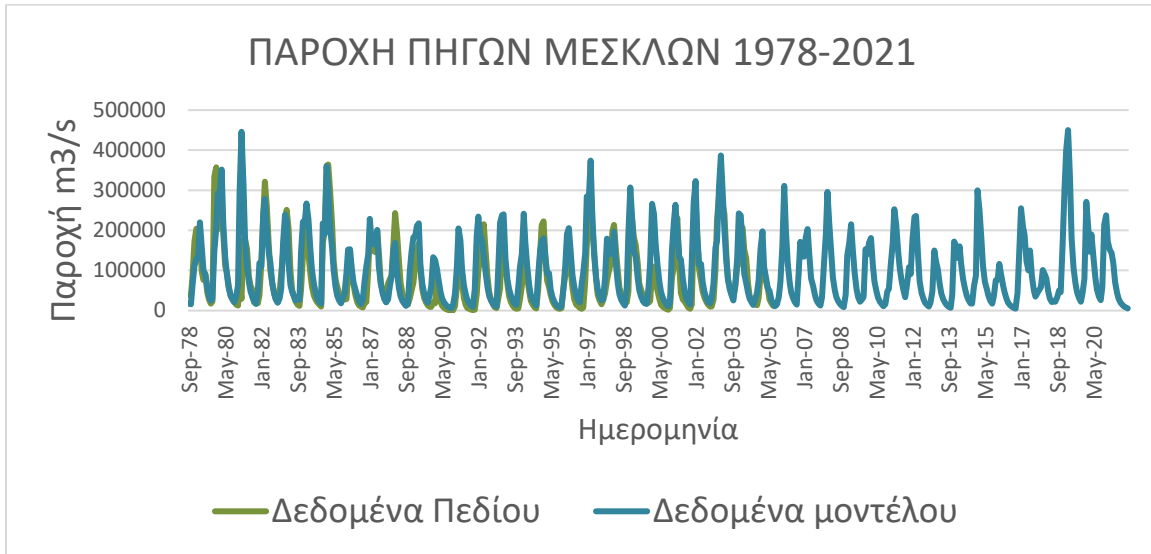
Performance Rating	RSR	NSE	PBIAS (%)	
			Streamflow	Chemistry
<b>Very good</b>	0.00≤RSR≤0.50	0.75<NSE≤1.00	PBIAS<±10	PBIAS<±25
<b>Good</b>	0.50<RSR≤0.60	0.60<NSE≤0.75	±10≤PBIAS<±15	±25≤PBIAS<±40
<b>Satisfactory</b>	0.60<RSR≤0.70	0.50<NSE≤0.65	±15≤PBIAS<±25	±40≤PBIAS<±70
<b>Unsatisfactory</b>	0.70<RSR	NSE≤0.50	±25≤PBIAS	±70≤PBIAS

Η αποδοτικότητα της μοντελοποίησης έγινε με τα ιστορικά δεδομένα των πηγών Μεσκλών και Αγυιάς (πριν το 2005) καθώς και τα πρόσφατα της παροχής του ποταμού το 2013 και 2015 καθώς και της υπερχειλίσης των πηγών της Αγυιάς τα τελευταία 4 χρόνια.

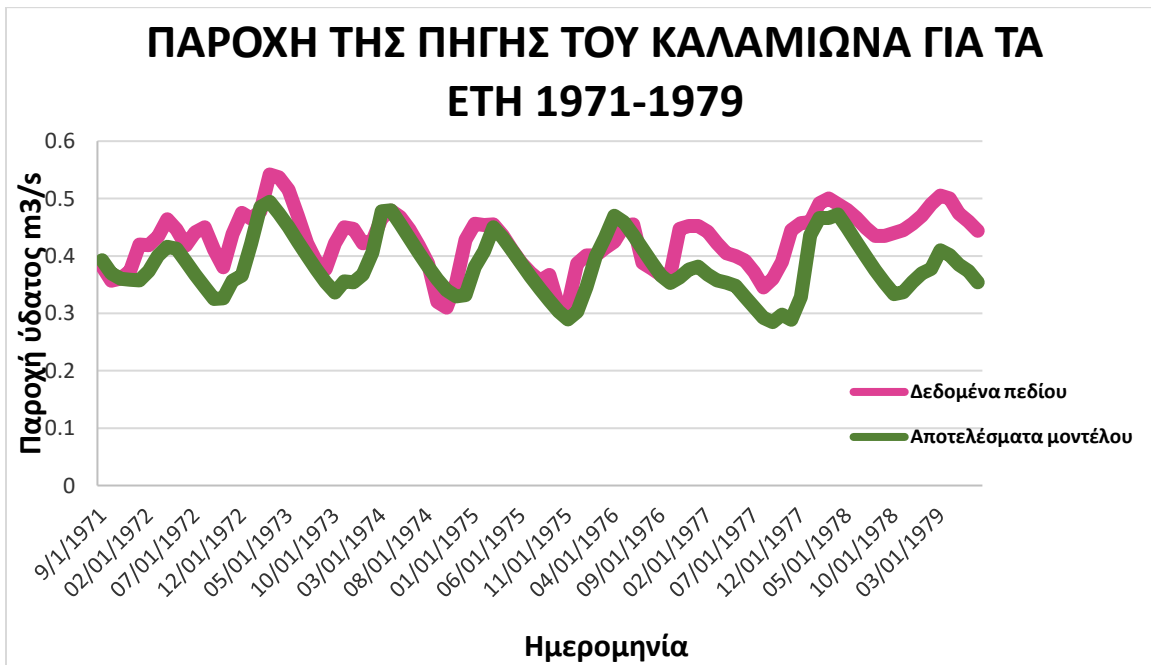
Η βαθμονόμηση του μοντέλου ξεκίνησε με τις πηγές των Μεσκλών οι οποίες εκφορτίζουν στα ανάντι την λεκάνης απορροής του Κερίτη. Για τις πηγές αυτές, υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα για τα έτη 1978-2005. Στο διάγραμμα 9, απεικονίζεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων της παροχής των Μεσκλών με τα διαθέσιμα δεδομένα. Συμπεραίνεται, ότι τα δεδομένα που εξάγει το μοντέλο είναι κοντά στα πραγματικά δεδομένα. Η προσέγγιση του μοντέλου χαρακτηρίζεται ως "ικανοποιητική", αφού οι δείκτες NSE, RSR και PBIAS έχουν τιμή 0.50, 0.70 και 23.9 αντίστοιχα.

Για την βαθμονόμηση των πηγών της Αγυιάς πραγματοποιήθηκε αρχικά η επιμέρους μοντελοποίηση της πηγής του Καλαμιώνα. Για την πηγή του Καλαμιώνα υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα για τα έτη 1971-1979. Από την σύγκριση που προέκυψε, διάγραμμα 10, συμπεραίνεται, ότι το μοντέλο, σύμφωνα με τις τιμές των στατιστικών δεικτών NSE και PBIAS, 0.58 και 10.5 αντίστοιχα προσομοιάζει ικανοποιητικά τα δεδομένα του πεδίου σε

αντίθεση με τον δείκτη RSR ο οποίος έχει τιμή 1.26 και δηλώνει Μη ικανοποιητική προσομοίωση.



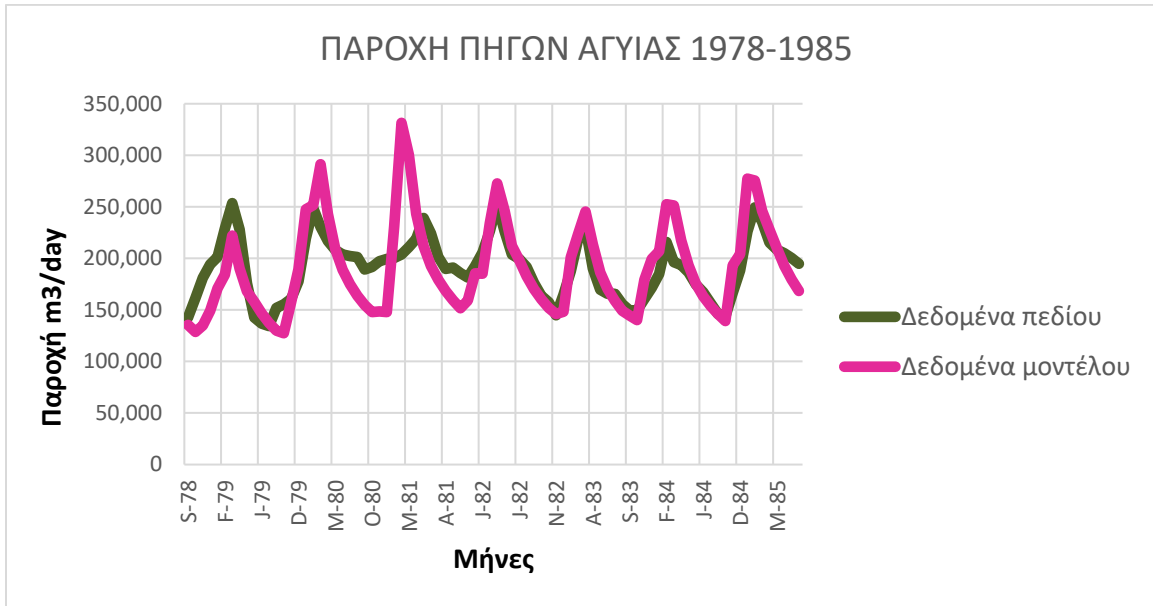
Διάγραμμα 9: Σύγκριση δεδομένων πεδίου με τα προσομοιωμένα δεδομένα του μοντέλου για τις πηγές των Μεσκλών



Διάγραμμα 10 : Σύγκριση δεδομένων πεδίου με τα προσομοιωμένα δεδομένα του μοντέλου για την πηγή του Καλαμιώνα

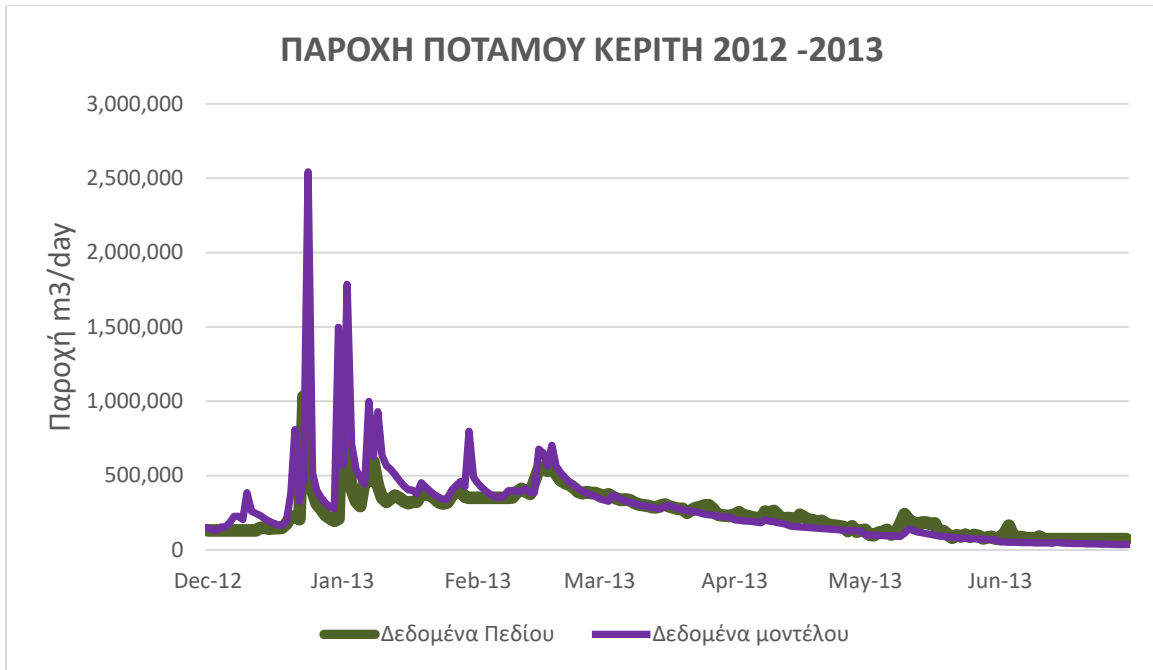


Όσον αφορά την μοντελοποίηση του συνόλου των πηγών της Αγυιάς, τα διαθέσιμα δεδομένα που υπάρχουν αφορούν τα έτη 1978-1985. Η σύγκριση των δεδομένων παρουσιάζεται στο διάγραμμα 11 και συμπεραίνεται ότι η προσέγγιση του μοντέλου σύμφωνα με τους στατιστικούς δείκτες NSE και RSR δεν προσομοιάζει ικανοποιητικά τα δεδομένα του πεδίου. Σύμφωνα όμως με τον δείκτη PBIS ο οποίος έχει τιμή 0.42, η προσομοίωση χαρακτηρίζεται Πολύ καλή.

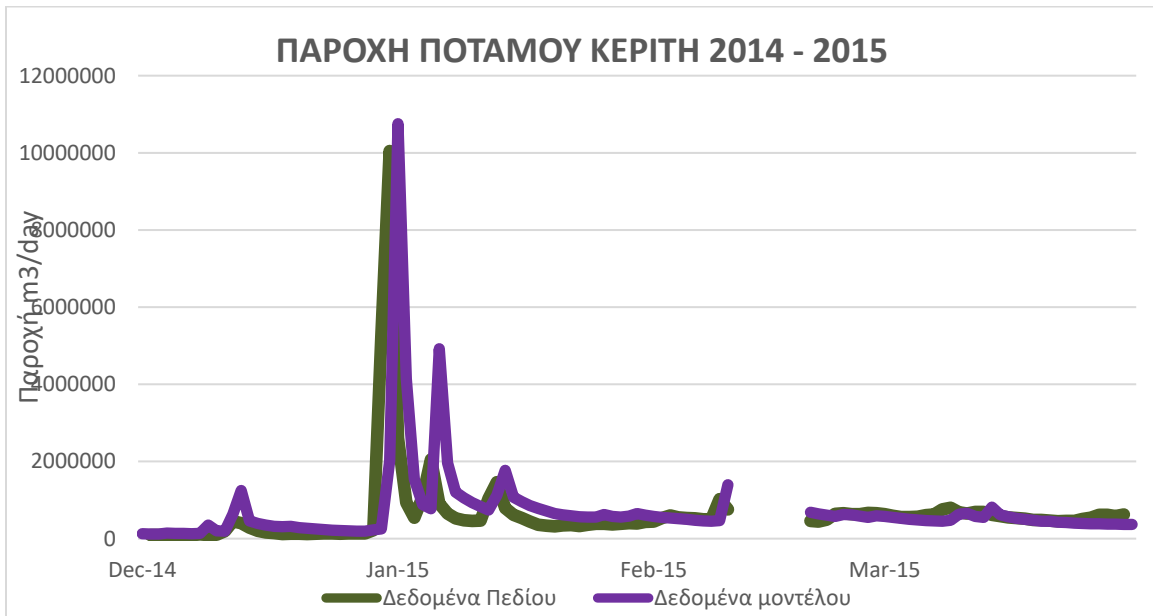


**Διάγραμμα 11: Σύγκριση δεδομένων πεδίου με τα προσομοιωμένα δεδομένα του μοντέλου.**

Όσον αφορά την παροχή του ποταμού Κερίτη, υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα για τα έτη 2012-2015. Από την σύγκριση που προέκυψε, διάγραμμα 12 & διάγραμμα 13 συμπεραίνεται ότι τα προσομοιωμένα δεδομένα είναι κοντά στα δεδομένα πεδίου. Για το διάστημα 2012-2013, η καλή αυτή προσομοίωση επιβεβαιώνεται από την τιμή του στατιστικού δείκτη PBIS αλλά όχι όμως από τις τιμές των στατιστικών δεικτών NSE και RSR. Αντιθέτως, η σύγκριση του μοντέλου για τα έτη 2014-2015 χαρακτηρίζεται " Πολύ καλή" καθώς οι τιμές των δεικτών NSE , RSR και PBIS είναι 0.79, 0.46, -15 αντίστοιχα.



Διάγραμμα 12: Σύγκριση δεδομένων πεδίου με τα προσομοιωμένα δεδομένα του μοντέλου για τον ποταμό του Κερίτη για τα έτη 2012-2013



Διάγραμμα 13: Σύγκριση δεδομένων πεδίου με τα προσομοιωμένα δεδομένα του μοντέλου για τον ποταμό του Κερίτη για τα έτη 2014-2015

Τέλος, πραγματοποιήθηκε η σύγκριση της παροχής του μοντέλου με την παροχή των υπερχειλίσεων από το έτος 2018 έως το έτος 2021. Η παροχή των υπερχειλίσεων, αποτελεί το άθροισμα της υπερχειλίσης της πηγής του Πλατάνου της Κολύμπας, του ΤΟΕΒ και των αντλήσεων. Λόγω της έλλειψης της μηνιαίας κατανομής άντλησης από τα έτη 2018-2021 χρησιμοποιήθηκε η κατανομή των ποσοστών των προηγούμενων ετών.

Στον Πίνακα 10, παρουσιάζονται τα ποσοστά (%) που χρησιμοποιήθηκαν για των υπολογισμό των αντλήσεων. Στο διάγραμμα 14 φαίνεται η σύγκριση των παροχών του μοντέλου με την εκτίμηση των υπερχειλίσεων των πηγών του Πλατάνου και της Κολύμπας. Η εκτίμηση των παροχών το 2018 και 2019 έχει αποκλίσεις από το μοντέλο οι οποίες βελτιώνονται τα επόμενα έτη 2020 και 2021 και το σφάλμα μειώνεται σε μικρότερο του 10% της υπερχειλίσης.

Σύμφωνα με τα δεδομένα της βροχόπτωσης του μοντέλου SWAT-KARST, τα έτη 2018 και 2019 είχε καταγραφεί μεγαλύτερη βροχόπτωση σε σχέση με τα έτη 2020 και 2021. Σύμφωνα με το γεγονός αυτό, οι υπερχειλίσεις των ετών 2018 & 2019 θα έπρεπε να είναι μεγαλύτερες από τα έτη 2020 & 2021. Αυτό δεν επιβεβαιώνεται από τα δεδομένα των υπερχειλίσεων (διάγραμμα 14) και συμπεραίνεται ότι τα δύο πρώτα έτη δεν είναι αξιόπιστα.

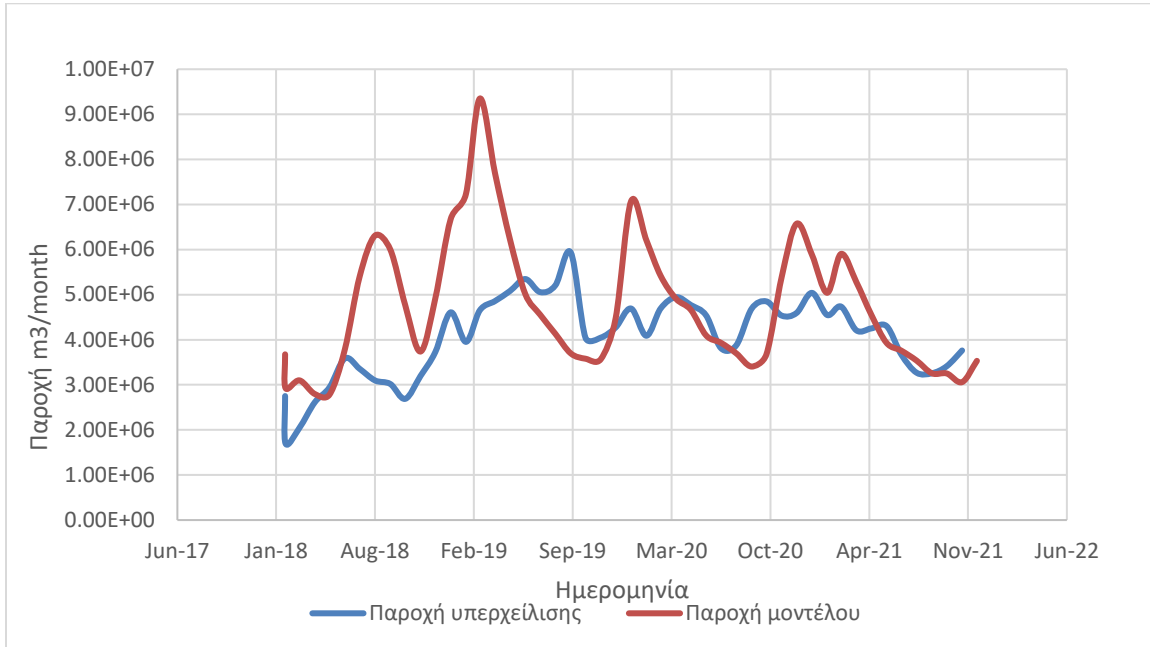
Στο διάγραμμα 15, παρουσιάζεται η σύγκριση των ετήσιων δεδομένων υπερχειλίσεων με τα προσομοιωμένα δεδομένα του μοντέλου για τα έτη 2018- 2021

Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του Karst-SWAT μοντέλου συγκρίθηκαν με τα ιστορικά δεδομένα, πριν την αναρρύθμιση των πηγών της Αγυιάς καθώς και με σύγχρονα δεδομένα των παροχών του ποταμού Κερίτη καθώς και των εκφορτίσεων των πηγών της Αγυιάς που μετρώνται από την ΔΕΥΑΧ. Η σύγκριση έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα δεδομένου της αβεβαιότητας των εκτιμήσεων των ποσοτήτων άντλησης των γεωτρήσεων και της εκτίμησης των εκφορτίσεων των πηγών.

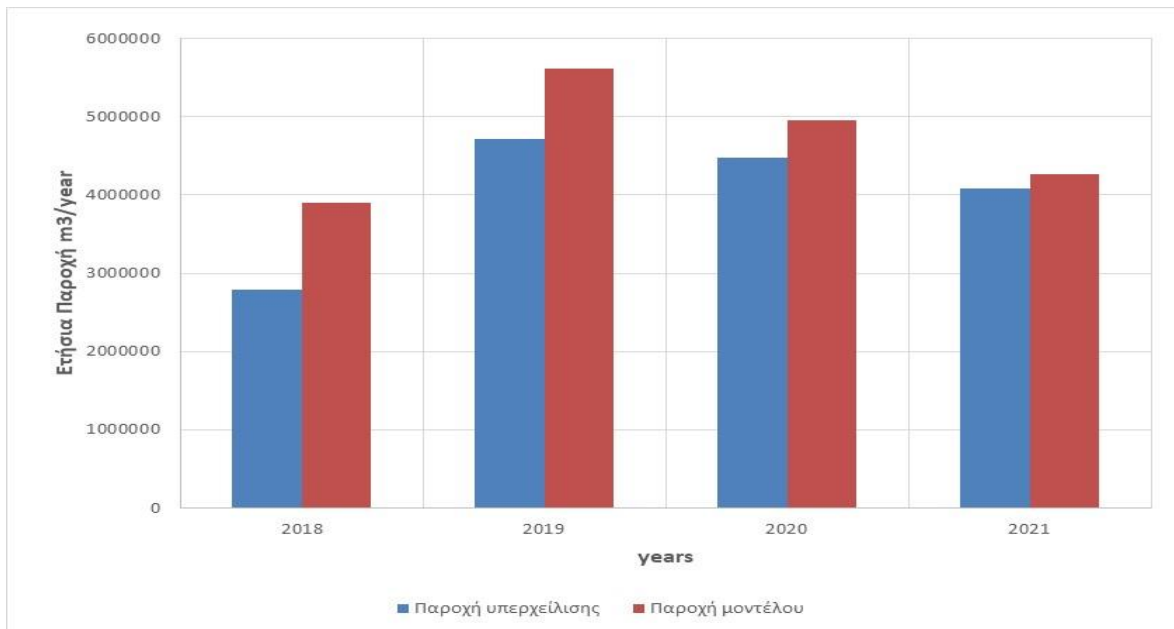
**Πίνακας 10: Ποσοστό άντλησης κάθε φορέα ανά μήνα**

Μήνας	ΔΕΥΑΧ(%)	ΟΑΚ(%)	ΤΟΕΒ(%)
Jan	8.99	3.02	4.53
Feb	8.94	2.86	3.02
Mar	9.18	3.52	2.86
Apr	9.93	6.21	3.52
May	10.38	9.06	6.21
Jun	8.79	11.63	9.06
Jul	8.86	15.07	11.63
Aug	7.58	14.43	15.07
Sep	6.67	13.48	14.43

Oct	6.41	10.21	13.48
Nov	7.96	5.98	10.21
Dec	6.29	4.53	5.98



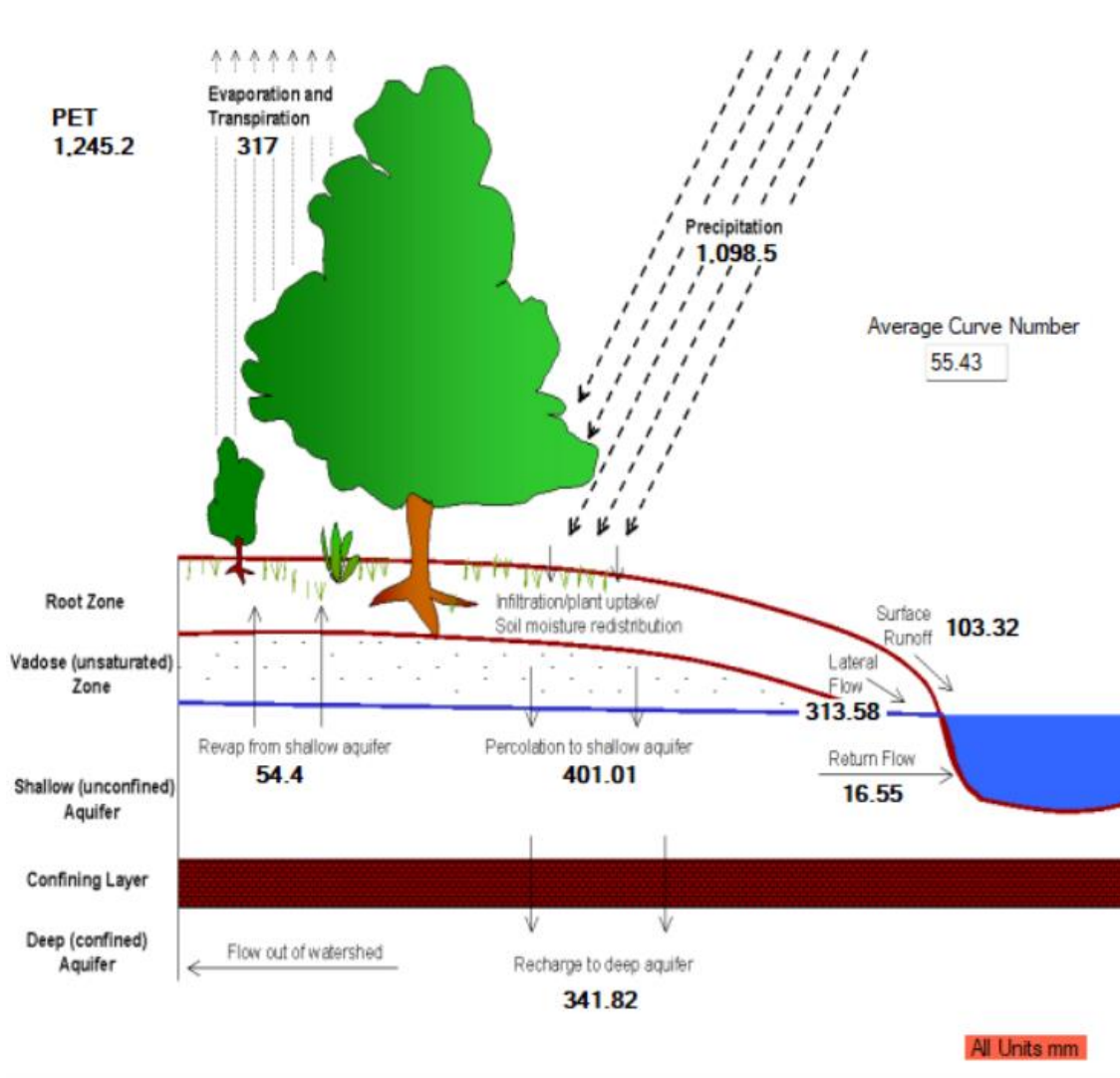
Διάγραμμα 14: Σύγκριση δεδομένων υπερχειλίσεων με τα προσομοιωμένα δεδομένα του μοντέλου για τα έτη 2018- 2021



Διάγραμμα 15: Σύγκριση ετήσιων δεδομένων υπερχειλίσεων με τα προσομοιωμένα δεδομένα του μοντέλου για τα έτη 2018- 2021

Το μέσο ετήσιο υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης απορροής Κερίτη-Θερίσου για τα έτη 1974-2021 παρουσιάζεται στην εικόνα 24. Η μέση ετήσια βροχόπτωση ήταν 1098 mm, η διήθηση στο έδαφος 401 mm, η επαναφορά του νερού στην ακόρεστη ζώνη ( *revar*) ήταν 54 mm, η επιφανειακή απορροή 417 mm και η εξατμισοδιαπνοή 317 mm. Στον βαθύ καρστικό υδροφορέα εισήλθαν 341 mm. Με βάση το ισοζύγιο, η εξατμισοδιαπνοή αποτελεί περίπου το 29% της συνολικής βροχόπτωσης, η συνολική απορροή της λεκάνης περίπου το 39%, ενώ το ποσοστό που εισχωρεί στο βαθύ υπόγειο υδροφορέα είναι 31%. Το διαθέσιμο νερό της περιοχής είναι το άθροισμα των επιφανειακών και υπόγειων απορροών και υπολογίστηκε στο 70% της βροχόπτωσης. Η μειωμένη εξατμισοδιαπνοή είναι λόγω της έκτασης του καρστικού το οποίο μεγάλο μέρος του δεν έχει φυτοκάλυψη και διοδεύει το νερό στον υπόγειο υδροφορέα.

Οι Πίνακες 11, 12 και 13 παρουσιάζουν τις παραμέτρους του μοντέλου για τις πηγές των Μεσκλών, Αυιάς και Καλαμιώνα αντιστοίχως. Η εισροή στον ανώτερο ταμιευτήρα των Μεσκλών είναι το 95 % της συνολικής εισροής και 45% τροφοδοτεί τον υπόγειο υδροφορέα. Ο συντελεστής στείρευσης του ανώτερου υδροφορέα είναι 0.05/day και του κατώτερου 0.001/day δίνοντας χρόνο παραμονής 20 και 800 μέρες αντιστοίχως. Παρομοίως, η εισροή στον ανώτερο ταμιευτήρα των πηγών Κολύμπα και Πλατάνου είναι επίσης το 95 % της συνολικής εισροής και 10% τροφοδοτεί τον υπόγειο υδροφορέα. Ο συντελεστής στείρευσης του ανώτερου υδροφορέα είναι 0.2/day και του κατώτερου 0.0004/day δίνοντας χρόνο παραμονής 5 και 2500 μέρες αντιστοίχως. Η πηγή του Καλαμιώνα λειτουργεί ως ένας ταμιευτήρας με συντελεστή στείρευσης 0.002/day και χρόνο παραμονής 500 days.



Εικόνα 24:Υδρολογικό ισοζύγιο του μοντέλου SWAT για τα έτη 1974-2021

Πίνακας 11: Τιμές παραμέτρων για την βαθμονόμηση των πηγών των Μεσκλών

	Παράμετροι	Τιμή	Μονάδα Μέτρησης
<b>ΜΕΣΚΛΑ</b>	Κλάσμα εισροής στον ανώτερο ταμιευτήρα, a1.	0.95	
	Κλάσμα εισροής από τον ανώτερο στον κατώτερο ταμιευτήρα, a2.	0.45	
	Χρόνος Παραμονής στον ανώτερο ταμιευτήρα, tu.	20.00	day
	Σταθερά στείρευσης του ανώτερου ταμιευτήρα, ku.	0.050	1/day

	Χρόνος Παραμονής στον κατώτερο ταμιευτήρα, tl.	800.00	day
	Σταθερά στείρευσης του κατώτερου ταμιευτήρα, kl.	0.001	1/day
	Βήμα, t	1.00	day
	Κλάσμα ροής από τα Μεσκλά στην Αγυιά, a3	0.99	

Πίνακας 12: Τιμές παραμέτρων για την βαθμονόμηση των πηγών της Αγυιάς

	Παράμετροι	Τιμή	Μονάδα Μέτρησης
ΑΓΥΙΑ	Κλάσμα εισροής στον ανώτερο ταμιευτήρα, b1.	0.95	
	Κλάσμα εισροής από τον ανώτερο στον κατώτερο ταμιευτήρα, b2.	0.10	
	Χρόνος Παραμονής στον ανώτερο ταμιευτήρα, tu.	5.00	day
	Σταθερά στείρευσης του ανώτερου ταμιευτήρα, ku.	0.20	1/day
	Χρόνος Παραμονής στον κατώτερο ταμιευτήρα, tl.	2500.00	day
	Σταθερά στείρευσης του κατώτερου ταμιευτήρα, kl.	0.00040	1/day
	Βήμα, t.	1.00	day

Πίνακας 13: Τιμές παραμέτρων για την βαθμονόμηση της πηγής του Καλαμιώνα

	Παράμετροι	Τιμή	Μονάδα Μέτρησης
ΚΑΛΑΜΙΩΝΑΣ	Λόγος της παροχής που εισρέει στον ανώτερο ταμιευτήρα, a1	1	
	Σταθερά στείρευσης του ανώτερου ταμιευτήρα, ku	0.002	1/day
	Χρόνος Παραμονής στον ανώτερο ταμιευτήρα, tu.	500.00	day

Συνοψίζοντας, ο Πίνακας 14 παρουσιάζει τα στατιστικά δεδομένα των εκφορτίσεων των πηγών της Αγυιάς και Μεσκλών που προέκυψαν από την μοντελοποίηση. Κατά μέσο όρο οι 3 πηγές της Αγυιάς (Πλάτανος, Κολύμπα και Καλαμιώνας) εκφορτίζουν 60 εκ. m<sup>3</sup> νερό το χρόνο και των Μεσκλών 36.5 εκ. m<sup>3</sup> νερό το χρόνο. Η διακύμανση των πηγών της Αγυιάς είναι μεταξύ 40.8 και 82.8 εκ. m<sup>3</sup> νερό το χρόνο και των Μεσκλών από 15.1 ως 62.2 εκ. m<sup>3</sup> νερό το χρόνο.

**Πίνακας 14: Στατιστικά δεδομένα εκφορτίσεων πηγών 46 ετών σε Mm<sup>3</sup>**

	<b>ΜΕΣΚΛΑ</b>	<b>ΚΟΛΥΜΠΑ&amp;ΠΛΑΤΑΝΟΣ</b>	<b>ΚΑΛΑΜΙΩΝΑΣ</b>
<b>MAX</b>	62.2	66.2	16.7
<b>MEAN</b>	36.5	49.2	10.8
<b>MIN</b>	15.1	33.6	7.1
<b>STDV</b>	10.3	7.2	2.0

Με την μοντελοποίηση της λεκάνης απορροής του Κερίτη προσδιορίστηκε το υδατικό ισοζύγιο και καθορίστηκε το διαθέσιμο νερό της λεκάνης καθώς και κάθε επιμέρους πηγής. Με την ανάλυση των αποτελεσμάτων θα προκύψει εκτίμηση δυνατότητας ασφαλών απολήψεων από τα ανάντη των πηγών υπόγεια υδατικά συστήματα.



## 6. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ

Για την προσομοίωση της κίνησης των υπογείων υδάτων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ARGUS ONE 4.2.0.w σε συνδυασμό με το Princeton Transport Code PTC. Τα όρια της υπό μελέτη περιοχής ορίστηκαν με βάση τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του χώρου και συμπεριλαμβάνουν τις υδρογεωτρήσεις της Υ.Ε.Β , της ΔΕΥΑΧ και τις πηγές. Για την ακριβή γεωλογική στρωματοποίηση στην οποία βασίζεται το μοντέλο προσομοίωσης υπογείων υδάτων, δημιουργήθηκαν γεωλογικές τομές με βάση τα δεδομένα πεδίου των ενεργών γεωτρήσεων (γεωλογικά καρτότα – logs). Με βάση την πληροφορία των γεωλογικών τομών, ορίστηκαν 2 στρώματα εκ των οποίων το άνω εκτείνεται από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι και το +36 m απόλυτου υψομέτρου και το κάτω από το +36 m και μέχρι το επίπεδο της θάλασσας. Οι κυριότεροι σχηματισμοί είναι οι πορώδεις οι οποίοι διακρίνονται σε 3 κατηγορίες:

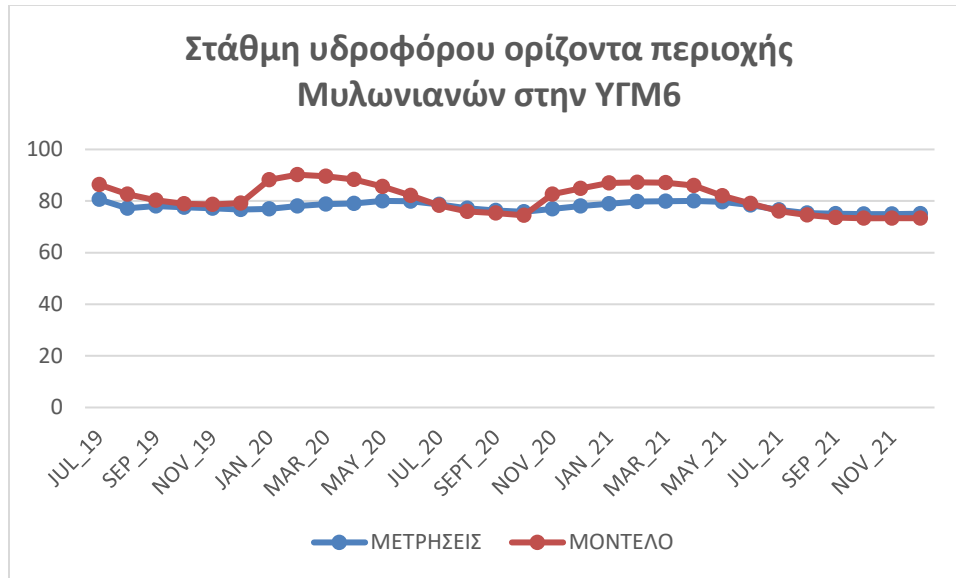
- Ασβεστολιθικοί σχηματισμοί μεγάλης υδροπερατότητας . Πρόκειται για τους σχηματισμούς όπου ευρίσκονται οι γεωτρήσεις του ΟΑΔΥΚ (πράσινο χρώμα στο γεωλογικό χάρτη) . Η υδραυλική αγωγιμότητα που χρησιμοποιήθηκε στο μοντέλο για τους σχηματισμούς αυτούς ελήφθη από τα tests άντλησης που έγιναν στην περιοχή και είναι ίση με 300 m/ημέρα)
- Πορώδεις προσχωματικοί (πορτοκαλί χρώμα - Ασβεστομάργες) - μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας (6\*10<sup>-4</sup>m/sec ή 51,84 m/ημέρα)
- Πορώδεις μη προσχωματικοί-μικρής (μπλέ χρώμα – τεταρτογενείς αποθέσεις) έως πολύ μικρής υδροπερατότητας (10<sup>-4</sup>m/sec ή 8,64 m/ημέρα)
- Οι πρακτικά αδιαπέραστοι σχηματισμοί (κόκκινο χρώμα – Φυλλίτες-Χαλαζίτες) χαρακτηρίζονται από την τιμή 10<sup>-8</sup>m/sec ή 0,000864 m/ημέρα).

### Αποτελέσματα μοντέλου PTC-ARGUS ONE

Το υδρολογικό μοντέλο PTC-ARGUS ONE επικαιροποιήθηκε (μέχρι και τον Δεκέμβριο του 2021) λαμβάνοντας υπόψη τα αναλυτικά δεδομένα του υπογείου συστήματος της Αγυιάς. Πραγματοποιήθηκε μαθηματική προσομοίωση του υπογείου υδροφορέα, της ίδιας περιοχής μελέτης όπως παρουσιάζεται ανωτέρω για χρονική περίοδο 5 ετών, Ιανουάριος 2017 – Δεκέμβριος 2021, και με χρονικό βήμα ενός μήνα. Συγκεκριμένα, η προσομοίωση έγινε για 60 περιόδους διάρκειας ενός μήνα η καθεμία. Για κάθε μια περίοδο τόσο τα δεδομένα εισόδου και εξόδου του μοντέλου αλλάζουν σύμφωνα με τα επικαιροποιημένα στοιχεία των αντλήσεων, εκφορτίσεων των πηγών, εισροών και εκροών που υπολογίσθηκαν στην επικαιροποιημένη μελέτη που συμπεριλαμβάνεται στα ανωτέρω.

Η βαθμονόμηση του μοντέλου PTC απέδειξε ότι το υπόγειο σύστημα της Αγιάς είναι ένα περίπλοκο σύστημα, με μεγάλο βάθος που υπερβαίνει τα 400 μέτρα (από επίπεδο θάλασσας) Η τελική βαθμονόμηση του μοντέλου προσομοίωσης του υδροφορέα της Αγυιάς προέκυψε μετά την σύγκριση των αποτελεσμάτων του μοντέλου με τις μετρήσεις των υδραυλικών υψών που είχαν ληφθεί από το πεδίο. Συγκεκριμένα, ως δεδομένα

πεδίου ελήφθησαν οι στάθμες στην γεώτρηση M6 στην οποία την περίοδο Ιουνίου 2020 και Δεκεμβρίου 2021 δεν γινόταν άντληση. Όπως παρατηρείται στο διάγραμμα 16 που ακολουθεί, υπάρχει μια καλή συσχέτιση μεταξύ των αποτελεσμάτων του μοντέλου προσομοίωσης και των πραγματικών τιμών από τις μετρήσεις στο πεδίο.



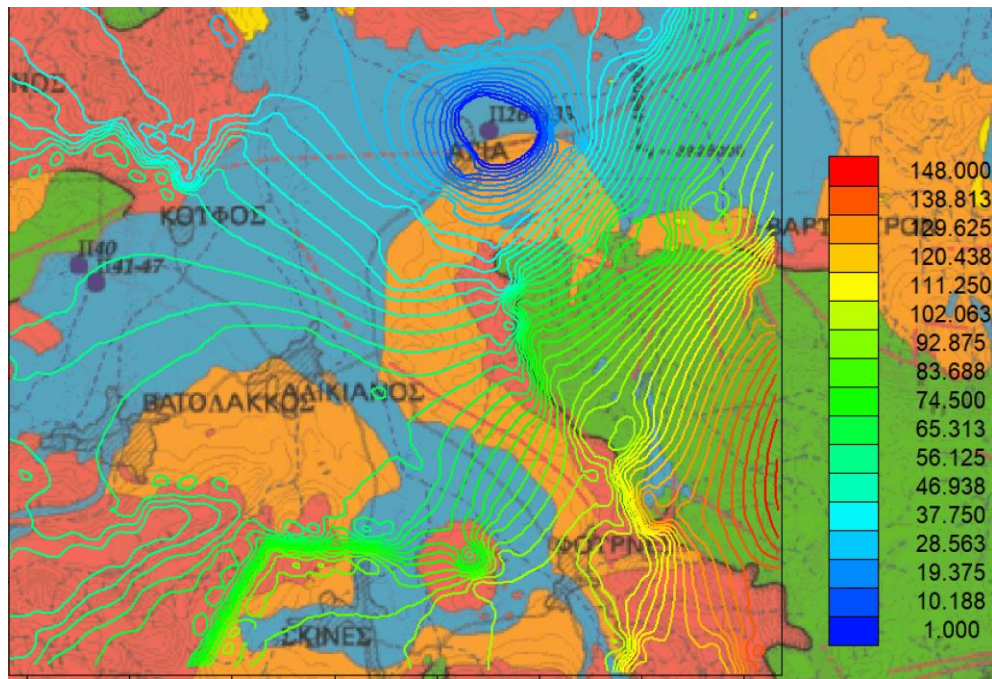
**Διάγραμμα 156: Σύγκριση των αποτελεσμάτων του μοντέλου υπόγειας ροής με παρατηρημένες τιμές στη γεώτρηση M6 από τον Ιούνιο 2020 και Δεκεμβρίου 2021.**

Οι Εικόνες 25 και 26, παρουσιάζουν τα αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τα υδραυλικά ύψη από τον Ιούλιο του 2019 μέχρι τον Νοέμβριο του 2021.. Οι Εικόνες 27 και 28 τα αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τις ταχύτητες τον Μάρτιο και Αύγουστο του 2020 αντιστοίχως. Επίσης οι Εικόνες 29 και 30 παρουσιάζουν τα αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τα υδραυλικά ύψη τον Μαρτίου και τον Αύγουστο του 2021. Οι Εικόνες 31 και 32 τα αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τις ταχύτητες τον Μάρτιο και Αύγουστο του 2021 αντιστοίχως.

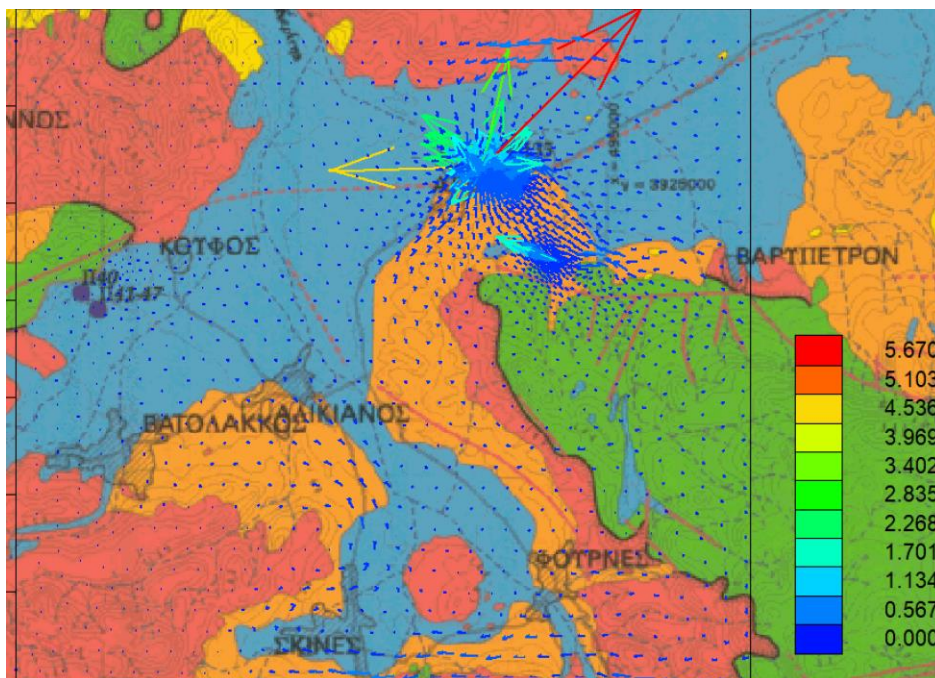
Όσον αφορά τα τις ταχύτητες, οι μέσες ταχύτητες εμφανίζονται σχετικά σταθερές στην περιοχή μελέτης και αναπαρίστανται στην μελέτη με μικρά βέλη. Λόγω του ότι οι ταχύτητες είναι χαμηλές και το μέγεθος των βελών είναι μικρό σχεδόν σε ολόκληρη την περιοχή. Μεγάλα βέλη, που σημαίνει μεγάλες ταχύτητες, εμφανίζονται μόνο σε σημεία που έχουμε μεγάλες εκφορτίσεις π.χ πηγή Καλαμιώνα ή μεγάλες αντλήσεις και βασικά αυτό προκύπτει γενικά γύρω από τις γεωτρήσεις λόγω του μεγάλου κώνου πτώσης που δημιουργείται. Γενικά μεγάλα βέλη είναι σε σημεία που έχουμε μεγάλες αντλήσεις, οριακές συνθήκες για τις εκφορτίσεις των πηγών καθώς και οριακές συνθήκες στα ανάντι (εισροές) του υδροφορέα.

Τα αποτελέσματα και τις δύο χρονιές όπως και στα υπόλοιπα χρόνια της προσομοίωσης είναι συμβατά με την κατανόηση της συμπεριφοράς του υπόγειου υδροφορέα. Είναι πολύ

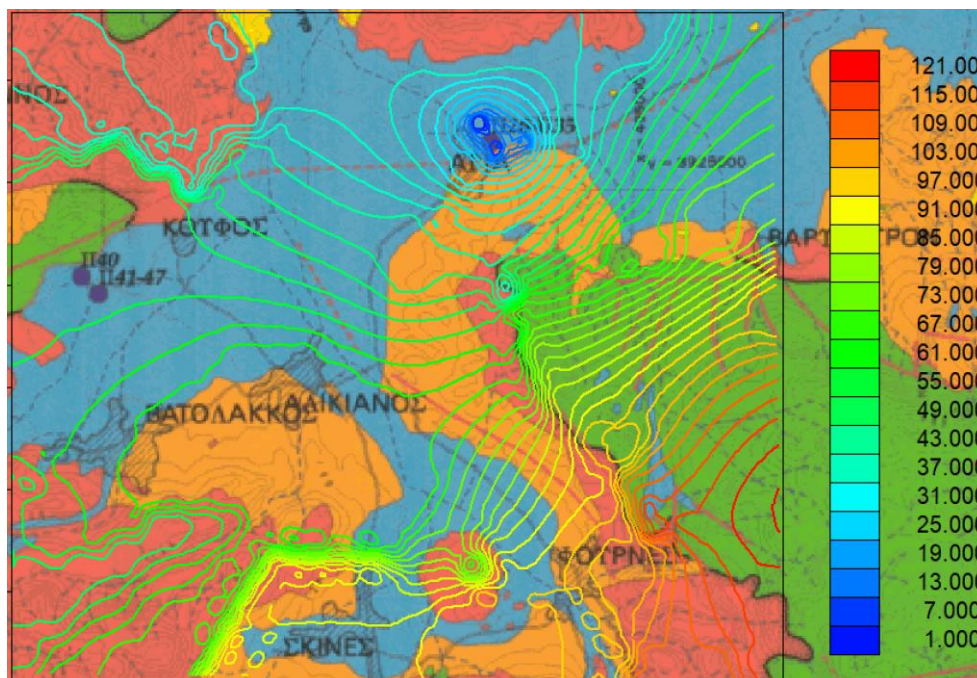
σημαντικό να αναφερθεί ότι σε όλες τις περιπτώσεις τα υδραυλικά ύψη στην περιοχή των πηγών και των γεωτρήσεων κυμαίνονται στα 30 μέτρα πάνω από το επίπεδο της θάλασσας. Γενικά, υπάρχει διαφορά υδραυλικών υψών μεταξύ θερινής και χειμερινής περιόδου που κυμαίνεται μεταξύ 5 και 25 μέτρων. Οι ταχύτητες σε όλες τις περιόδους, εξαιρουμένων των θέσεων αντλήσεων και εκφορτήσεων των πηγών κυμαίνονται μεταξύ 0.5 και 1 m/day. Οι εκφορτήσεις των πηγών είναι μεγαλύτερες κατά τους χειμερινούς μήνες και μικρότερες κατά τους θερινούς και επομένως τα υδραυλικά ύψη στις θέσεις των πηγών είναι χαμηλότερα κατά τους χειμερινούς μήνες και υψηλότερα τους θερινούς μήνες με μια διακύμανση από 17 έως 30 m πάνω από το επίπεδο της θάλασσας.



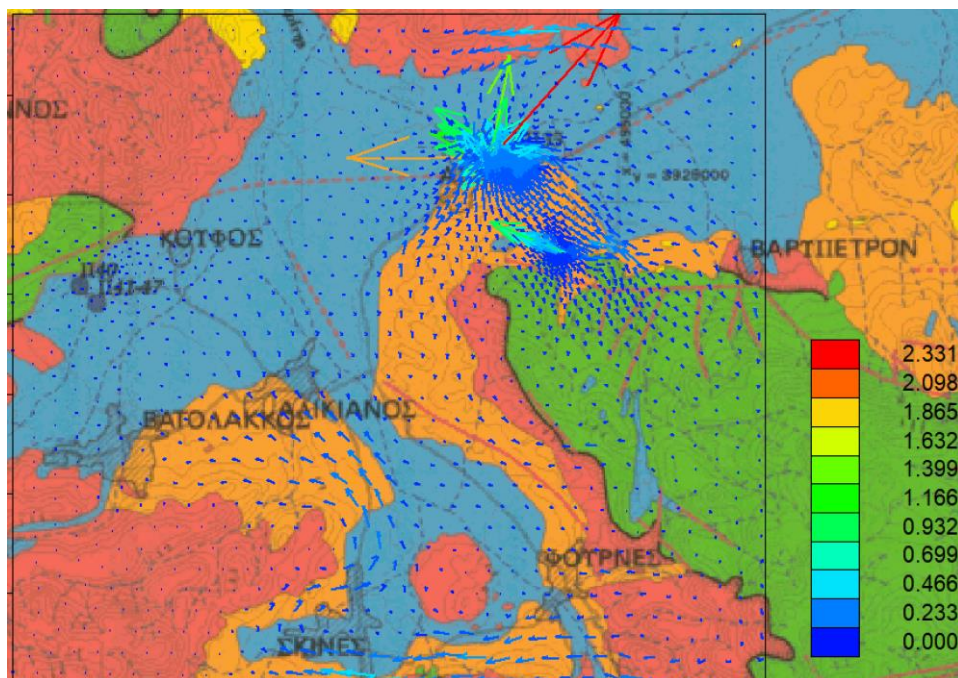
Εικόνα 25: Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τα υδραυλικά ύψη τον Μαρτίου 2020.



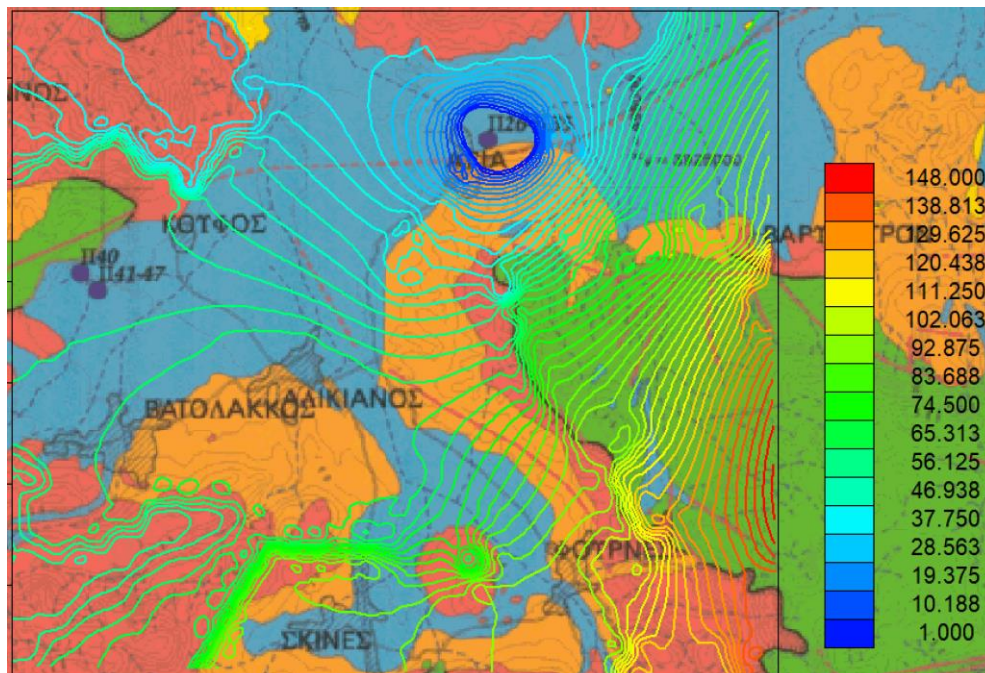
Εικόνα 26:Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τις ταχύτητες τον Μάρτιο 2020.



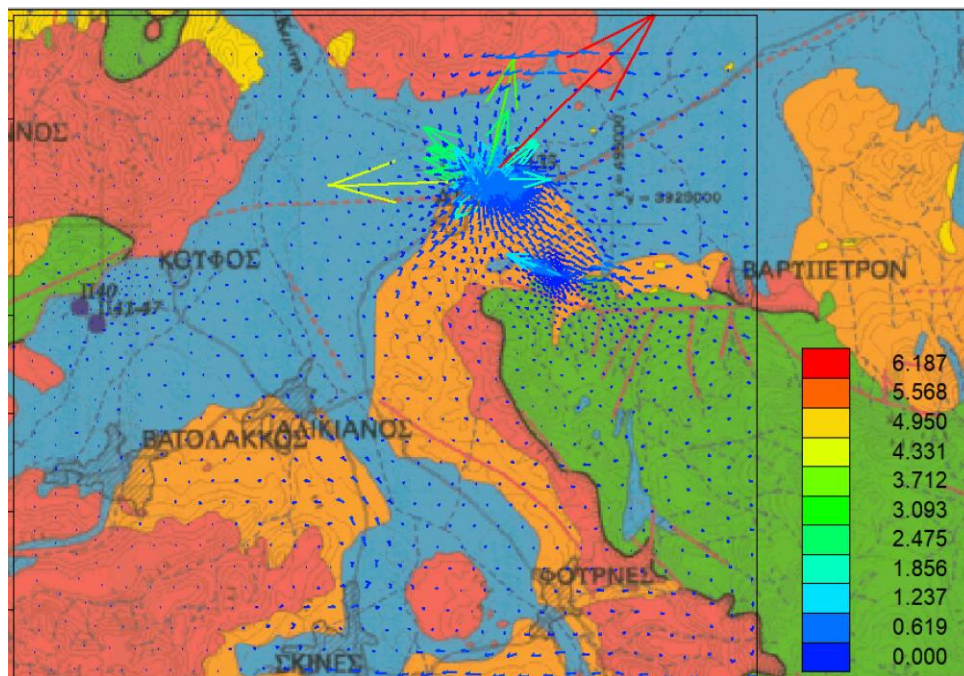
Εικόνα 27:Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τα υδραυλικά ύψη τον Αύγουστο 2020.



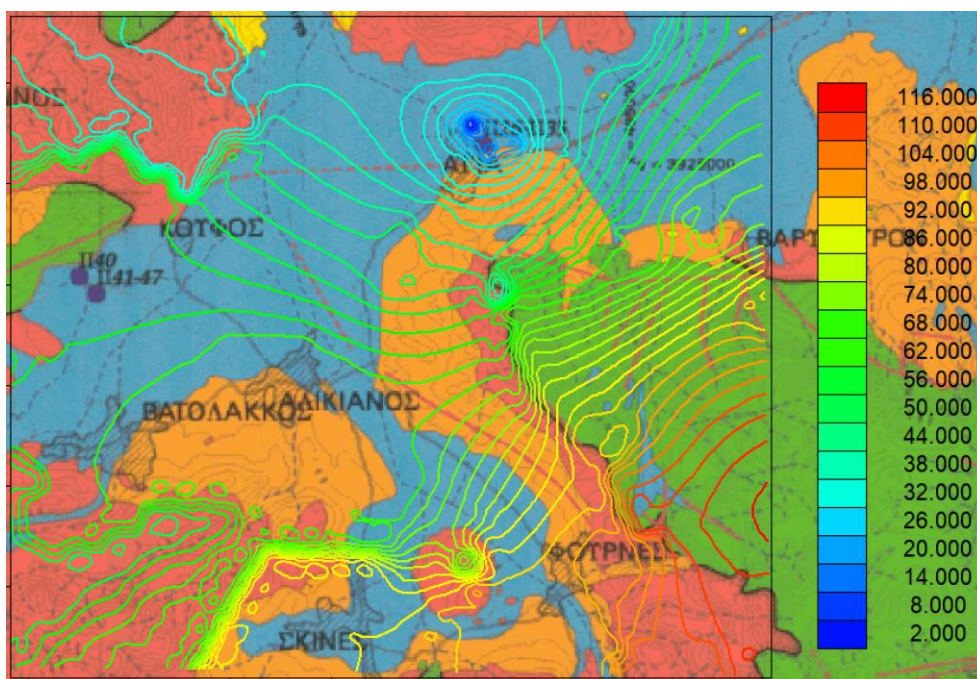
Εικόνα 28:Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τις ταχύτητες τον Αύγουστο 2020



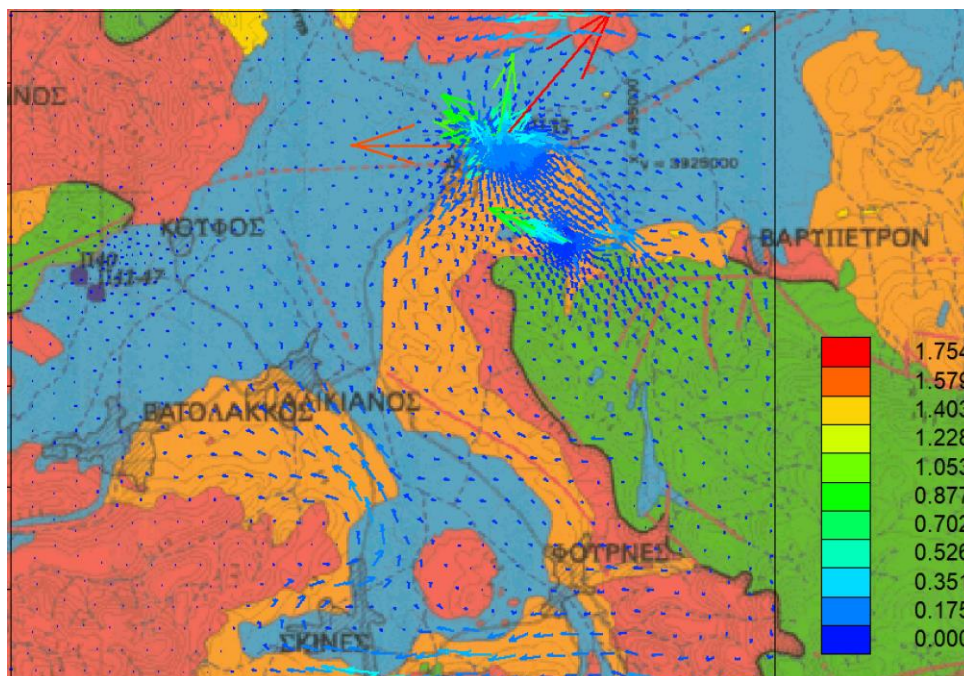
Εικόνα 29:Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τα υδραυλικά ύψη τον Μάρτιο 2021.



Εικόνα 30:Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τις ταχύτητες τον Μάρτιο 2021.



Εικόνα 31:Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τα υδραυικά ύψη τον Αύγουστο 2021.



Εικόνα 32:Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τις ταχύτητες τον Αύγουστο 2021

## 7. ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΝΕΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ- ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΝΑΡΡΥΘΜΙΣΗΣ ΠΗΓΩΝ

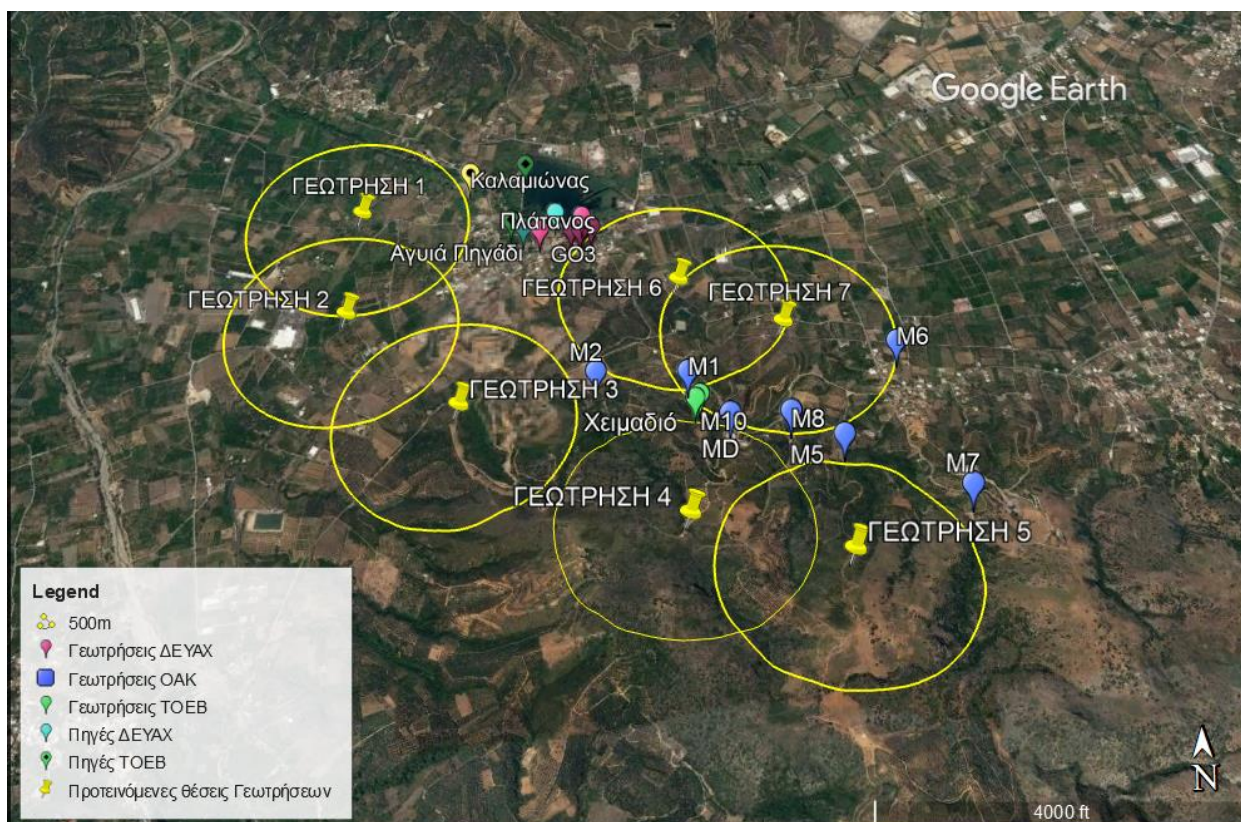
Με την υπάρχουσα αναρρύθμιση των πηγών της Αγυιάς, ο ΤΟΕΒ, η ΔΕΥΑΧ και ο ΟΑΚ αντλούν κατά μέσο όρο 26 εκ m<sup>3</sup> το χρόνο. Σύμφωνα με τις μετρήσεις του 2018 το υπάρχον σύστημα των γεωτρήσεων έχει την ικανότητα να αντλήσει από τις πηγές μέχρι 31.5 εκ. m<sup>3</sup> το χρόνο. Επιπλέον, οι τοπικοί οργανισμοί έχουν κατασκευάσει δύο γεωτρήσεις τις οποίες δεν τις έχουν βάλει σε λειτουργία (Μ6 και Μ10). Άρα, το υπάρχον σύστημα καλύπτει τη μισή ποσότητα της αναθεώρησης.

Προτείνονται λοιπόν 7 νέες γεωτρήσεις με συνολική ικανότητα άντλησης 5 επιπλέον εκ. m<sup>3</sup> το χρόνο, 2 για να είναι αναπληρωματικές για χρήση σε περίπτωση βλάβης και 5 για άντληση των επιπλέον κυβικών. Ο Πίνακας 15, παρουσιάζει τις προτεινόμενες συντεταγμένες των νέων γεωτρήσεων οι οποίες έχουν χωροθετηθεί για να διατηρούν την ελάχιστη απόσταση των 500 m από τις άλλες γεωτρήσεις. Η Εικόνα 33, παρουσιάζει επίσης την χωρική κατανομή των προτεινόμενων γεωτρήσεων. Προτείνουμε οι γεωτρήσεις να είναι αντλητικής ικανότητας 300-400 m<sup>3</sup>/h με μέγιστη συνολική αιχμή 2000 m<sup>3</sup>/h επιπλέον άντληση.

Πίνακας 15: Συντεταγμένες προτεινόμενων γεωτρήσεων

Όνομασία	Γεωγραφικό πλάτος	Γεωγραφικό μήκος
ΓΕΩΤΡΗΣΗ 1	35.47481	23.92345

ΓΕΩΤΡΗΣΗ 2	35.4697	23.92319
ΓΕΩΤΡΗΣΗ 3	35.46515	23.92878
ΓΕΩΤΡΗΣΗ 4	35.46008	23.93861
ΓΕΩΤΡΗΣΗ 5	35.45841	23.94546
ΓΕΩΤΡΗΣΗ 6	35.47079	23.93897
ΓΕΩΤΡΗΣΗ 7	35.46868	23.94375



Εικόνα 33: Χωροθέτηση προτεινόμενων γεωτρήσεων και ακτίνα 500m

Τα σενάρια που εξετάστηκαν στην παρούσα μελέτη αφορούν την επιπρόσθετη άντληση των 3 και 8 εκ. m<sup>3</sup> ανά έτος με βάση την υπάρχουσα κατάσταση. Το μοντέλο έκανε προσομοίωση του υπόγειου συστήματος για την 5ετία 2017-2021. Συγκεκριμένα, στις υπάρχουσες αντλήσεις της περιόδου 2017-2021 προστέθηκαν οι επιπλέον αντλήσεις των δύο σεναρίων, δηλαδή των 3 και 8 εκ. m<sup>3</sup> ανά έτος.

**ΣΕΝΑΡΙΟ 1<sup>ο</sup> – 3.000.000 m<sup>3</sup>/yr** - Το βραχυπρόθεσμα σενάριο αναρρύθμισης λαμβάνει υπόψη την υπάρχουσα κατάσταση της περιοχής μελέτης και αξιοποιεί τις υφιστάμενες γεωτρήσεις M6 και M10 του ΤΟΕΒ και του ΟΑΚ καθώς και την νέα προτεινόμενη Γεώτρηση 4 (PRO4). Οι 3 νέες γεωτρήσεις μπορούν να αντλήσουν 1 εκ. m<sup>3</sup> το χρόνο η κάθε μια, με μηνιαία παροχή των 200000 m<sup>3</sup> για 5 μήνες (Μάιος μέχρι



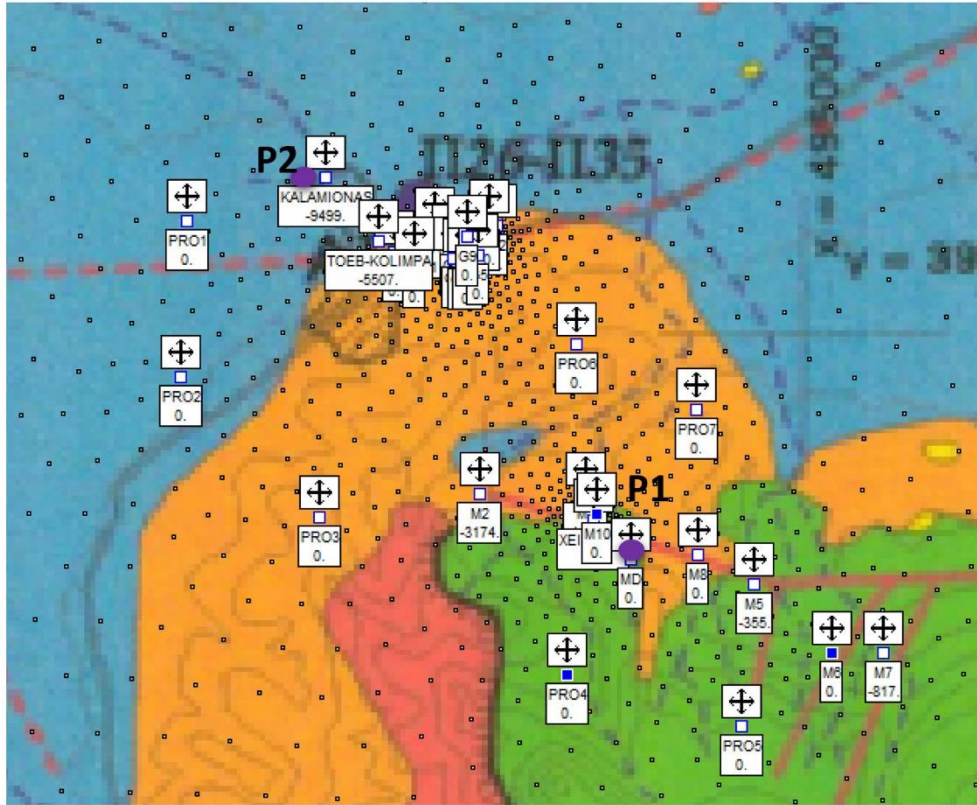
Σεπτέμβριος) και μέση ημερήσια παροχή 66670 κυβικά μέτρα ύδατος με μέγιστη αιχμή 500m<sup>3</sup>/hr

**ΣΕΝΑΡΙΟ 2° - 5.000.000 m<sup>3</sup>/yr** - Το μεσοπρόθεσμο σενάριο περιλαμβάνει τις γεωτρήσεις του βραχυπρόθεσμου σεναρίου και 4 επιπλέον γεωτρήσεις (με μέγιστη αιχμή 500m<sup>3</sup>/hr). Οι 4 νέες προτεινόμενες γεωτρήσεις ΓΕΩΤΡΗΣΗ1(PRO1), ΓΕΩΤΡΗΣΗ 2( PRO2), ΓΕΩΤΡΗΣΗ 5 (PRO5) και ΓΕΩΤΡΗΣΗ 7(PRO7) μπορούν να αντλήσουν 500000 m<sup>3</sup> το χρόνο η κάθε μια, με μηνιαία παροχή των 99990 m<sup>3</sup> για 5 μήνες (Μάιος μέχρι Σεπτέμβριος) και παροχή αιχμής 3333 m<sup>3</sup>/d.

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

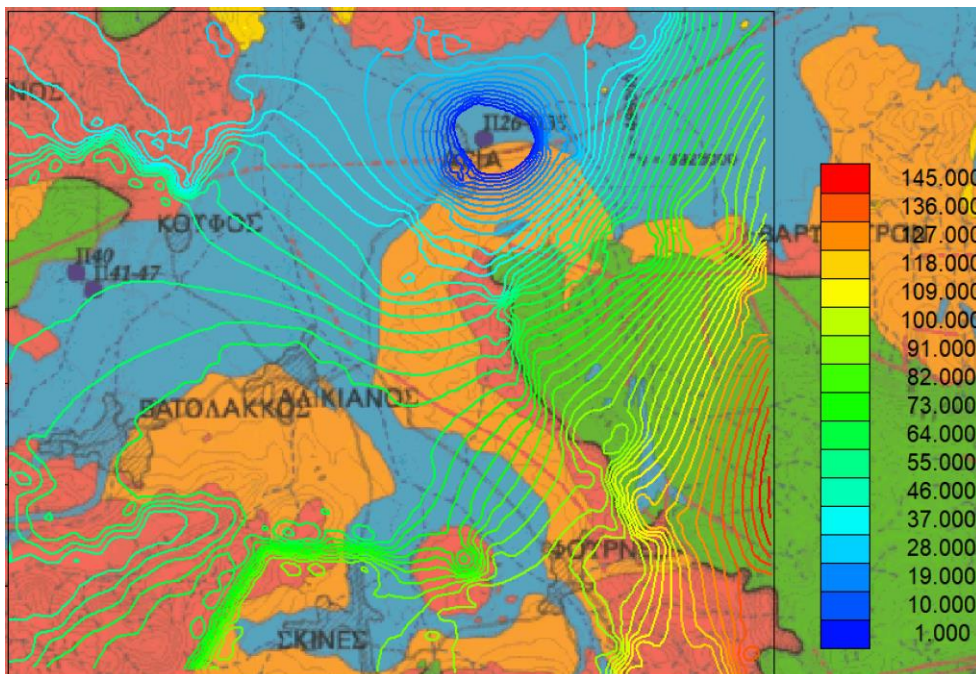
#### **ΣΕΝΑΡΙΟ 1° – 3.000.000 m<sup>3</sup>/yr**

Στο Σενάριο 1 έχουμε την υπάρχουσα κατάσταση και τις υφιστάμενες γεωτρήσεις M6 και M10 του ΟΑΚ και την νέα προτεινόμενη Γεώτρηση 4 (PRO4) οι οποίες αντλούν για 5 μήνες (Μάιος μέχρι Σεπτέμβριος) και μέση ημερήσια παροχή 6670 m<sup>3</sup>/day. Στην Εικόνα 34, τα μπλε τετράγωνα δείχνουν τις θέσεις των τριών επιπρόσθετων γεωτρήσεων και οι μωβ κύκλοι τις θέσεις δύο σημείων παρατήρησης ( τιμές μοντέλου προσομοίωσης). Το σημείο παρατήρησης P1 είναι στην θέση της γεώτρησης MD (ΜΔ) η οποία δεν αντλεί ενώ το σημείο παρατήρησης P2 είναι δίπλα στην πηγή του Καλαμιώνα (για μελέτη της πτώσης στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα).

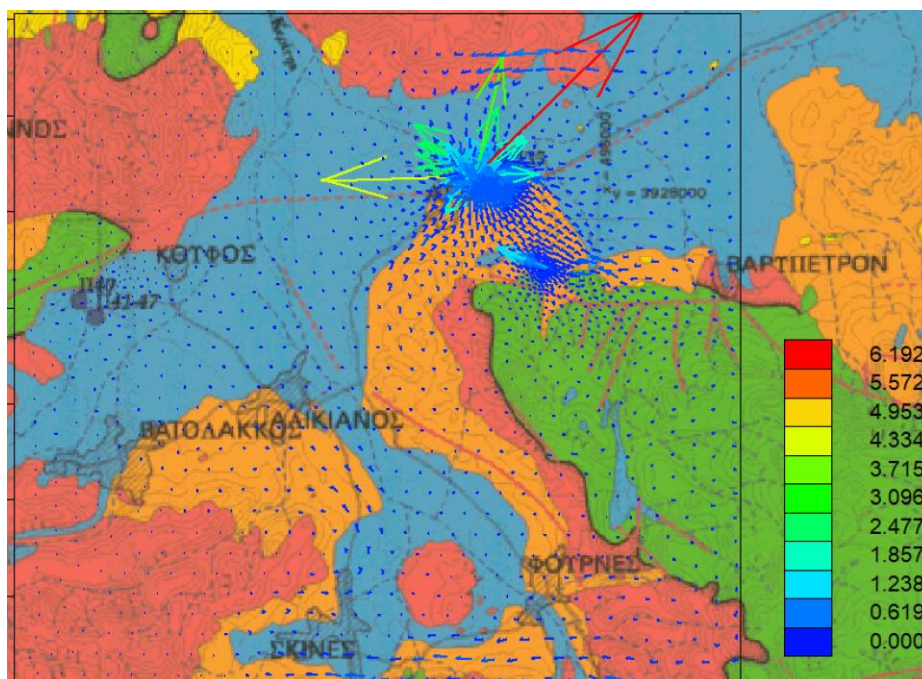


Εικόνα 34: Σενάριο 1- Θέσεις γεωτρήσεων άντλησης M10, M6 και προτεινόμενη νέα γεώτρηση PRO4

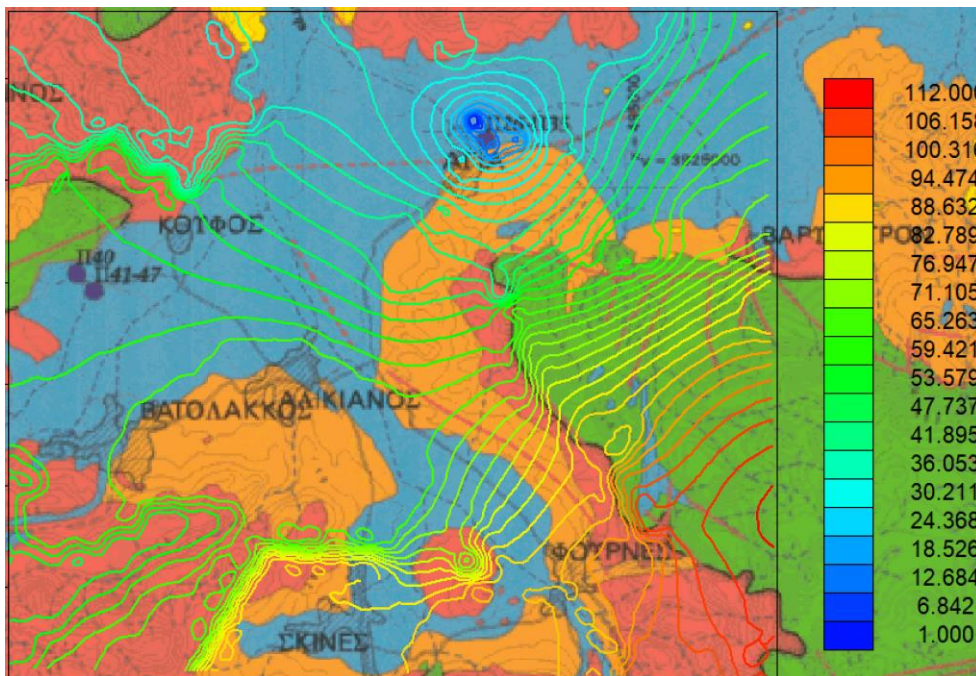
Η προσομοίωση του μοντέλου έδωσε τα εξής αποτελέσματα: Για τον Μάρτιο και τον Αύγουστο (Εικόνα 35 έως Εικόνα 38) έχουμε μικρή πτώση (5 έως 10 μ). Το υπόγειο σύστημα εμφανίζει σημαντική τους μήνες από Οκτώβριο έως Απρίλιο. Ακολουθούν τα αντίστοιχα διαγράμματα:



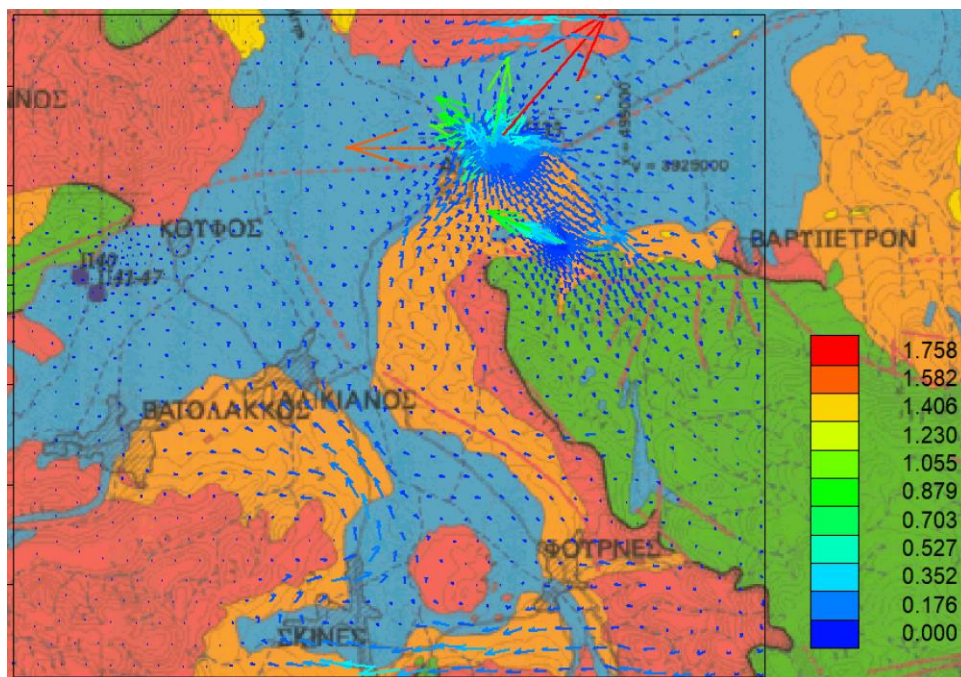
Εικόνα 35: Σενάριο 1. -Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τα υδραυλικά ύψη τον Μάρτιο



Εικόνα 36: Σενάριο 1. -Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για το πεδίο ταχυτήτων υπόγειας ροής τον Μάρτιο



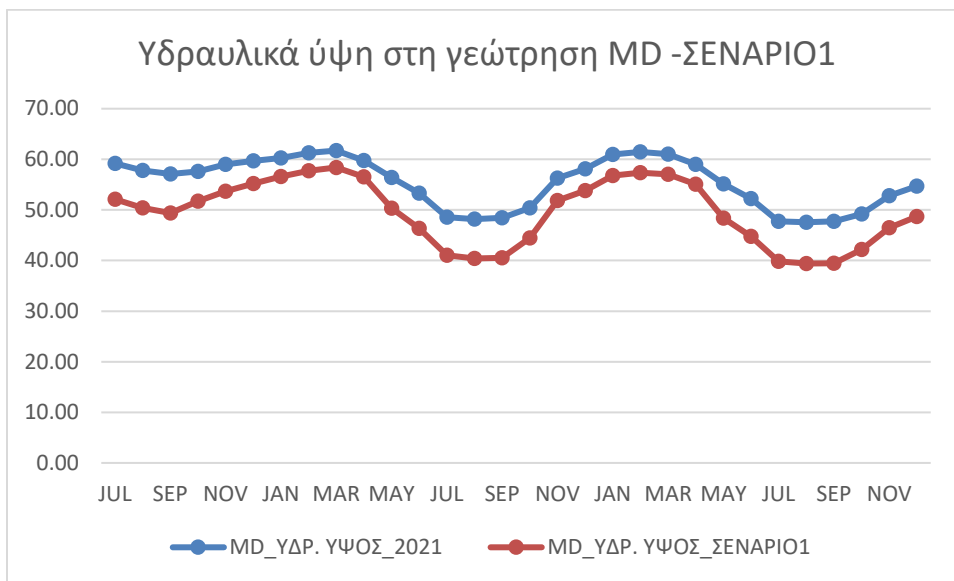
Εικόνα 37:Σενάριο 1. -Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τα υδραυλικά ύψη τον Αύγουστο



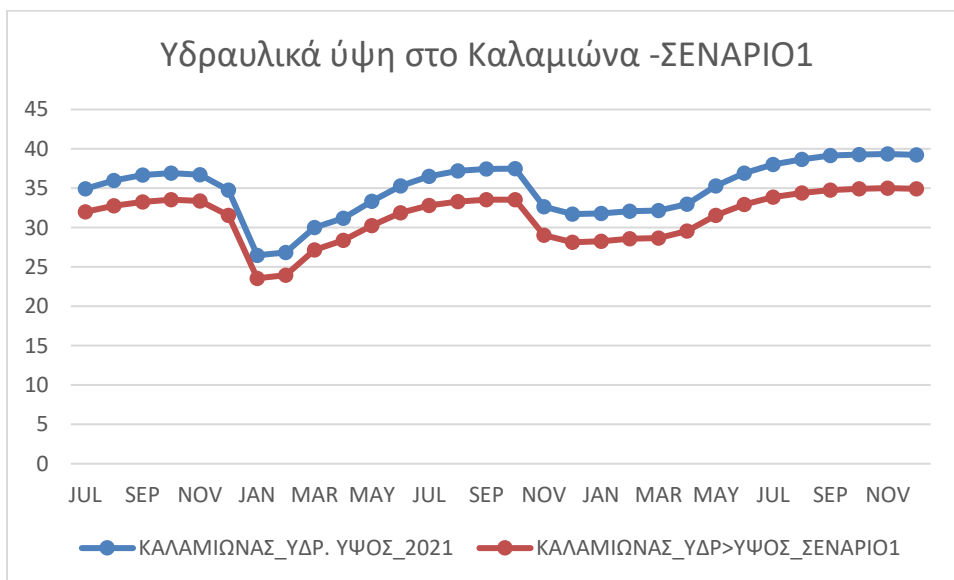
Εικόνα 38:Σενάριο 1. -Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για το πεδίο ταχυτήτων υπόγειας ροής τον Αύγουστο

Ενδιαφέροντα είναι και τα αποτελέσματα της σύγκρισης στα δύο σημεία παρατήρησης P1 (γεώτρηση MD (ΜΔ)) και P2 (σημείο δίπλα στην πηγή του Καλαμιώνα). Στα διαγράμματα

16 και 17, δίνονται συγκριτικά αποτελέσματα της στάθμης (βάθους) του υδροφόρου ορίζοντα και των υδραυλικών υψών στα σημεία P1 και P2 για το 2021 (υπάρχουσα κατάσταση) και την κατάσταση που δημιουργεί οι αντλήσεις του ΣΕΝΑΡΙΟΥ 1.



Διάγραμμα 16: Στάθμη υδροφόρου ορίζοντα στη γεώτρηση ΜΔ του ΟΑΚ

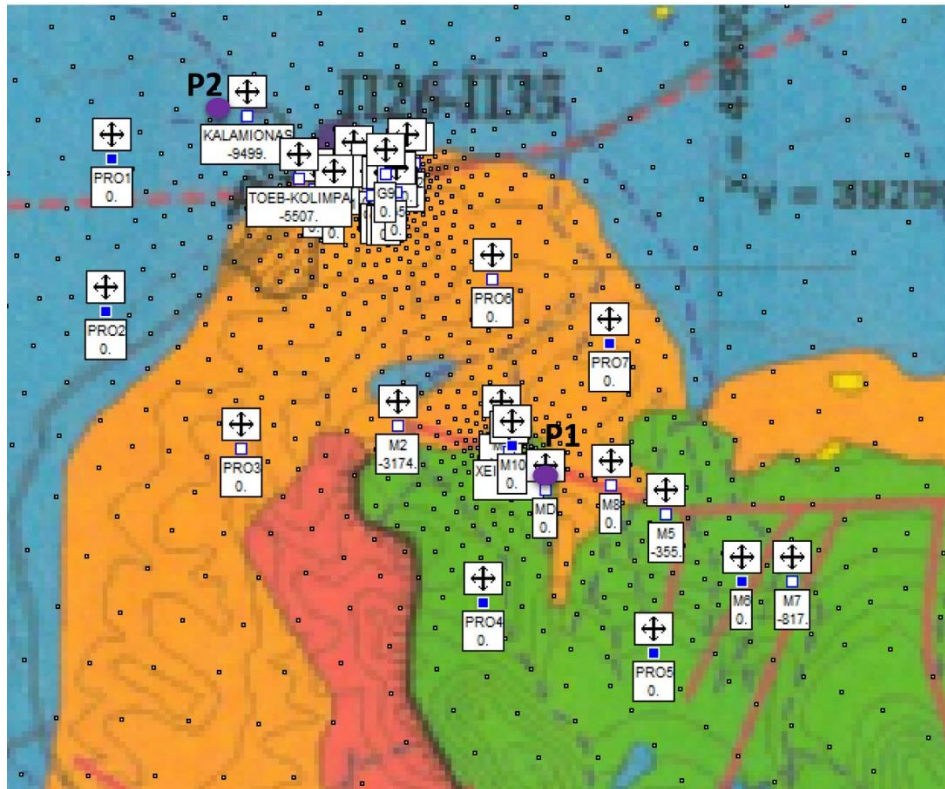


Διάγραμμα 17:Υδραυλικά ύψη στην πηγή του Καλαμιώνα

Και στις δύο περιπτώσεις έχουμε μια μικρή πτώση του υδροφόρου ορίζοντα κατά 5 έως 7 μέτρα σε σχέση με την κατάσταση που είχαμε το έτος 2021. Οι επιπλέον αντλήσεις επηρεάζουν ελάχιστα τις εκφορτήσεις των πηγών.

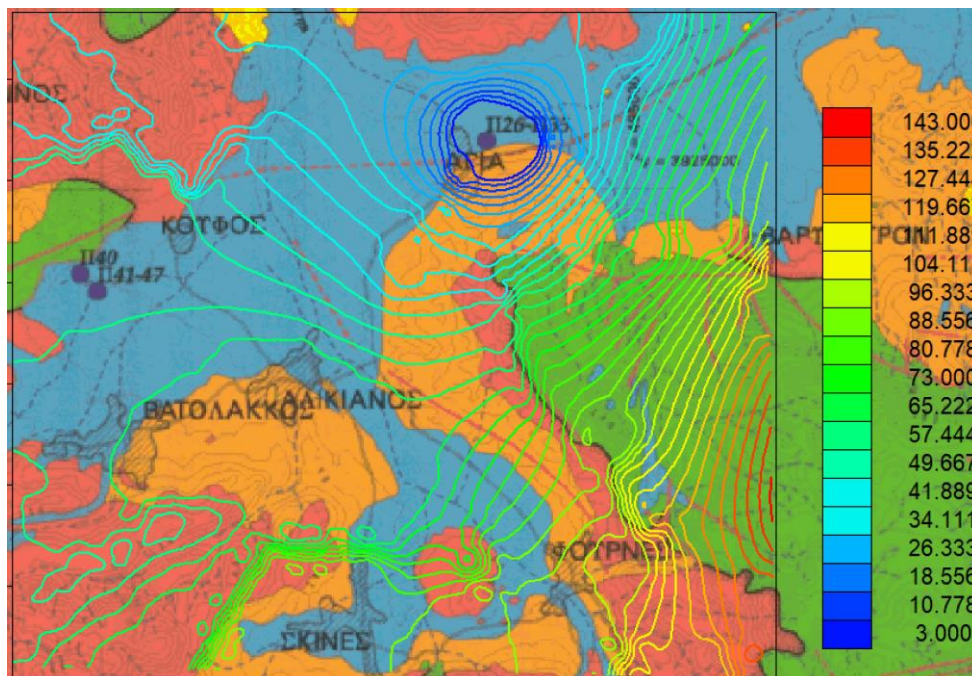
## ΣΕΝΑΡΙΟ 2<sup>ο</sup> – 8.000.000 m<sup>3</sup>/yr

Στο Σενάριο 2 έχουμε την υπάρχουσα κατάσταση, τις υφιστάμενες γεωτρήσεις M6 και M10 του ΟΑΚ, την νέα προτεινόμενη Γεώτρηση 4 (PRO4) οι οποίες αντλούν για 5 μήνες (Μάιος μέχρι Σεπτέμβριος) και μέση ημερήσια παροχή 6670 m<sup>3</sup>/day και επιπλέον 4 νέες προτεινόμενες γεωτρήσεις ΓΕΩΤΡΗΣΗ1(PRO1), ΓΕΩΤΡΗΣΗ 2( PRO2), ΓΕΩΤΡΗΣΗ 5 (PRO5) και ΓΕΩΤΡΗΣΗ 7(PRO7) που αντλούν για 5 μήνες (Μάιος μέχρι Σεπτέμβριος) και μέση ημερήσια παροχή αιχμής 3333 m<sup>3</sup>/d. Στην Εικόνα 39, τα μπλε τετράγωνα δείχνουν τις θέσεις των τριών επιπρόσθετων γεωτρήσεων του ΣΕΝΑΡΙΟΥ 1 και τις 4 νέες γεωτρήσεις PRO1, PRO2, PRO5 και PR7 και οι μωβ κύκλοι τις θέσεις δύο σημείων παρατήρησης ( τιμές μοντέλου προσομοίωσης). Το σημείο παρατήρησης P1 είναι στην θέση της γεώτρησης MD (ΜΔ) η οποία δεν αντλεί ενώ το σημείο παρατήρησης P2 είναι δίπλα στην πηγή του Καλαμιώνα (για μελέτη της πτώσης στάθμης του υδροφόρου οριζοντα)

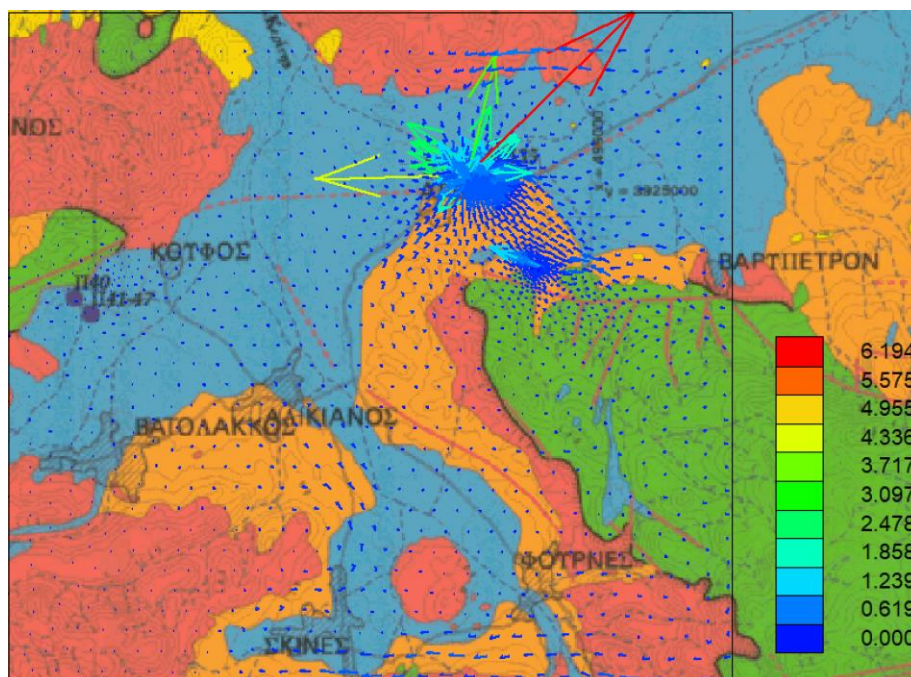


Εικόνα 39: Σενάριο 2- Θέσεις γεωτρήσεων άντλησης M10, PRO4, PRO1, PRO2, PRO5 και PRO7

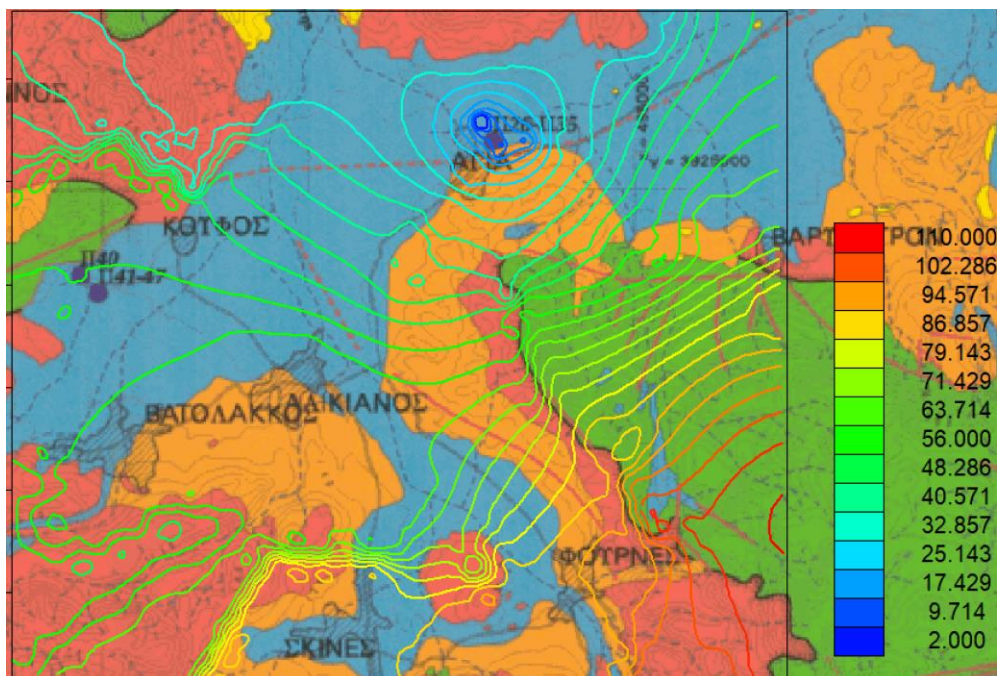
Η προσομοίωση του μοντέλου έδωσε τα εξής αποτελέσματα: Για τον Μάρτιο και τον Αύγουστο\ έχουμε πτώση περίπου 10 μ. Το υπόγειο σύστημα εμφανίζει ανάκαμψη τους μήνες από Οκτώβριο έως Απρίλιο. Ακολουθούν τα αντίστοιχα διαγράμματα:



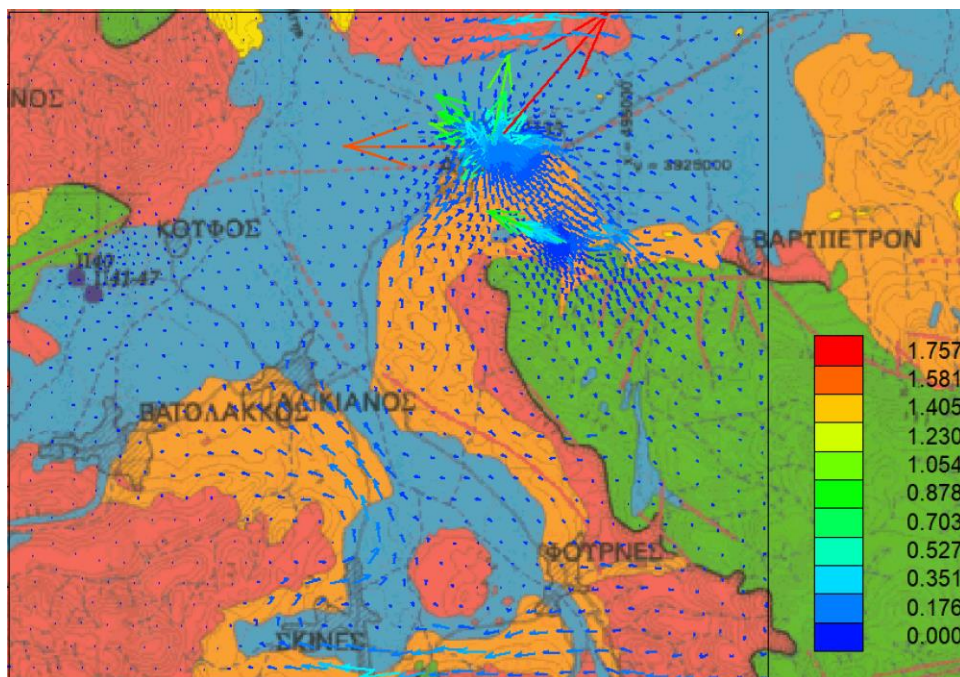
Εικόνα 40:Σενάριο 2. -Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τα υδραυλικά ύψη τον Μάρτιο



Εικόνα 41:Σενάριο 2. -Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για το πεδίο ταχυτήτων υπόγειας ροής τον Μάρτιο



Εικόνα 42: Σενάριο 2. -Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για τα υδραυλικά ύψη τον Αύγουστο

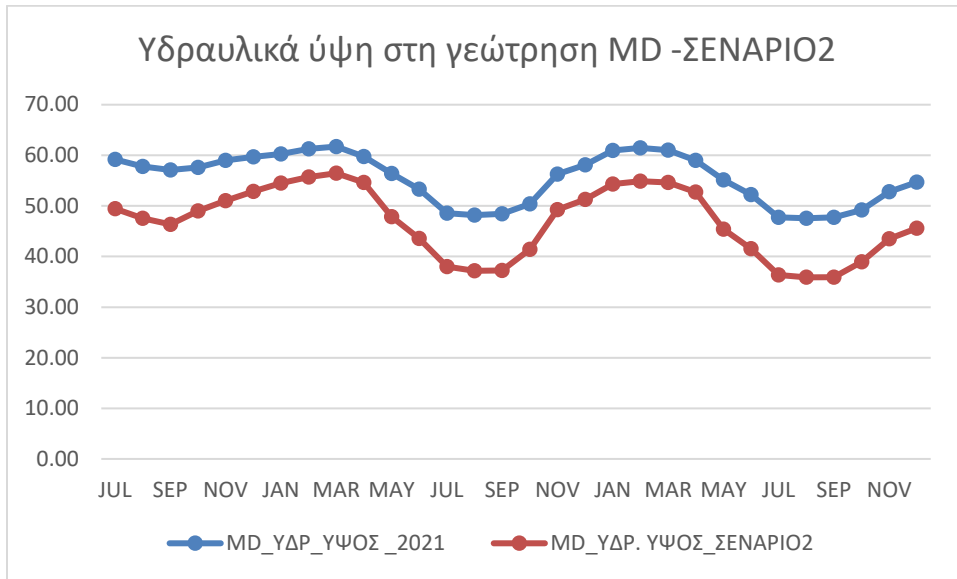


Εικόνα 43:Σενάριο 2. -Αποτελέσματα του μοντέλου υπόγειας ροής για το πεδίο ταχυτήτων υπόγειας ροής τον Αύγουστο.

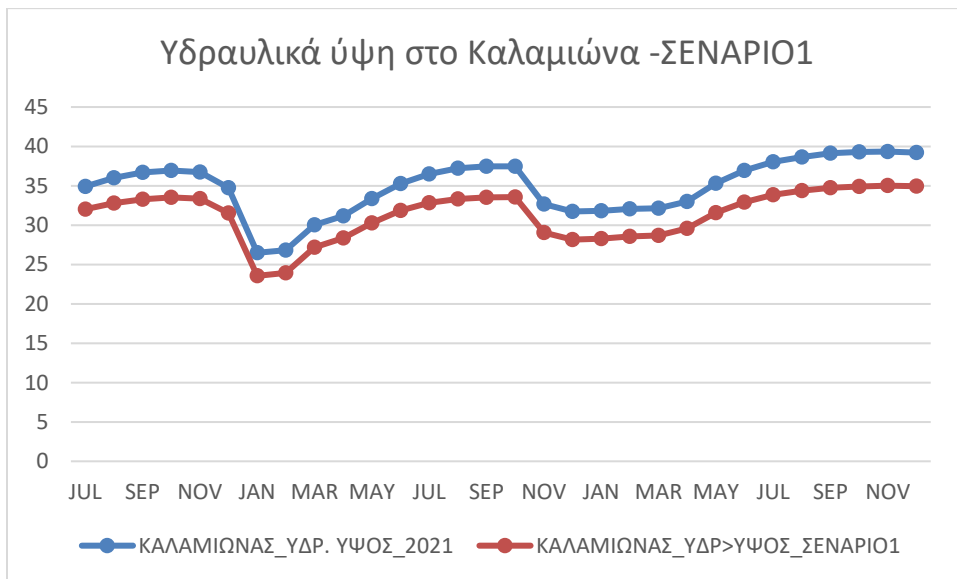
Ενδιαφέροντα είναι και τα αποτελέσματα της σύγκρισης στα δύο σημεία παρατήρησης P1 (γεώτρηση MD (ΜΔ)) και P2 (σημείο δίπλα στην πηγή του Καλαμιώνα). Στα διαγράμματα



18 και 19, δίνονται συγκριτικά αποτελέσματα της στάθμης (βάθους) του υδροφόρου ορίζοντα και των υδραυλικών υψών στα σημεία P1 και P2 για το 2021 (υπάρχουσα κατάσταση) και την κατάσταση που δημιουργεί οι αντλήσεις του ΣΕΝΑΡΙΟΥ 1.



Διάγραμμα 18: Στάθμη υδροφόρου ορίζοντα στη γεώτρηση ΜΔ του ΟΑΚ-Σενάριο 1



Διάγραμμα 19: Στάθμη υδροφόρου ορίζοντα στην πηγή του Καλαμιώνα-Σενάριο 1

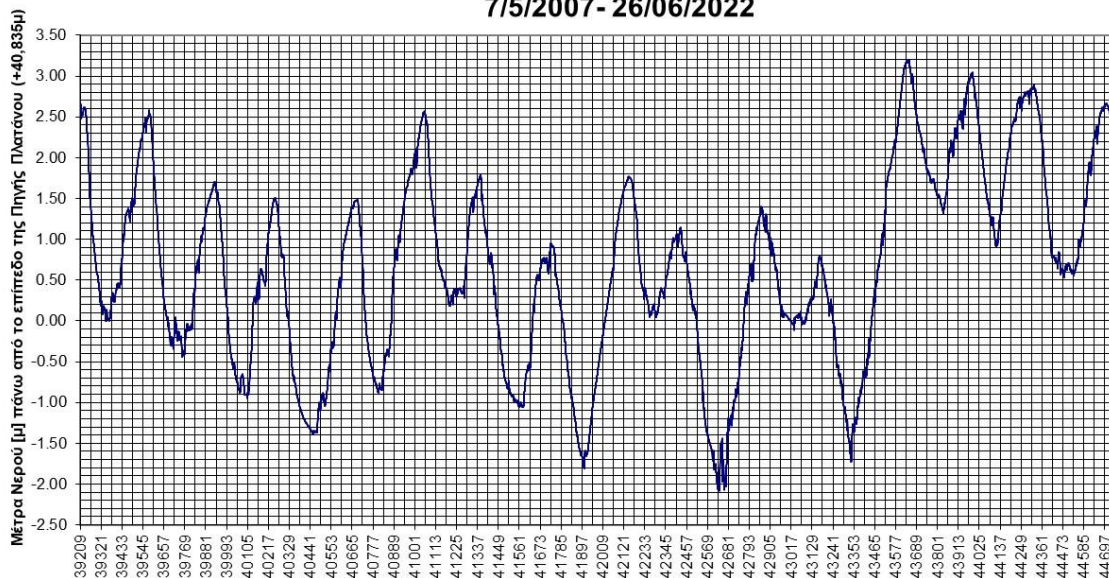
Και στις δύο περιπτώσεις έχουμε μια πτώση του υδροφόρου ορίζοντα από 5 έως 10 μέτρα. Στο Καλαμιώνα τα υδραυλικά ύψη επηρεάζονται περισσότερο κατά την περίοδο των υψηλών εκφορτίσεων αλλά σε όλες τις περιπτώσεις παραμένουν 15 -25 μέτρα πάνω από το επίπεδο της θάλασσας.

Τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης των 2 αυτών σεναρίων έδειξαν ότι δεν υπάρχουν σημαντικές επιπτώσεις στην απόκριση των πηγών. Η στάθμη τους θα υποβαθμιστεί περαιτέρω στη διάρκεια της επιπλέον άντλησης, αλλά θα επανέλθει μόλις αυτές σταματήσουν.

Τα διαγράμματα 20 και 21 που παρέχονται από τη ΔΕΥΑΧ, παρουσιάζουν την στάθμη της πηγής Πλατάνου από το 2007 μέχρι το 2022 σε συνεχόμενη χρονοσειρά και σε ετήσια βάση αντιστοιχώς. Παρατηρείτε ότι η μέγιστη διακύμανση της στάθμης είναι από -2 μέχρι +3 m ενώ η ετήσια κυκλικότητα της πηγής είναι αξιοσημείωτη με τον ρυθμό στείρευσης και αναπλήρωσης της πηγής (πριν την έναρξη των αντλήσεων) να είναι σταθερός. Είναι μεγίστης σημασίας να επισημανθεί ότι κατά τα έτη 2007 έως 2018 υπήρχε πτωτική τάση της στάθμης ενώ με τις πλημμύρες που κατεγράφησαν τον Φεβρουαρίου του 2019 πραγματοποιήθηκε η αναπλήρωση του υδροφορέα κατά σχεδόν 5 m. Οι στάθμες αυτές, είχαν παρατηρηθεί ξανά πριν από το έτος 2007.

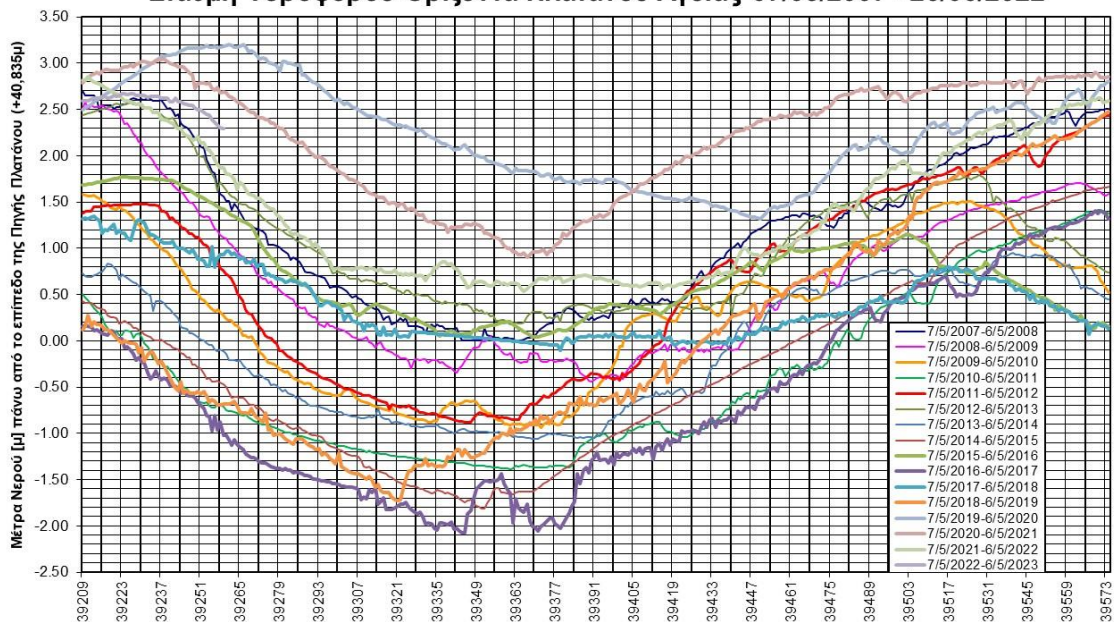
Το φαινόμενο της αναπλήρωσης του υδροφορέα κατά τη διάρκεια ακραίων βροχοπτώσεων όπως αυτές του Φεβρουαρίου του 2019, αποτελεί ένδειξη της ανθεκτικότητας του και έχει θετικό αντίκτυπο στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην περιοχή. Γενικά στην Κρήτη αναμένουμε ότι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής θα είναι η μείωση των βροχοπτώσεων, η αύξηση της θερμοκρασίας, η αύξηση των φαινομένων ξηρασίας και πιο ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα. Αυτό σημαίνει ότι τα ακραία φαινόμενα βροχόπτωσης μπορούν να αναπληρώσουν τον υπόγειο υδροφορέα και να αντιμετωπίσουν τα φαινόμενα ξηρασίας και λειψυδρίας. Εκτιμάται ότι η αναπλήρωση αυτή έγινε διότι σε μία μεγάλη περιοχή της λεκάνης απορροής που βρίσκεται ο υδροκρίτης του οροπεδίου του Ομαλού, δεν υπάρχει υδρολογική διέξοδος των νερών μέσω επιφανειακής απορροής αλλά μόνο μέσω των δύο καταβόθρων που καταλήγουν τελικά να αναπληρώνουν τον υδροφορέα.

**Στάθμη Υδροφόρου Ορίζοντα Πλατάνου Αγιάς  
7/5/2007 - 26/06/2022**



Διάγραμμα 20: Στάθμη υδροφόρου ορίζοντα της πηγής Πλατάνου.

**Στάθμη Υδροφόρου Ορίζοντα Πλατάνου Αγιάς 07/05/2007 - 26/06/2022**



Διάγραμμα 21: Ετήσια διακύμανση της στάθμη υδροφόρου ορίζοντα της πηγής Πλατάνου.

Μέρος της ανάλυσης του Υποέργου «Κατάρτιση Επιχειρησιακού Σχεδίου Αναρρύθμισης των Πηγών Αγυιάς» αποτελεί το σύστημα παρακολούθησης του υδροφορέα καθώς και ο καθορισμός των ορίων του υδροφορέα για "επικίνδυνη κατάσταση" μη αντιστρεπτής, είτε ποσοτικής είτε ποιοτικής, μεταβολής (επικοινωνία με πηγή "Καλαμιώνα").

Η ΔΕΥΑ Χανίων ανέλαβε την υλοποίηση των 2 υποέργων που αφορούν την κατασκευή πιεζομετρικών γεωτρήσεων παρακολούθησης και Προμήθειας Τηλεμετρικών Σταθμών Μέτρησης. Οι γεωτρήσεις παρακολούθησης κατασκευάστηκαν και η Εικόνα 44 παρουσιάζει την χωροθέτηση των γεωτρήσεων παρακολούθησης σε σχέση με τις πηγές Αγυιάς (Πλατάνου, Κολύμπας και Καλαμιώνα).



ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΕΓΣΑ 87 ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ				
	Χ	Ψ	Z	ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ
ΠΚ1	493549,228	3925372,249	40,205	-0,40
ΠΚ2	493480,220	3925569,205	37,350	+1,50
ΠΚ3	493436,336	3925422,377	41,276	-1,45

Εικόνα 444.: Χωροθέτηση των νέων γεωτρήσεων παρακολούθησης και των πηγών της Αγυιάς (συντεταγμένες και στάθμη νερού).

Οι αποστάσεις μεταξύ των πηγών και των γεωτρήσεων παρακολούθησης είναι οι ακόλουθες:

- Πηγών Πλατάνου και Κολύμπας 203 m
- Πηγή Κολύμπας και ΠΚ1 60 m
- ΠΚ1 και ΠΚ3 124 m
- ΠΚ3 και ΠΚ2 153 m
- ΠΚ2 και πηγής Καλαμιώνα 72 m

Οι απόλυτη στάθμη νερού (m πάνω από τη Θάλασσα) στις 2-11-2023 παρουσιάζεται στο διάγραμμα 22:

- Πηγή Πλατάνου 40,005 m
- Πηγή Κολύμπας 39.93 m (0.25 m κάτω από την υπερχειλίση 40.18 m)
- ΠΚ1 39.805 m
- ΠΚ3 39.826 m
- ΠΚ2 38.85 m (αρτεσιανό νερό +1.5 m πάνω από το gerper)
- Πηγή Καλαμιώνα 34.57 m (0.05 m πάνω από την υπερχειλίση 34.52 m)



- **Διάγραμμα 222: Απόλυτες στάθμες πάνω από την θάλασσα σε μέτρα των γεωτρήσεων παρακολούθησης και των πηγών της Αγυιάς.**

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι πηγές του Πλατάνου και της Κολύμπας καθώς και οι γεωτρήσεις παρακολούθησης ΠΚ1 και ΠΚ3 έχουν την ίδια στάθμη (39.8 έως 40 μ.) και βρίσκονται στην ίδια υδροφορία. Η γεωτρήση παρακολούθησης ΠΚ2 είναι αρτεσιανή, βρίσκεται 153 μέτρα μακριά από την ΠΚ3 και έχει στάθμη ένα μέτρο χαμηλότερη από την ΠΚ3. Τέλος, η πηγή του Καλαμιώνα βρίσκεται 72 μέτρα μακριά από την ΠΚ2 και

υπερχειλίζει με απόλυτη στάθμη στα 34.57 μ. Δηλαδή σε μία απόσταση περίπου 150 μέτρων έχουμε μία διαφοροποίηση της στάθμης από τα 39.8 μ στα 34.6 μ ή 5 μέτρα υψομετρική διαφορά.

Είναι εμφανές ότι οι πηγές Πλατάνου και Κολύμπας και οι γεωτρήσεις ΠΚ1 και ΠΚ3 βρίσκονται σε διαφορετική υδροφορία από την πηγή του Καλαμιώνα και της γεώτρησης ΠΚ2 και ότι ανάμεσα τους παρεμβάλεται ένα αδιαπέρατο τεκτονικό ρήγμα. Τα αποτελέσματα αυτά είναι συμβατά με την γεωτεκτονική μελέτη του καθ. Βαφείδη (2017) στην οποία προσδιορίζεται το κάθετο στο κύριο ρήγμα της Αγυιάς το οποίο βρίσκεται μεταξύ των πηγών και Πλατάνου και Κολύμπας και Καλαμιώνα.

Για την ανάπτυξη συστήματος λήψης απόφασης, έγιναν χημικές αναλύσεις των γεωτρήσεων και των πηγών οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 16. Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των πηγών είναι συμβατά με τις μετρήσεις προηγούμενων ετών. Τα δείγματα των γεωτρήσεων είχαν αρκετά υψηλή θολερότητα λόγω του ότι οι γεωτρήσεις δεν είχαν αναπτυχθεί επαρκώς. Οι γεωτρήσεις παρουσιάζουν χημική σύσταση η οποία είναι μεταξύ της πηγής του Καλαμιώνα και των πηγών Πλατάνου και Κολύμπας. Δηλαδή έχουν χλωριόντα, θειικά, αγωγιμότητα, νάτριο και ασβέστιο σε συγκεντρώσεις ενδιάμεσες εκείνων των πηγών. Οι δειγματοληψίες αυτές θα πρέπει να ξαναγίνουν μετά την περαιτέρω ανάπτυξη των γεωτρήσεων.

Η διαφοροποίηση της γεωχημικής σύστασης των γεωτρήσεων από τις αντίστοιχες πηγές πιθανόν να αντικατοπτρίζουν τοπικές γεωχημικές συνθήκες στάσιμου νερού. Ποιο συγκεκριμένα, οι γεωτρήσεις ΠΚ1 και ΠΚ3 είναι κοντά στο ρήγμα που απομονώνει τους δύο υδροφορίες και σε απόσταση τουλάχιστον 100-300 μ. από τις αρτεσιανές εκφορτίσεις των πηγών Κολύμπας και Πλατάνου. Υποθέτουμε ότι νερό στις γεωτρήσεις αυτές θα είναι σχετικά στάσιμο και η χημική σύσταση αντικατοπτρίζει τις τοπικές γεωχημικές συνθήκες. Αντίστοιχα και για την ΠΚ2. Προτείνουμε περαιτέρω παρακολούθηση της χημείας των γεωτρήσεων παρακολούθησης μετά την ανάπτυξη των πηγών.

Το τηλεμετρικό σύστημα που θα εγκατασταθεί (σε συνδυασμό με τις μετρήσεις του υφιστάμενου τηλεμετρικού δικτύου της Δ/σης Υδάτων), θα μετράει την στάθμη, το pH και την αγωγιμότητα των 3 γεωτρήσεων. Για την ανάπτυξη συστήματος λήψης απόφασης που θα προειδοποιήσει για "επικίνδυνη κατάσταση" θα πρέπει να αναλύσουμε τα δεδομένα που θα συλλεχθούν από το τηλεμετρικό σύστημα των γεωτρήσεων και να τα συσχετίσουμε με τις στάθμες και την χημεία των πηγών. Σε γενικές γραμμές θεωρούμε ότι οι γεωτρήσεις θα συμπεριφερθούν ως ακολούθως:

- Οι γεωτρήσεις ΠΚ1 και ΠΚ3 θα έχουν παρόμοια στάθμη η οποία θα συσχετίζεται με την στάθμη της πηγής της Κολύμπας με αποτέλεσμα η μέγιστη στάθμη να είναι 10-20 εκ. πάνω από το *gerper* της πηγής της Κολύμπας που είναι 40.18 μέτρα.
- Αν θεωρήσουμε ότι η μέτρηση της στάθμης των ΠΚ1 και ΠΚ3 που πήραμε ήταν στο τέλος της αρδευτικής περιόδου και δεν είχαμε σημαντικές βροχοπτώσεις, ότι η πηγή της Κολύμπας ήταν 25 εκ. κάτω από την υπερχείλιση, άρα θα είναι κοντά στο κατώτερο όριο, τότε το εύρος της διακύμανσης της στάθμης των ΠΚ1 και ΠΚ3 θα πρέπει να είναι μεταξύ 39.8 και 40.3 μέτρα τα οποία θα πρέπει να είναι και τα όρια παρακολούθησης.
- Η γεώτρηση ΠΚ2 είναι αρτεσιανή και συσχετίζεται με την πηγή του Καλαμιώνα και έχει 1 μέτρο διαφορά στάθμης με τις γεωτρήσεις ΠΚ1 και ΠΚ3. Η συσχέτιση αυτή θα πρέπει να προσδιοριστεί από τις μετρήσεις πεδίου και να καθοριστούν τα όρια παρακολούθησης της γεώτρησης.

Πίνακας 166: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των γεωτρήσεων παρακολούθησης και των πηγών της Αγιάς

		ΠΗΓΗ ΠΛΑΤΑΝΟΥ	ΠΗΓΗ ΚΟΛΥΜΠΑΣ	ΠΚ1	ΠΚ3	ΠΚ2	ΠΗΓΗ ΚΑΛΑΜΙΩΝΑ
<b>Cl<sup>-</sup></b>	mg/L	13.86	16.66	29.62	23.17	21.63	46.26
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	mg/L	19.86	53.85	538.35	252.62	91.37	954.29
<b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	mg/L	0.66	0.73	0.50	0.20	0.58	0.77
<b>P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	mg/L	<0,005	<0,005	<0,010	<0,005	<0,005	<0,010
<b>N-NH<sub>3</sub></b>	mg/L	0.04	0.04	0.05	0.04	0.02	0.07
<b>N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	mg/L	<0,005	<0,005	0.028	0.018	<0,005	<0,010
<b>F<sup>-</sup></b>	mg/L	0.23	0.40	1.89	1.27	0.53	1.94
<b>Turbidity</b>	NTU	<1,00	<1,00	17.43	17.05	11.39	2.42
<b>pH</b>		7.43	7.49	7.73	7.75	7.89	7.60
<b>EC (25°C)</b>	μS/cm	328	389	1168	736	476	1648
<b>Br<sup>-</sup></b>	mg/L	0.08	0.09	0.21	0.13	0.09	0.22
<b>Na</b>	mg/L	5.985	7.305	18.618	11.273	10.776	21.056
<b>Mg</b>	mg/L	9.104	12.767	35.787	25.316	15.734	56.196
<b>K</b>	mg/L	0.199	0.251	0.546	0.662	0.298	0.603
<b>Ca</b>	mg/L	31.696	38.834	106.890	70.620	43.176	183.990
<b>Mn</b>	mg/L	0.003	0.003	0.026	0.047	0.003	0.001
<b>Fe</b>	mg/L	0.002	0.025	0.007	0.002	0.021	0.008

## 8. ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΡΡΥΘΜΙΣΗ

Η συμπεριφορά των πηγών στην αναρρύθμιση θα πρέπει να μελετηθεί γι' αυτό και προτείνεται η αναρρύθμιση να γίνει σταδιακά. Η υπάρχουσα υποδομή μαζί με τις τις δύο γεωτρήσεις που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί (Μ6 και Μ10) του ΟΑΚ και του ΤΟΕΒ έχουν την ικανότητα να αντλήσουν πάνω από 31.5 εκ. m<sup>3</sup> το χρόνο όπως αναδείχτηκε από τα δεδομένα του 2018 τα οποία είναι ικανά να καλύψουν την ζήτηση σε περιόδους ξηρασίας. Προτείνουμε τα ακόλουθα:

1. **Γεώτρηση ΔΕΥΑΧ** - Αδειοδότηση μίας επιπλέον γεώτρηση για την ΔΕΥΑΧ η οποία έχει χωροθετηθεί (προτεινόμενη Γεώτρηση 4) για να καλύπτει ανεξάρτητα από άλλους φορείς τις ανάγκες ύδρευσης του Δήμου Χανίων. Το δυναμικό αυτής της γεώτρησης μπορεί να είναι 500 m<sup>3</sup>/hr.
2. **Αξιολόγηση της απόκρισης του υδροφορέα** - Μετά την σύνδεση και χρήση των νέων γεωτρήσεων (Μ6, Μ10 και Γεώτρηση 4) των φορέων και μετά από ελάχιστο τρία χρόνια χρήσης των νέων γεωτρήσεων προτείνεται να γίνει μελέτη που θα αξιολογήσει την απόκριση του υδροφορέα στην αναρρύθμιση με έμφαση στις επιπτώσεις της αναρρύθμισης στα ξηρά έτη.
3. **Παρακολούθηση των γεωτρήσεων και πηγών** - Προτείνεται να δημιουργηθεί ολοκληρωμένο σύστημα παρακολούθησης των εισροών και εκροών του υδροφορέα το οποίο θα συλλέγει δεδομένα (τηλεμετρικά) στην διάρκεια της σταδιακής αναρρύθμισης των πηγών για την αξιολόγηση του συστήματος και τον ρυθμό επαναφοράς του υδροφορέα. Συγκεκριμένα για το σύστημα παρακολούθησης προτείνονται
  - Να εγκατασταθούν τηλεμετρικά παροχόμετρα σε όλες τις γεωτρήσεις του ΟΑΚ, ΔΕΥΑΧ, ΤΟΕΒ Βαρυπέτρου καθώς και στις υπόλοιπες γεωτρήσεις που υπάρχουν στο σύστημα του Κουφού-Αλικιανού-Βαρυπέτρου και στη περιοχή Φουρνές-Σκινές. Αυτή τη στιγμή μόνο μερικές γεωτρήσεις των παραπάνω φορέων έχουν υδρόμετρα με μέτρηση της παροχής. Η παροχή των γεωτρήσεων του ΟΑΚ για παράδειγμα εκτιμήθηκε από τις ώρες λειτουργίας και το δυναμικό της κάθε γεώτρησης.
  - Να εγκατασταθεί τηλεμετρικό σύστημα μετρήσεων εκφόρτισης των πηγών. Σε αυτή την μελέτη έχουμε αξιοποιήσει τα δεδομένα εκφορτίσεων από τις πηγές Πλανάνου και Κολύμπας. Θα πρέπει να εγκατασταθεί σύστημα για την μέτρηση των εκφορτίσεων των πηγών Καλαμιώνα και Μεσκλών.
  - Να συμπεριληφθούν στο τηλεμετρικό σύστημα οι μετρήσεις στάθμης του υδροφορέα της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης στα Μυλωνιανά καθώς



και της στάθμης της πηγής Πλατάνου η οποία μετριέται από την ΔΕΥΑΧ και να προστεθούν οι στάθμες των πηγών Κολύμπας, Καλαμιώνα και Μεσκλών.

- Να δημιουργηθεί τηλεμετρικός σταθμός μέτρησης της παροχής του ποταμού Κερίτη κατόπιν της Αγκυιάς για την επιβεβαίωση της οικολογικής παροχής του ποταμού.
- Να δημιουργηθεί ένα έξυπνο σύστημα αξιολόγησης του υδροφορέα. Το σύστημα αυτό θα δέχεται τα δεδομένα άντλησης των γεωτρήσεων καθώς και τις παροχές εκφορτίσεων της κάθε πηγής και θα αξιολογεί την κατάσταση του υδροφορέα και θα στέλνει μηνύματα στους διαχειριστές με την κατάσταση του υδροφορέα και τον βαθμό επικινδυνότητας.

4. **Παρακολούθηση συσχέτισης στάθμης Κουφού-Καλαμιώνα.** -Προτείνεται να μελετηθεί η συσχέτιση της στάθμης του Κουφού με την στάθμη του Καλαμιώνα. Η καλή συσχέτιση θα επιβεβαιώσει την ανεξαρτησία των δύο υδροφορέων. Επιπλέον, οι στάθμες των τριών γεωτρήσεων που θα γίνουν στην περιοχή μεταξύ Καλαμιώνα και Κολύμπας θα δείξουν αν υπάρχει επικοινωνία μεταξύ των πηγών. Βέβαια, η στάθμη της πηγής του Πλατάνου δεν θα πρέπει να κατέβει κάτω από το +33 μ στην διάρκεια της αναρρύθμισης για πλήρη προστασία των πηγών από την επιβάρυνση με θειικά.

5. **Ετήσιες εκθέσεις με τα αποτελέσματα του προγράμματος παρακολούθησης** - Προτείνεται να γίνονται ετήσιες εκθέσεις με τα δεδομένα παρακολούθησης του υδροφορέα και την συνολική διαχρονική διακύμανση των παροχών εκχείλισης των πηγών, των σταθμών του υδροφορέα και των παροχών άντλησης κάθε φορέα. Η ετήσια έκθεση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο για την ενημέρωση της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης αλλά και για την ενημέρωση και επιμόρφωση των πολιτών για την κατάσταση των υδατικών αποθεμάτων της περιοχής.

6. **Οικολογική παροχή ποταμού Κερίτη** - Ο ποταμός Κερίτης είναι στο μεγαλύτερο μήκος του ποταμός διαλλείπουσας ροής. Ο ποταμός τροφοδοτείται από τις πηγές των Μεσκλών (οι οποίες στερεύουν στην αρχή του καλοκαιριού) καθώς και από τις πηγές της Αγκυιάς (Πλατάνου, Κολύμπας και Καλαμιώνα). Το σύστημα των πηγών της Αγκυιάς έχει εν μέρη αναρρυθμιστεί με τις υπάρχουσες και προτεινόμενες γεωτρήσεις, ενώ μέρος των απορροών των Μεσκλών χρησιμοποιείται για υδρευτικές και αρδευτικές ανάγκες. Ταυτόχρονα, υπάρχει η υδρομάστευση του ποταμού στο Πατελάρι. Η οικολογική παροχή κατόπιν της λίμνης της Αγκυιάς έχει προσδιοριστεί στα 360 m<sup>3</sup>/hr με την έγκριση των περιβαλλοντικών όρων (ΚΥΑ ΕΠΟ 125585/24.1.2007) του έργου της ΔΕΗ Α.Ε. «Υφιστάμενος Μικρός Υδροηλεκτρικός

Σταθμός Αγυιάς». Η οικολογική παροχή του ποταμού Κερίτη, ενός ποταμού διαλείπουσας ροής δεν έχει προσδιοριστεί και θα πρέπει να γίνει ειδική περιβαλλοντική μελέτη για τον προσδιορισμό της.

7. **Αιτιολόγηση περαιτέρω αναρρύθμισης** - Η έγκριση περαιτέρω αναρρύθμισης πρέπει να συνοδεύεται από αιτιολογημένη έκθεση που να προσδιορίζει την αύξηση της ζήτησης καθώς και των μέτρων που έχουν εφαρμοστεί για την μείωση της κατανάλωσης.
8. **Μέτρα μείωσης κατανάλωσης** - Ενδεικτικά μέτρα μείωσης της κατανάλωσης της ύδρευσης:
  - Μέτρα εξοικονόμησης νερού (πχ καθορισμό ανώτατου ορίου ανά χρήστη, πρακτικών χρήσης κλπ)
  - Μείωση διαρροών και απωλειών στο σπίτι και στο δίκτυο
  - Αύξηση των τελών ύδρευσης και εισαγωγή ειδικού φόρου κατανάλωσης νερού για κατανάλωση νερού πέρα από τα ενδεδειγμένα όρια (υπερκατανάλωση)
  - Συλλογής και επαναχρησιμοποίησης νερού οικιακής χρήσης (ντους και νεροχύτη - grey water) για την αξιοποίησή του στην τουαλέτα, ενθάρρυνση των καταναλωτών με οικονομικά οφέλη.
  - Εγκατάσταση συσκευών εξοικονόμησης νερού (περιορισμός ροής βρυσών, καζανάκια διπλής ροής)
  - Εκτεταμένα προγράμματα ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης
  - Επιπλέον είναι σημαντικό να προωθηθούν έργα όπως ο διαχωρισμός του δικτύου πόσιμου με αρδευτικού νερού στο Ακρωτήριο για την καλύτερη διαχείριση των υδατικών πόρων. Έτσι θα υπάρχει η δυνατότητα η ποιότητα του νερού ύδρευσης να είναι υψηλή, ενώ σε περιπτώσεις λειψυδρίας η ποιότητα του αρδευτικού νερού να είναι υποβαθμισμένη.

## 9. ΣΕΝΑΡΙΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΑΓΙΑΣ

Η τεχνητή λίμνη της Αγιάς κατασκευάστηκε το 1928 για να τροφοδοτήσει το υδροηλεκτρικό εργοστάσιο της ΔΕΗ. Η λίμνη είναι ένα σημαντικό οικοσύστημα χλωρίδας και ορνιθοπανίδας της περιοχής και αποτελεί πέρασμα εκατοντάδων αποδημητικών πουλιών, που βρίσκουν καταφύγιο τους χειμερινούς μήνες στην λίμνη. Οι περιβαλλοντικοί όροι για την διαχείριση της λίμνης της Αγιάς καθορίστηκαν στην ΚΥΑ 125585/24.1.2007 η οποία προβλέπει την δημιουργία φορέα διαχείρισης για την λήψη όλων των απαραίτητων μέτρων για την αντιρύπανση της λίμνης και του περιβάλλοντα χώρου της λίμνης.

Στην λίμνη έχουν γίνει οι εξής δύο μελέτες τα τελευταία 10 χρόνια. Από το Πολυτεχνείο Κρήτης εκπονήθηκε η μεταπτυχιακή εργασία του Γ. Γραμματικάκη (2012) « Αξιολόγηση και μοντελοποίηση της κατάστασης ευτροφισμού της λίμνης της Αγιάς» και από το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης (2017) «ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ ΜΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟΝ ΠΥΘΜΕΝΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΤΗΣ ΑΓΙΑΣ ΧΑΝΙΩΝ».

Τα κύρια προβλήματα της λίμνης Αγιάς είναι η ιζηματογένεση η οποία συρρικνώνει την έκταση της λίμνης, μειώνει τον ενεργό όγκο του νερού καθώς και οι αντλήσεις νερού για άρδευση από την λίμνη τους καλοκαιρινούς μήνες που προκαλούν έντονες μεταβολές της στάθμης της λίμνης με επιπτώσεις στην αναπαραγόμενη ορνιθοπανίδα στις όχθες. Η ΚΥΑ 125585/24.1.2007 καθορίζει ως βασική προτεραιότητα την διατήρηση του όγκου της λίμνης καθ όλη την διάρκεια του χρόνου.

Η μελέτη του Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης προτείνει μεθόδους εκβάθυνσης της λίμνης και την αποκατάσταση του αρχικού βάθους του πυθμένα του ταμιευτήρα (απομάκρυνση των φερτών υλικών) με τη μέθοδο της άντλησης για να αυξηθεί η χωρητικότητά του. Συγκεκριμένα η έκθεση προτείνει «Απαραίτητη προϋπόθεση είναι τα έργα συντήρησης να εκτελούνται λαμβάνοντας υπόψη την υφιστάμενη (ζωντανή) χλωρίδα της λίμνης και τους σημαντικούς μικροθύλακες για την πανίδα που έχουν δημιουργηθεί εντός και στην περιφέρειά της. Οι εργασίες θα πρέπει να μη θίγουν τη βλάστηση της λίμνης. Η επέμβαση προτείνεται επίσης να πραγματοποιηθεί σε περίοδο μικρότερης παρουσίας και δραστηριότητας της ορνιθοπανίδας. Τέτοια περίοδος είναι τα τέλη χειμώνα (τέλη Φεβρουαρίου) και τον Οκτώβριο (εναλλακτικά τέλη Σεπτεμβρίου ως αρχές-Νοεμβρίου)».

Επιπλέον η μελέτη προτείνει «ως κατώτερη επιτρεπτή στάθμη τα 37,7m για το διάστημα από την αρχή της αρδευτικής περιόδου ως τις 10 Ιουλίου και τα 37m για τον υπόλοιπο Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο. Από τις αρχές Οκτωβρίου είναι αναγκαία η σταδιακή επανάκαμψη της λίμνης σε στάθμη πάνω από τα 37,5m.

Και συνοπτικά:

- Νοέμβριος-10 Ιουλίου: Από το ύψος της υπερχειλίσης ως το πολύ 30cm πιο κάτω
- 10 Ιουλίου-Σεπτέμβριος/Οκτώβριος: από -0,5cm ως -1m από την υπερχειλίση.»

Μέτρα παρακολούθησης της απόκρισης των πηγών και διαχείριση της λίμνης Αγυιάς - Με βάση τα σενάρια αναρρύθμισης των πηγών και την αξιολόγηση των επιπτώσεων τους, προτείνονται τα ακόλουθα μέτρα παρακολούθησης της απόκρισης των πηγών καθώς και της διαχείρισης της λίμνης της Αγυιάς.

1. **Παρακολούθηση των πηγών** - Προτείνεται να δημιουργηθεί ολοκληρωμένο τηλεμετρικό σύστημα παρακολούθησης των εισροών και εκροών του υδροφορέα το οποίο θα συλλέγει δεδομένα στην διάρκεια της σταδιακής αναρρύθμισης των πηγών για την αξιολόγηση του συστήματος και τον ρυθμό επαναφοράς του υδροφορέα. Συγκεκριμένα προτείνεται:
  - Παρακολούθηση των υπερχειλίσεων των πηγών Πλατάνου και Κολύμπας καθώς και της υπεχειλίσης της λίμνης Αγυιάς. Η ΔΕΥΑΧ σε συνεργασία με τον ΟΑΚ έχει κατασκευάσει τους σταθμούς μέτρησης σε αυτά τα σημεία και έχει ξεκινήσει την παρακολούθηση. Οι μετρήσεις πρέπει να βαθμονομηθούν με μιλίσκο και να εξακριβωθεί το ισοζύγιο των πηγών.
  - Παρακολούθηση της υπερχειλίσης της πηγής του Καλαμιώνα. Να κατασκευαστεί σταθμός μέτρησης της στάθμης υπερχειλίσης και να βαθμονομηθεί η παροχή.
  - Παρακολούθηση συσχέτισης στάθμης Κουφού-Καλαμιώνα. -Προτείνεται να μελετηθεί η συσχέτιση της στάθμης του Κουφού με την στάθμη του Καλαμιώνα. Η καλή συσχέτιση θα επιβεβαιώσει την ανεξαρτησία των δύο υδροφορέων. Επιπλέον, οι στάθμες των τριών γεωτρήσεων που θα γίνουν στην περιοχή μεταξύ Καλαμιώνα και Κολύμπας θα δείξουν αν υπάρχει επικοινωνία μεταξύ των πηγών. Βέβαια, η στάθμη της πηγής του Πλατάνου δεν θα πρέπει να κατέβει κάτω από το +33 μ στην διάρκεια της αναρρύθμισης για πλήρη προστασία των πηγών από την επιβάρυνση με θειικά.
  - Παρακολούθηση των παροχών του αγωγού Κολύμπας- ΤΟΕΒ - Η ΔΕΥΑΧ σε συνεργασία με τον ΟΑΚ έχει κατασκευάσει αυτό τον σταθμό μέτρησης και έχει ξεκινήσει την παρακολούθηση. Τα αρχικά αποτελέσματα παροχής χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την μελέτη.
  - Παρακολούθηση των αντλήσεων σε όλες τις γεωτρήσεις - Θα πρέπει να εγκατασταθούν μανόμετρα σε όλες τις γεωτρήσεις τα οποία τηλεμετρικά θα συγκεντρώνουν την διακύμανση της άντλησης όλων των γεωτρήσεων.

- Εγκατάσταση σταθμηγράφων σε γεωτρήσεις - Αυτή την στιγμή υπάρχουν εγκατεστημένα ο σταθμηγράφος της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης στα Μυλωνιανά, της ΥΕΒ κοντά στις γεωτρήσεις Γ122-Γ123, της ΔΕΥΑΧ στην πηγή Πλατάνου και του ΙΓΜΕ στην νέα γεώτρηση παρακολούθησης. Προτείνεται η εγκατάσταση σταθμηγράφου στην Μ6 και σε όλες τις καινούριες γεωτρήσεις.
2. **Ετήσιες εκθέσεις με τα αποτελέσματα του προγράμματος παρακολούθησης** - Προτείνεται να γίνονται ετήσιες εκθέσεις με τα δεδομένα παρακολούθησης του υδροφορέα και την συνολική διαχρονική διακύμανση των παροχών εκχείλισης των πηγών, των στάθμεων του υδροφορέα και των παροχών άντλησης κάθε φορέα. Η ετήσια έκθεση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο για την ενημέρωση της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης αλλά και για την ενημέρωση και επιμόρφωση των πολιτών για την κατάσταση των υδατικών αποθεμάτων της περιοχής.
3. **Μέτρα προστασίας της λίμνης της Αγυιάς** - Η διαχείριση της Λίμνης της Αγυιάς πρέπει να γίνεται σύμφωνα με την έγκριση των περιβαλλοντικών όρων (ΚΥΑ ΕΠΟ 125585/24.1.2007) του έργου της ΔΕΗ Α.Ε. «Υφιστάμενος Μικρός Υδροηλεκτρικός Σταθμός Αγυιάς». Η συγκεκριμένη ΚΥΑ καθορίζει μεταξύ των άλλων τα ακόλουθα μέτρα που σχετίζονται με την διαχείριση της Λίμνης:
- Έλεγχο της ποιότητας του νερού ύδρευσης,
  - Μελέτη αστοχίας του φράγματος από πλημμύρες,
  - Άδειες χρήσης υδάτων και εκτέλεσης έργου αξιοποίησης των υδάτων,
  - Την οικολογική παροχή της λίμνης κατάντη του φράγματος σε 360 m<sup>3</sup>/hr,
  - Εργασίες συντήρησης και καθαρισμού του ταμιευτήρα,
  - Διατήρηση του ωφέλιμου όγκου νερού της λίμνης,
  - Τρόποι διαχείρισης και κοπής της υδρόβιας βλάστησης,
  - Τρόποι διαχείρισης των φερτών από τον καθαρισμό του ταμιευτήρα,
  - Διατήρηση της νησίδας στη νότια πλευρά του φράγματος λόγω της οικολογικής αξίας της,
  - Μελέτη της υδροχημικής και βιολογικής κατάστασης της λίμνης, και
  - Να εκπονηθεί μελέτη για την ορθολογική διαχείριση του υδατικού δυναμικού της λίμνης.
4. **Διατήρηση στάθμης** - Οι ανάγκες της λίμνης σε παροχή για τη διατήρηση της στάθμης σε οικολογικά και περιβαλλοντικά ανεκτά όρια είναι δεδομένες και μπορούν να καλυφθούν εύκολα με την ορθολογική διαχείριση των νερών του

ταμειυτήρα. Η στάθμη της λίμνης δεν παραμένει σταθερή σε ετήσια βάση, καθώς εξαρτάται από τις υδρολογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής, αλλά και από την ένταση των χρήσεων του νερού. Η ανώτατη στάθμη, που ορίζεται αναγκαστικά από την υπερχειλίση του φράγματος, που βρίσκεται στο υψόμετρο +38 m πάνω από τη μέση στάθμη της επιφάνειας της θάλασσας, ενώ το βαθύτερο σημείο του πυθμένα στα +34 m. Η μέγιστη επιφάνεια της λίμνης είναι 120325 m<sup>2</sup> και ο όγκος 215138 m<sup>3</sup>. Σε στάθμη +37 m η επιφάνειά της μειώνεται στα 87775 m<sup>2</sup>, ενώ ο όγκος της στα 104.050 m<sup>3</sup>, δηλαδή κατά το ήμισυ της ανώτατης στάθμης. . Τους θερινούς μήνες υπάρχουν απώλειες της τάξεως των 10000-12000 m<sup>3</sup> το μήνα λόγω εξάτμισης. Η μελέτη του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας "ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ ΜΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟΝ ΠΥΘΜΕΝΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΤΗΣ ΑΓΙΑΣ ΧΑΝΙΩΝ" το 2016 προτείνει "ως κατώτερη επιτρεπτή στάθμη τα 37,7m για το διάστημα από την αρχή της αρδευτικής περιόδου ως τις 10 Ιουλίου και τα 37m για τον υπόλοιπο Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο. Από τις αρχές Οκτωβρίου είναι αναγκαία η σταδιακή επανάκαμψη της λίμνης σε στάθμη πάνω από τα 37,5m". Η στάθμη της λίμνης μπορεί να διατηρηθεί στο επίπεδο που προτείνει η μελέτη του ΜΦΙ και αν οι υπερχειλίσεις προς την λίμνη δεν επαρκούν, να συμπληρώνονται από τις αντλήσεις για να καλυφθούν οι οικολογικές ανάγκες της περιοχής με ασφάλεια. Σημαντικό βέβαια για την διατήρηση του οικοσυστήματος είναι να εφαρμοστεί η μελέτη του ΜΦΙ για την διαχείριση των φερτών υλικών του ταμειυτήρα και την προστασία και διατήρηση της υδρόβιας και υδρόφιλης βλάστησης εντός και περιφερειακά του ταμειυτήρα.

## 10. ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ ΠΡΟΣ ΔΙΑΒΟΥΛΕΥΣΗ

Η παρούσα τεχνική έκθεση αποτελεί το τρίτο παραδοτέο του Υποέργου «Κατάρτιση Επιχειρησιακού Σχεδίου Αναρρύθμισης των Πηγών Αγυιάς» της Πράξης «Υδρογεωλογική -Διαχειριστική μελέτη για την αναρρύθμιση των καρστικών πηγών Αγυιάς», την οποία η ΔΕΥΑΧ ανέθεσε στο Πολυτεχνείο Κρήτης και αφορά την κατάρτιση επιχειρησιακού σχεδίου αναρρύθμισης των πηγών της Αγυιάς. Στην έκθεση έγιναν οι ακόλουθες δράσεις:

- 1) Συλλέχθηκαν και επικαιροποιήθηκαν μετρήσεις πεδίου που σχετίζονται με την χρήση του νερού και τις παροχές του ποταμού και πηγών καθώς και αξιολογήθηκαν τεχνικές μελέτες, που αναφέρονται στη περιοχή.
- 2) Παρουσιάστηκαν τα μορφολογικά, γεωλογικά, υδρογεωλογικά και τεκτονικές συνθήκες της λεκάνης.
- 3) Προσδιορίστηκε η λεκάνη απορροής του Κερίτη και «στήθηκε» το μοντέλο SWAT για την περιοχή το οποίο χρειάζεται το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM), οι χρήσεις γης και ο εδαφολογικός χάρτης. Για το ψηφιακό μοντέλο εδάφους χρησιμοποιήσαμε αυτό με ακρίβεια κλίμακας μεγέθους 25 m ανά pixel. Έτσι η χωρική κλίμακα είναι η αντίστοιχη του σχεδίου διαχείρισης της ΛΑΠ Κρήτης. Ο ψηφιακός χάρτης με τις χρήσεις γης είναι από το CORINE και τον ψηφιακό χάρτη εδαφών 1 km είναι από την «Εναρμονισμένη Παγκόσμια Βάση Δεδομένων Εδαφών» (Harmonized World Soil Database (HWSD)). Η γενική χρονική κλίμακα προσομοιώσεων είναι ημερήσια και το ισοζύγιο προσφοράς - ζήτησης υπολογίζεται σε μηνιαία βάση και σε περιόδους αιχμής σε ημερήσια. Τέλος η κλίμακα ζήτησης ορίζεται η ζήτηση στα έργα «κεφαλής» των φορέων που έχουν θεσμοθετημένη χρήση (ΔΕΥΑΧ, ΟΑΚ, ΤΟΕΒ).
- 4) Εκτιμήθηκε το ισοζύγιο ύδατος υπόγειου και επιφανειακού υδατικού συστήματος με το μαθηματικό, υδρολογικό μοντέλο Karst-SWAT που έχει την ικανότητα να προσομοιώνει την υδρολογική απόκριση της λεκάνης απορροής καθώς και του υπόγειου υδροφορέα.
- 5) Περιεγράφηκαν τα υφιστάμενα υδατικά έργα.
- 6) Η προσομοίωση του υδροφορέα των πηγών Αγυιάς και του Καλαμιώνα έγινε με ένα συνδυασμό του υδρολογικού μοντέλου Karst-SWAT καθώς και του τρισδιάστατου, λεπτομερούς υδραυλικού μοντέλου υπογείων νερών PTC.
- 7) Έγινε η χωροθέτηση νέων γεωτρήσεων και εκτίμηση των επιπτώσεων από τις αντλήσεις του συστήματος των πηγών Αγυιάς.
- 8) Προτάθηκαν σενάρια προστασίας της λίμνης Αγυιάς.

Το μέσο ετήσιο υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης απορροής Κερίτη-Θερίσου για τα έτη 1974-2021 προσδιορίστηκε ως εξής. Η μέση ετήσια βροχόπτωση ήταν 1098 mm, η διήθηση στο έδαφος 401 mm, η επαναφορά του νερού στην ακόρεστη ζώνη (renar) ήταν

54 mm, η επιφανειακή απορροή 417 mm και η εξατμισοδιαπνοή 317 mm. Στον βαθύ καρστικό υδροφορέα εισήλθαν 341 mm. Με βάση το ισοζύγιο, η εξατμισοδιαπνοή αποτελεί περίπου το 29% της συνολικής βροχόπτωσης, η συνολική απορροή της λεκάνης περίπου το 39%, ενώ το ποσοστό που εισχωρεί στο βαθύ υπόγειο υδροφορέα είναι 31%. Το διαθέσιμο νερό της περιοχής είναι το άθροισμα των επιφανειακών και υπόγειων απορροών και είναι το 70% της βροχόπτωσης. Η μειωμένη εξατμισοδιαπνοή είναι λόγω της έκτασης του καρστικού το οποίο μεγάλο μέρος του δεν έχει φυτοκάλυψη και διοδεύει το νερό στον υπόγειο υδροφορέα.

Το δυναμικό των εκφορτίσεων των πηγών της Αγυιάς και Μεσκλών που προέκυψαν από την μοντελοποίηση είναι το ακόλουθο. Κατά μέσο όρο οι 3 πηγές της Αγυιάς (Πλάτανος, Κολύμπα και Καλαμιώνας) εκφορτίζουν 60 εκ. m<sup>3</sup> νερό το χρόνο και των Μεσκλών 36.5 εκ. m<sup>3</sup> νερό το χρόνο. Η διακύμανση των πηγών της Αγυιάς είναι μεταξύ 40.8 και 82.8 εκ. m<sup>3</sup> νερό το χρόνο και των Μεσκλών από 15.1 ως 62.2 εκ. m<sup>3</sup> νερό το χρόνο.

Η αναρρύθμιση των πηγών της Αγυιάς (Πλάτανου και Κολύμπας) υπολογίστηκε από τις αντλήσεις του ΟΑΚ (14 Mm<sup>3</sup>), της ΔΕΥΑΧ (9 Mm<sup>3</sup>) και του ΤΟΕΒ (3.5 Mm<sup>3</sup>), και ανέρχεται στο σύνολο των 26.5 Mm<sup>3</sup>. Οι δύο αυτές πηγές δίνουν κατά μέσο όρο 49.2 Mm<sup>3</sup> το χρόνο και χρησιμοποιούνται τα 26.5 Mm<sup>3</sup>, δηλαδή το 54% της μέσης εκφόρτισης τους. Συνεπάγεται ότι υπάρχει δυνατότητα για περαιτέρω αναρρύθμιση των πηγών και με στην επόμενη φάση του έργου θα εκτιμηθεί η δυνατότητα επιπλέον ασφαλών απολήψεων από τα ανάντη των πηγών υπόγεια υδατικά συστήματα.

Η παρούσα έκθεση αποτελεί το προσχέδιο για τη διαβούλευση της αναρρύθμισης του υδροφορέα. Συνοψίζοντας, προτείνονται τα εξής:

- **Ολοκληρωμένο σύστημα παρακολούθησης και αξιολόγησης του υδροφορέα, και κοινοποίηση των δεδομένων σε διαδικτυακή εφαρμογή** – Το σύστημα παρακολούθησης του υδροφορέα περιγράφεται στις προτάσεις των κεφαλαίων 8 και 9. Προτείνεται να υπάρχει ετήσια έκθεση της κατάστασης του υδροφορέα καθώς και αξιολόγηση των δεδομένων κάθε 3 χρόνια.
- **Το σχέδιο αντλήσεων αξιοποίησης του υδροφορέα** – Η αξιοποίηση του υδροφορέα θα γίνει σε δύο φάσεις: α) αξιοποίηση των γεωτρήσεων M6, M10 και νέα Γεώτρηση 4 με μέγιστη αιχμή 500m<sup>3</sup>/hr και συνολική αξιοποίηση του υδροφορέα τα 31 εκ. m<sup>3</sup> το χρόνο και β) αξιοποίηση 4 επιπλέον γεωτρήσεων για 5 εκ m<sup>3</sup> το χρόνο.
- **Σενάρια λειτουργίας γεωτρήσεων** – το βραχυπρόθεσμα σενάριο αναρρύθμισης περιλαμβάνει την αξιοποίηση των γεωτρήσεων M6, M10 και νέα Γεώτρηση 4 με μέγιστη αιχμή 500m<sup>3</sup>/hr. (Οι 3 νέες γεωτρήσεις μπορούν να αντλήσουν 1 εκ. m<sup>3</sup> το χρόνο η κάθε μια, με μηνιαία παροχή των 200000 m<sup>3</sup> για 5 μήνες και παροχή



αιχμής 500m<sup>3</sup>/hr) και μεσοπρόθεσμο σενάριο περιλαμβάνει τις γεωτρήσεις του βραχυπρόθεσμου και 4 επιπλέον γεωτρήσεις (με μέγιστη αιχμή 500m<sup>3</sup>/hr). (Οι 4 νέες γεωτρήσεις μπορούν να αντλήσουν 1.25 εκ. m<sup>3</sup> το χρόνο η κάθε μια, με μηνιαία παροχή των 250000 m<sup>3</sup> για 5 μήνες και παροχή αιχμής 500m<sup>3</sup>/hr).

- **Περιβαλλοντικά μέτρα προστασίας της λίμνης Αγυιάς** – τα προτεινόμενα περιβαλλοντικά μέτρα της Αγυιάς περιγράφονται στο κεφάλαιο 9 αυτής της έκθεσης.
- **Καθορισμός των ορίων του υδροφορέα** – Τα όρια του υδροφορέα που σχετίζονται με την επικοινωνία των πηγών Πλατάνου και Κολύμπας με την πηγή του Καλαμιώνα ορίζονται στην ταπείνωση του υδροφορέα των δύο πηγών στα 33 μ.
- **Ανάπτυξη συστήματος λήψης απόφασης** - Αν η στάθμη της πηγής του Πλατάνου πέσει κάτω από τα 34 μ. και σε συνδυασμό με τα δεδομένα της στάθμης των πιεζομέτρων που θα προσδιορίζουν την κλίση του υδροφορέα να τείνει από τον Καλαμιώνα προς τον Πλάτανο, τότε προσδιορίζεται η "επικίνδυνη κατάσταση" με πιθανή υποβάθμιση της ποιότητας των νερών των πηγών Πλατάμου και Κολύμπας. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να μειωθούν οι αντλήσεις από τις αντίστοιχες πηγές.

Με βάση την παραπάνω ανάλυση, προτείνονται να συμπεριληφθούν στην επόμενη αναθεώρηση του προγράμματος μέτρων τα παρακάτω δύο μέτρα:

1. **Υλοποίηση του ολοκληρωμένου συστήματος παρακολούθησης και αξιολόγησης του καρστικού υδροφορέα της Αγυιάς και κοινοποίηση των δεδομένων σε διαδικτυακή εφαρμογή** – Σύστημα παρακολούθησης θα συμπεριλαμβάνει τους τηλεμετρικούς σταθμούς μετρήσεων της στάθμης και παροχής των αντλήσεων από τις γεωτρήσεις, τις εκφορτίσεις των πηγών Πλατάνου, Κολύμπας, Καλαμιώνα και Μεσκλών καθώς και τον σταθμό μέτρησης παροχής του Κερίτη. Στην κοστολόγηση του μέτρου θα πρέπει να συμπεριληφθούν εκτός από το κόστος αγοράς και εγκατάστασης του τηλεμετρικού εξοπλισμού, η βαθμονόμηση του και το κόστος της ετήσιας συντήρησης καθώς και η μελέτη της οικολογικής παροχής του ποταμού.
2. **Αποκατάσταση Λίμνης Αγυιάς** - Να εκπονηθεί η μελέτη του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης σχετικά με την εκβάθυνση της λίμνης και την αποκατάσταση του αρχικού βάθους του πυθμένα του ταμιευτήρα, διαχείρισης των ιζημάτων καθώς και με την εφαρμογή των μέτρων διαχείρισης της λίμνης.

## 11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Parisi, S., Pascale, S., Sdao, F., & Soupios, P. (2013). Assessment and mapping of the intrinsic vulnerability to pollution: An example from Keritis River basin (northwestern Crete, Greece).
2. Ειδικό Σχέδιο Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων για τις Λεκάνες Απορροής των Ποταμών Κερίτη-Θερίσου και Κοιλιάρη, Χανια 2011.
3. Υδρογεωλογική-διαχειριστική μελέτη για την αναρρύθμιση των καρστικών πηγών Αγιάς, 2017.
4. Tsagarakis K., G.E. Dialynas & A.N. Angelakis (2003). Water resources management in Crete (Greece) including water recycling and reuse and proposed quality criteria.
5. ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗ ΕΙΔΙΚΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ, Αθνα 2009.
6. Λιονής Μ., Περγλέρος Β. (2001): «Υδρογεωλογική Μελέτη Κάμπου Χανίων». Υπουργείο Γεωργίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας – Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων. Αθήνα.
7. <https://geodata.gov.gr/dataset/to-diktuo-natura-2000-kai-prostateuomenes-periodikes/resource/4208b80f-1085-4ffa-91ce-8adea844439c>
8. Νικολαΐδης, Ν., Καρατζάς, Γ., 2010. Ειδικό σχέδιο διαχείρισης των υδατικών πόρων για τις λεκάνες απορροής των ποταμών Κερίτη – Θερίσου και Κοιλιάρη, Χανιά, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
9. Μαραγκάκη Α., 2021 «ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΚΕΡΙΤΗ-ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ»
10. Αλδάκος Θ., 2014. « Μοντελοποίηση της υδρολογίας και γεωχημείας της λεκάνης απορροής του ποταμού Κερίτη με τη χρήση του μοντέλου SWAT».
11. Neitsch, S.L., et al. (2011) Soil & Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009. Texas Water Resources Institute Technical Report
12. Nikolaidis, N.P, F. Bouraoui. and G. Bidoglio, 2013. Hydrologic and geochemical modeling of a karstic Mediterranean watershed, Journal of Hydrology.
13. Perleros, C., and Vozinakis, K., (2002). Hydrological study of the Chania county, geological map, Organization for Development of West Crete (ODWC)
14. Moriasi, D. & Arnold, J., 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. Transactions of the ASABE, 50(3), pp.885–900.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ ΟΑΚ

Γεώτρηση Μ1  $1000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

ΈΤΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΥΒΙΚΩΝ
2017	4.59E+06
2018	6.18E+06
2019	3.68E+06
2020	3.67E+06
2021	3.61E+06
2022	8.60E+05

Γεώτρηση Μ2  $1000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

ΈΤΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΥΒΙΚΩΝ
2017	3.26E+06
2018	5.09E+06
2019	5.91E+04
2020	1.07E+06
2021	2.08E+06
2022	5.02E+05

Γεώτρηση Μ5  $250 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

ΈΤΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΥΒΙΚΩΝ
2017	3.65E+05
2018	1.73E+06
2019	1.59E+06
2020	1.27E+06
2021	5.52E+05

Γεώτρηση M7 1000  $\frac{m^3}{h}$

ΈΤΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΥΒΙΚΩΝ
2017	8.39E+05
2018	1.02E+06
2019	1.28E+06
2020	1.29E+06
2021	1.63E+06
2022	8.21E+05

Γεώτρηση M8 1000  $\frac{m^3}{h}$

ΈΤΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΥΒΙΚΩΝ
2018	3.79E+06
2019	3.35E+06
2020	3.78E+06
2021	3.54E+06

Γεώτρηση MD 500  $\frac{m^3}{h}$

ΈΤΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΥΒΙΚΩΝ
2019	1.57E+05
2020	1.85E+06
2021	2.10E+06
2022	8.07E+05

### Γεώτρηση ΜΕΣΚΛΑ

ΈΤΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΥΒΙΚΩΝ
2017	3.76E+06
2018	6.48E+05
2019	7.23E+06
2020	5.81E+06
2021	5.53E+06
2022	3.28E+06

### Γεώτρηση ΠΑΤΕΛΑΡΙ

ΈΤΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΥΒΙΚΩΝ
2017	4.27E+06
2018	3.20E+06
2019	3.51E+06
2020	4.22E+06
2021	3.87E+06
2022	6.43E+05

### Γεώτρηση ΔΕΥΑΧ

ΈΤΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΥΒΙΚΩΝ
2017	7.07E+05
2018	7.08E+05
2019	7.83E+05
2020	7.36E+05
2021	7.94E+05
2022	2.51E+05

**ΤΟΕΒ**

ΈΤΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΥΒΙΚΩΝ
2009	5.39E+06
2010	5.89E+06
2011	4.04E+06
2012	4.96E+06
2013	5.40E+06
2014	4.95E+06
2015	3.96E+06
2016	4.71E+06
2017	3.77E+06
2018	3.58E+06
2019	3.81E+06
2020	
2021	
2022	

**ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΕΙΣ ΑΓΥΙΑΣ**

ΕΤΟΣ	ΓΕΦΥΡΑ	ΚΟΛΥΜΠΑ	ΤΟΕΒ	ΠΛΑΤΑΝΟΣ
2018	8.77E+06	1.17E+06	5.26E+06	8.77E+05
2019	3.36E+07	1.73E+07	6.15E+06	8.30E+06
2020	1.82E+07	1.47E+07	6.78E+06	8.25E+06
2021	1.85E+07	1.41E+07	6.82E+06	5.43E+06
2022	1.99E+07	1.25E+07	5.46E+06	5.59E+06

## Δ.Ε.Υ.Α.Χ

### Γεώτρηση GO1

ΕΤΟΣ	
2017	5.58E+05
2018	0
2019	0
2020	0
2021	0

### Γεώτρηση GO2

ΕΤΟΣ	
2017	4.96E+05
2018	0
2019	0
2020	00
2021	

### Γεώτρηση GO3

ΕΤΟΣ	
2017	3.30E+05
2018	0
2019	0
2020	0
2021	0

### Γεώτρηση GO4

ΕΤΟΣ	
2017	1.39E+06
2018	0
2019	0
2020	0
2021	0

### Γεώτρηση GO5

ΕΤΟΣ	
2017	7.67E+05
2018	1.25E+05
2019	0
2020	0
2021	0

### Γεώτρηση ΠΗΓΑΔΙ

ΕΤΟΣ	
2016	2.49E+05
2017	2.48E+05
2018	2.48E+05
2019	2.48E+05
2020	2.49E+05
2021	2.48E+05