Δράσεις περιβαλλοντικής παρακολούθησης σε υδάτινα σώματα και πεζοπορικά μονοπάτια της ορεινής Αρκαδίας με τη χρήση καινοτόμων τεχνολογιών

Έκθεση τελικής επιλογής θέσεων εγκατάστασης και προδιαγραφών σταθμών μέτρησης υδατικών παραμέτρων και αισθητήρων μέτρησης επισκεψιμότητας

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 1.1

Χρηματοδότηση: Πράσινο Ταμείο, «Φυσικό Περιβάλλον και Καινοτόμες δράσεις»
Άξονας Προτεραιότητας 3 – Καινοτόμες δράσεις με τους Πολίτες

Αθήνα, 2020

Περιεχόμενα

Εισαγωγή

Η παρούσα τεχνική έκθεση συντάχθηκε στο πλαίσιο υλοποίησης του έργου με τίτλο «Δράσεις περιβαλλοντικής παρακολούθησης σε υδάτινα σώματα και πεζοπορικά μονοπάτια της ορεινής Αρκαδίας με τη χρήση καινοτόμων τεχνολογιών», το οποίο υλοποιείται απο τη Μαίναλον Κοιν.Σ.Επ., τον Τομέα Εσωτερικών Υδάτων του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών και την Ένωση Κοινωνικής και Αλληλέγγυας Οικονομίας Πελοποννήσου «Πέλοπας» και χρηματοδοτείται από το χρηματοδοτικό πρόγραμμα «Φυσικό Περιβάλλον και Καινοτόμες δράσεις» του Πράσινου Ταμείου, εντασσόμενο στον Άξονα Προτεραιότητας 3 – «Καινοτόμες δράσεις με τους Πολίτες».

Αποτελεί το Παραδοτέο 1 της Δράσης 1, η οποία φέρει τον τίτλο «Έρευνα επιλογής θέσεων εγκατάστασης και προδιαγραφών σταθμών μέτρησης υδατικών παραμέτρων και αισθητήρων μέτρησης επισκεψιμότητας» και περιγράφει το σύνολο των προπαρασκευαστικών ενεργειών που έγιναν με σκοπό την επιλογή των θέσεων εγκατάστασης και του τύπου των αισθητήρων που θα εγκατασταθούν σε αυτές, σε μεταγενέστερες δράσεις του έργου.

Ομάδα έργου

Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών

Γεώργιος Πουλής, Δασολόγος - Περιβαλλοντολόγος, MSc, Ι.ΘΑ.ΒΙ.Π. & Ε.Υ.
Ηλίας Δημητρίου, Γεωλόγος MSc, PhD, Επ. Υπεύθυνος, Ι.ΘΑ.ΒΙ.Π. & Ε.Υ.

Μαίναλον Κοιν.Σ.Επ.

Ιωάννης Λαγός, Οικονομολόγος
Δημήτριος Μπαρδάκης, Συνοδός Βουνού

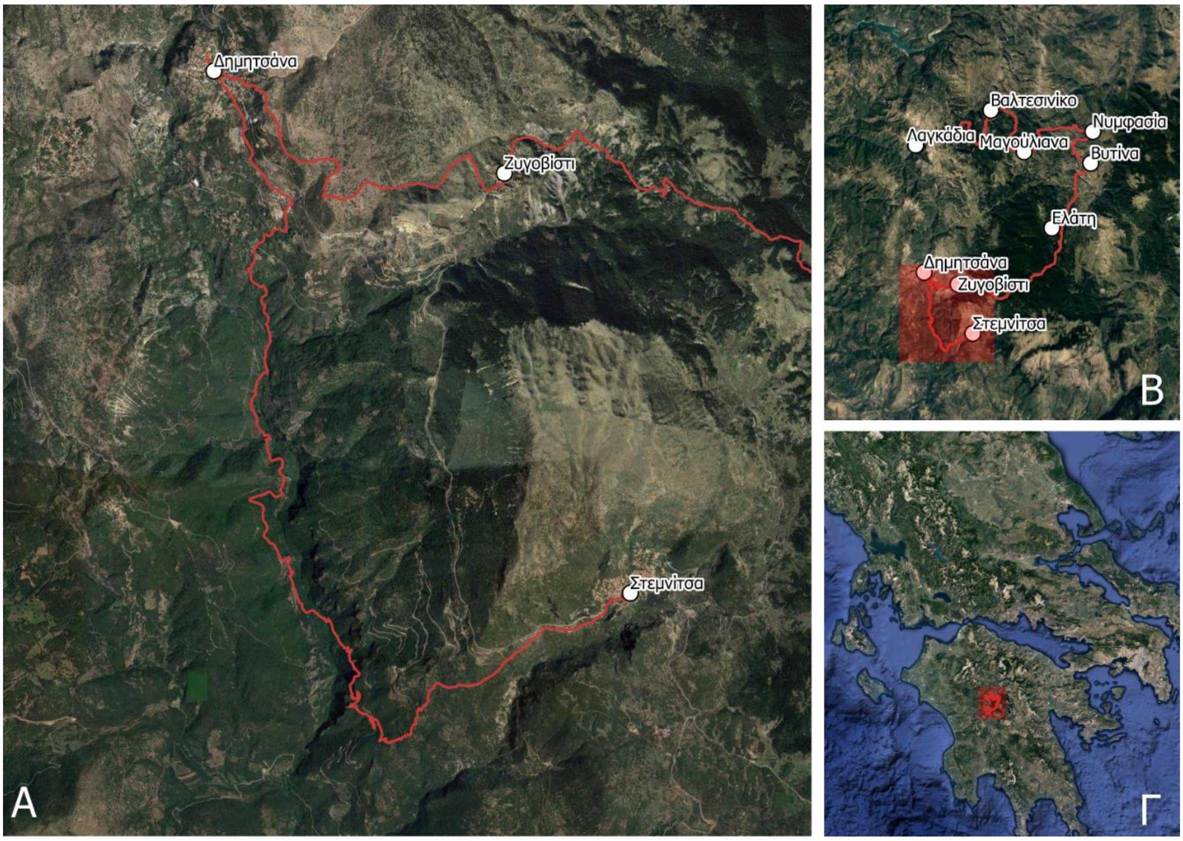
Προτεινόμενη βιβλιογραφική αναφορά

ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. & Μαίναλον Κοιν.Σ.Επ. 2020. Έκθεση τελικής επιλογής θέσεων εγκατάστασης και προδιαγραφών σταθμών μέτρησης υδατικών παραμέτρων και αισθητήρων μέτρησης επισκεψιμότητας, Παραδοτέο 1.1. Έργο «Δράσεις περιβαλλοντικής παρακολούθησης σε υδάτινα σώματα και πεζοπορικά μονοπάτια της ορεινής Αρκαδίας με τη χρήση καινοτόμων τεχνολογιών». Αθήνα, 17 σελ.

Περιοχή μελέτης

Η περιοχή μελέτης του έργου εντοπίζεται στις δυτικές πλευρές του όρους Μαίναλο, στην ορεινή Αρκαδία και καθορίζεται από την περιοχή που γειτνιάζει άμεσα με το δίκτυο πεζοπορικών διαδρομών Menalon Trail (Χάρτης 1Β). Κατά τη διάρκεια των εργασιών του έργου, η περιοχή περιορίστηκε σε ένα μικρότερο υποσύνολο, το οποίο τοποθετείται στο νοτιότερο άκρο της αρχική περιοχής και εστιάζεται γύρω από την πεζοπορική διαδρομή Στεμνίτσα – Δημητσάνα, περιλαμβάνοντας και το φαράγγι του ποταμού Λούσιου (Χάρτης 1Α). Αυτό έγινε, καθώς συνέτειναν τέσσερις παράγοντες:

- Η παρουσία του Λούσιου ποταμού, ο οποίος αποτελεί το κύριο υδάτινο σώμα συνεχούς ροής στην ευρύτερη περιοχή
- Η δραστηριότητα κατάβασης ποταμών με πλωτά μέσα συγκεντρώνεται σε αυτή την περιοχή
- Η επισκεψιμότητα των πεζοπόρων είναι η μέγιστη σε αυτή την περιοχή, στην πεζοπορική διαδρομή Στεμνίτσα - Δημητσάνα
- Η έδρα του εταίρου του έργου βρίσκεται στη Στεμνίτσα, καθιστώντας ευκολότερες και πιο αποδοτικές όλες τις εργασίες προετοιμασίας, εγκατάστασης και συντήρησης των σταθμών και των αισθητήρων.



Χάρτης 1. Η περιοχή έρευνας

1. Σταθμοί μέτρησης υδατικών παραμέτρων

1.1. Εισαγωγή

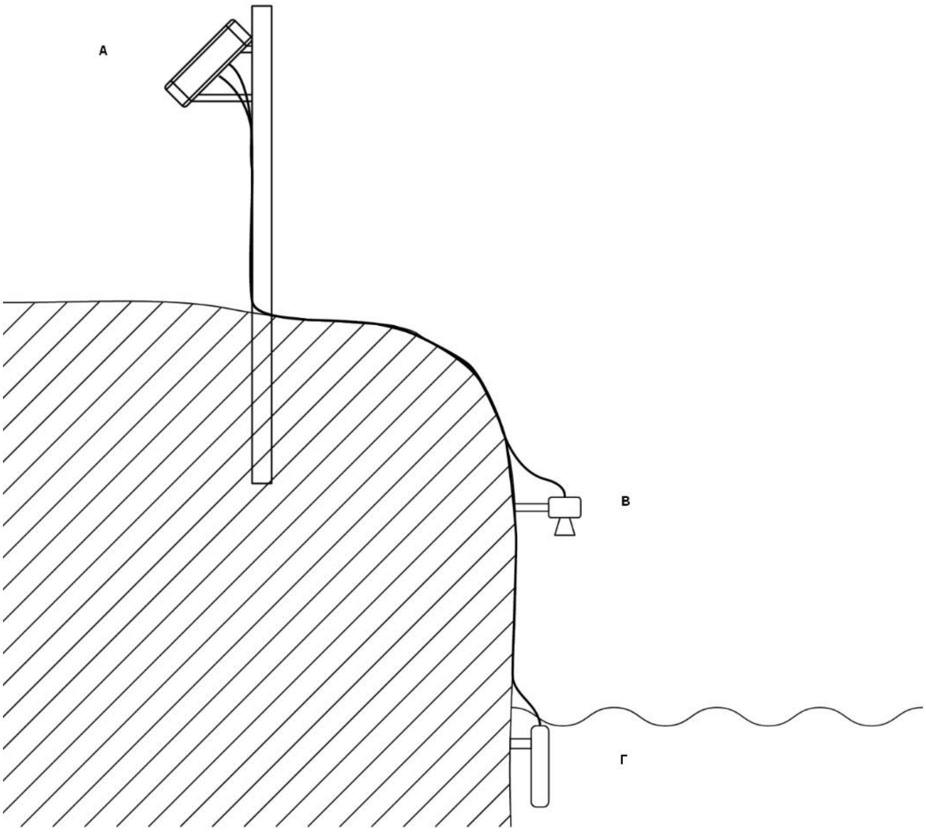
Η εξασφάλιση της απαιτούμενης ποσότητας υδατικών πόρων σε συνδυασμό με την διατήρηση καλής ποιοτικής κατάστασης είναι κρίσιμες παράμετροι για την ανθρώπινη υγεία, την περιβαλλοντική ισορροπία, καθώς και για έναν μεγάλο αριθμό από οικονομικές δραστηριότητες. Η ποιότητα των υδάτων καθορίζεται από την παρουσία/απουσία ή τα επίπεδα συγκέντρωσης συγκεκριμένων φυσικοχημικών και μικροβιολογικών μεταβλητών στο νερό. Η συνεχής μέτρηση αυτών των μεταβλητών μπορεί να είναι μια αρκετά απαιτητική διαδικασία από άποψη κόστους. Οι αυτόματοι σταθμοί μέτρησης κερδίζουν όλο και περισσότερο έδαφος στη διαδικασία συγκέντρωσης δεδομένων για τα ύδατα, παρόλο που καταγράφουν ένα μικρό αριθμό διαφορετικών μεταβλητών, οι οποίες όμως μπορούν να λειτουργήσουν σαν δείκτες ρύπανσης και γεγονότων πλημμύρας/ξηρασίας. Εκτός των άλλων οι αυτόματοι σταθμοί παρακολούθησης υδάτων έχουν το πλεονέκτημα του χαμηλού κόστους λειτουργίας σε σύγκριση με τις επιτόπιες μετρήσεις και της άμεσης λήψης δεδομένων (World Meteorological Organization, 2013).

1.2. Επιλογή υλικού

Ένας αυτόματος σταθμός μέτρησης υδατικών παραμέτρων αποτελείται από έναν καταγραφέα δεδομένων (data logger), ο οποίος μπορεί να φέρει και ένα ηλιακό πάνελ για την παροχή της απαραίτητης ενέργειας και τους αισθητήρες μέτρησης (Εικόνα 1). Η επιλογή των υλικών που θα απαρτίζουν την τελική λύση έγινε με βάση την εμπειρία που αποκτήθηκε από σχετικά ερευνητικά έργα που υλοποιήθηκαν πρόσφατα με συμμετοχή του ΙΘΑΒΙΠΕΥ-ΕΛΚΕΘΕ (Ex Machina, 2019, https://spercheios.hcmr.gr/) καθώς και την σχετική Εθνική Ερευνητική Υποδομή αυτόματων σταθμών HIMIOFoTS (https://www.himiofots.gr/). Η επιλογή έγινε με γνώμονα την καταγραφή, σε σχεδόν πραγματικό χρόνο, των βασικών φυσικοχημικών παραμέτρων που περιλαμβάνουν το pH, την θερμοκρασία νερού, την ηλεκτρική αγωγιμότητα και το διαλυμένο οξυγόνο (Πίνακας 1) καθώς και της στάθμης των υδάτων. Τα κριτήρια επιλογής περιλάμβαναν την ύπαρξη ανοιχτής αρχιτεκτονικής στο βασικό hardware του σταθμού, το σχετικά χαμηλό κόστος, την υψηλή βιωσιμότητα και τις τεχνολογίες IoT στην αποστολή, επεξεργασία και οπτικοποίηση δεδομένων. Ως εκ τούτου, μετά από σχετική έρευνα αγοράς αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν τα κάτωθι υλικά: α) καταγραφέας ELIoT node ο οποίος αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου Open ElioT (https://www.openeliot.com/), β) αισθητήρας στάθμης Matbotix Ultrasonic και γ) πολυαισθητήρας ποιότητας AquaTroll 400 (Εικόνες 2 & 3). Οι μεταβλητές που θα χρησιμοποιηθούν στην παρακολούθηση των υδάτων παραθέτονται στον Πίνακα 1.

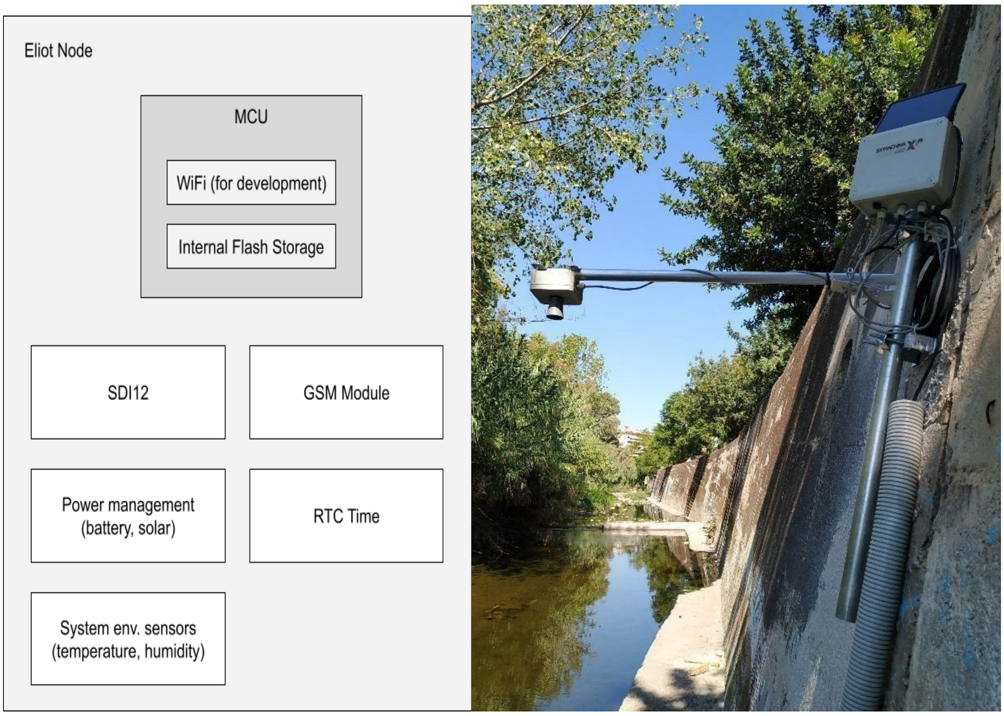
Πίνακας 1.Παράμετροι παρακολούθησης υδάτων

Παράμετρος	**Μονάδα μέτρησης**
Διαλυμένο οξυγόνο	(mg/l)
PH	-
Αγωγιμότητα	(ppm)
Ολικά διαλυμμένα στερεά	(ppm)
Δυναμικό οξειδοαναγωγής	(mV)
Θερμοκρασία	(° C)
Στάθμη νερού	(m)



Εικόνα 1. Διάταξη τμημάτων του αυτόματου σταθμού μέτρησης υδατικών παραμέτρων: Α. Καταγραφέας δεδομένων, Β. Αισθητήρας στάθμης, Γ. Πολυαισθητήρας μέτρησης ποιοτικών παραμέτρων (τροποποίηση από Ex Machina, 2019).

Εικόνα 2. Πολυαισθητήρας AquaTroll 400 (αριστερά) και αισθητήρας στάθμης Maxbotix Ultrasonic (δεξιά) (από Ex Machina, 2019).



Εικόνα 3. Αρχιτεκτονική του ELIoT node (αριστερά) και εγκατεστημένος αυτόματος σταθμός με καταγραφέα ELIoT node στο ρέμα της Πικροδάφνης, Αττική (από ΕΛΚΕΘΕ, 2019).

Τρόπος λειτουργίας συστήματος

Ο τηλεμετρικός σταθμός παρακολούθησης υδάτων καταγράφει όλες τις παραμέτρους του σταθμού (στάθμη νερού, pH, Θερμοκρασία νερού, ηλεκτρ. Αγωγιμότητα, διαλυμένο Οξυγόνο και δυναμικό οξειδοαναγωγής) ανά 60λεπτο και τις αποστέλλει αυτόματα, μέσω δικτύου GSM/GPRS, στην πλατφόρμα του συστήματος (απομακρυσμένος εξυπηρετητής-server), όπου καταχωρούνται σε βάση δεδομένων και οπτικοποιούνται άμεσα, σε φιλικά προς τον χρήστη διαγράμματα και πίνακες.

Η πλατφόρμα οπτικοποίησης δεδομένων μπορεί να αποστέλλει συναγερμούς προς λογαριασμούς e-mail και αριθμούς κινητής τηλεφωνίας που θα οριστούν από τον χρήστη όταν ξεπερνιούνται κρίσιμα κατώφλια ασφαλείας από οποιαδήποτε μετρούμενη παράμετρο. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα για πολλαπλές ειδοποιήσεις/ συναγερμούς όταν: 1) ο ρυθμός ανόδου μιας παραμέτρου ξεπερνάει κάποια συνήθη όρια και 2) όταν συγκεκριμένες τιμές – κατώφλια ξεπερνιούνται από τις μετρήσεις.

Τα δεδομένα είναι διαθέσιμα για κατέβασμα σε αρχείο .csv από την πλατφόρμα των δεδομένων και μπορούν να διαμορφωθούν πάνελ οπτικοποίησης τους ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη, για διάφορες χρονικές κλίμακες (πχ ωριαίες, ημερήσιες, κτλ) και περιόδους (τελευταία ημέρα, εβδομάδα, μήνας, έτος).

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος περιγράφονται παρακάτω:

- Αισθητήρας στάθμης – ηχοβολιστικό: εύρος μέτρησης 0-10m με ακρίβεια ίση με το 0,01% του μέγιστου εύρους μέτρησης
- Αισθητήρας στάθμης – πιεζομετρικός: εύρος μέτρησης 0-76m με ακρίβεια ίση με το ±0,3% του μέγιστου εύρους μέτρησης
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα: εύρος μέτρησης 5-100.000 μS/cm με ακρίβεια ίση με το ±1% του μέγιστου εύρους μέτρησης
- Διαλυμένο Οξυγόνο: εύρος μέτρησης 0-60mg/l με ακρίβεια ίση με το ±2% του μέγιστου εύρους μέτρησης

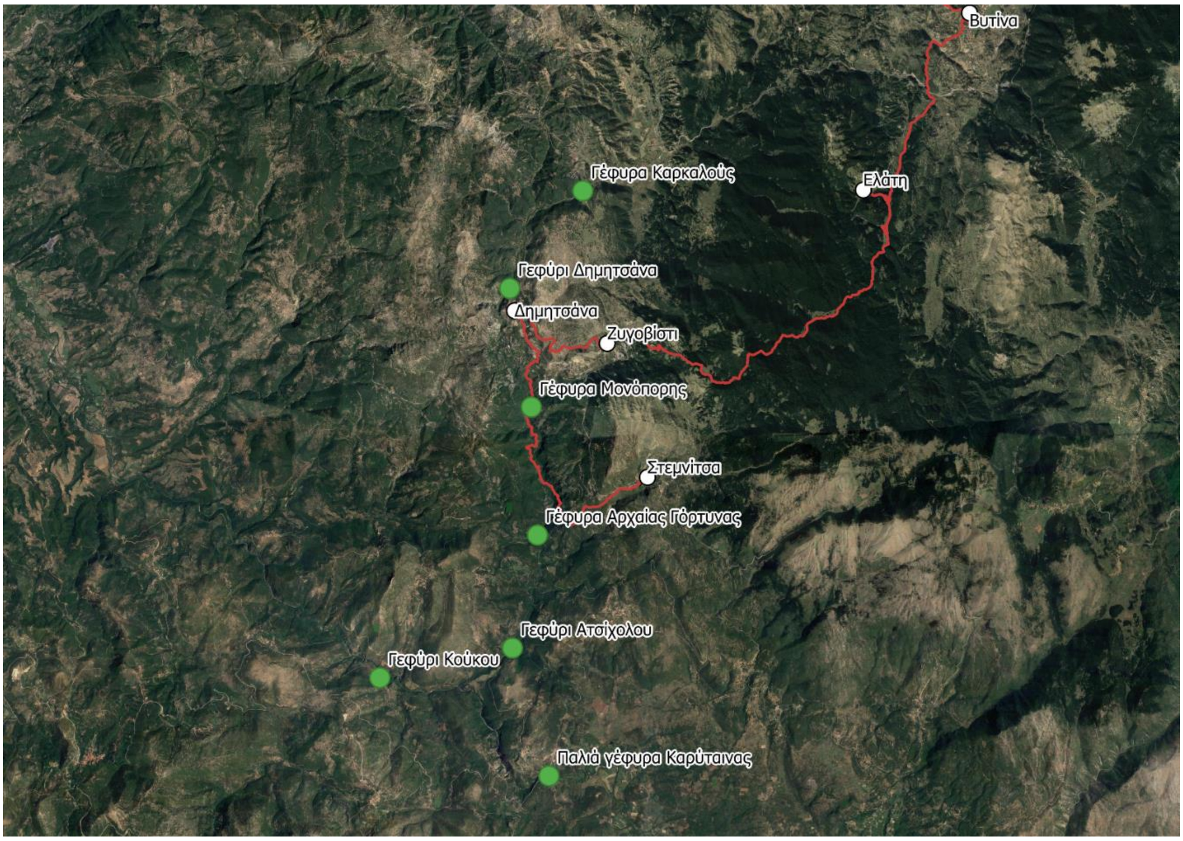
- pH: εύρος μέτρησης 0-14 pH units με ακρίβεια ίση με το $\pm$0,1 pH unit
- Θερμοκρασία νερού: εύρος μέτρησης -5-50 ^{o}C με ακρίβεια ίση με το $\pm$0,1^{o}C

1.3. Επιλογή θέσεων

Το ποτάμιο περιβάλλον, ιδίως στο ανάντη τμήμα του, χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη συχνών πλημμυρικών επεισοδίων υψηλής κινητικής ενέργειας. Για την αποτροπή ζημιών στους σταθμούς, η εγκατάσταση τους συνίσταται να γίνεται σε κατάλληλο σταθερό υπόβαθρο (Εικόνα 4). Γι'αυτό το λόγο, έγινε μια προκαταρκτική λίστα με τις γέφυρες της περιοχής, ως σταθερά κατάλληλα υπόβαθρα, μέσω της υπηρεσίας Google Earth. Συνολικά, επτά γέφυρες επιλέχθηκαν για περαιτέρω αξιολόγηση (Χάρτης 2).

Κάτοπιν, αντλήθηκαν πληροφορίες για την πιθανή ύπαρξη ρυπαντικών πιέσεων καθώς και των χρήσεων γης (Mentzafou et al., 2019) μέσα από τα δεδομένα του Corine Land Cover (CLC) 2018 (EEA, 2018) (Χάρτης 3). Η δημιουργία των χαρτών έγινε σε περιβάλλον γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών QGIS 3.16 (Qgis.org, 2020).

Εικόνα 4. Παράδειγμα ιδανικής θέσης στήριξης αυτόματου σταθμού μέτρησης υδατικών παραμέτρων στη γέφυρα της Καρκαλούς.



Χάρτης 2. Υποψήφιες γέφυρες στην περιοχή έρευνας

Ακολούθησε επιτόπια επίσκεψη στις υποψήφιες θέσεις (Εικόνα 5), όπου αξιολογήθηκε η καταλληλότητα της γεωμορφολογίας της θέσης, η καταλληλότητα της γέφυρας, η διαθεσιμότητα σήματος GSM. Επίσης, λήφθηκαν μετρήσεις φυσικοχημικών παραμέτρων και παροχής.

Πίνακας 2. Αποτελέσματα μετρήσεων από την επίσκεψη στο πεδίο

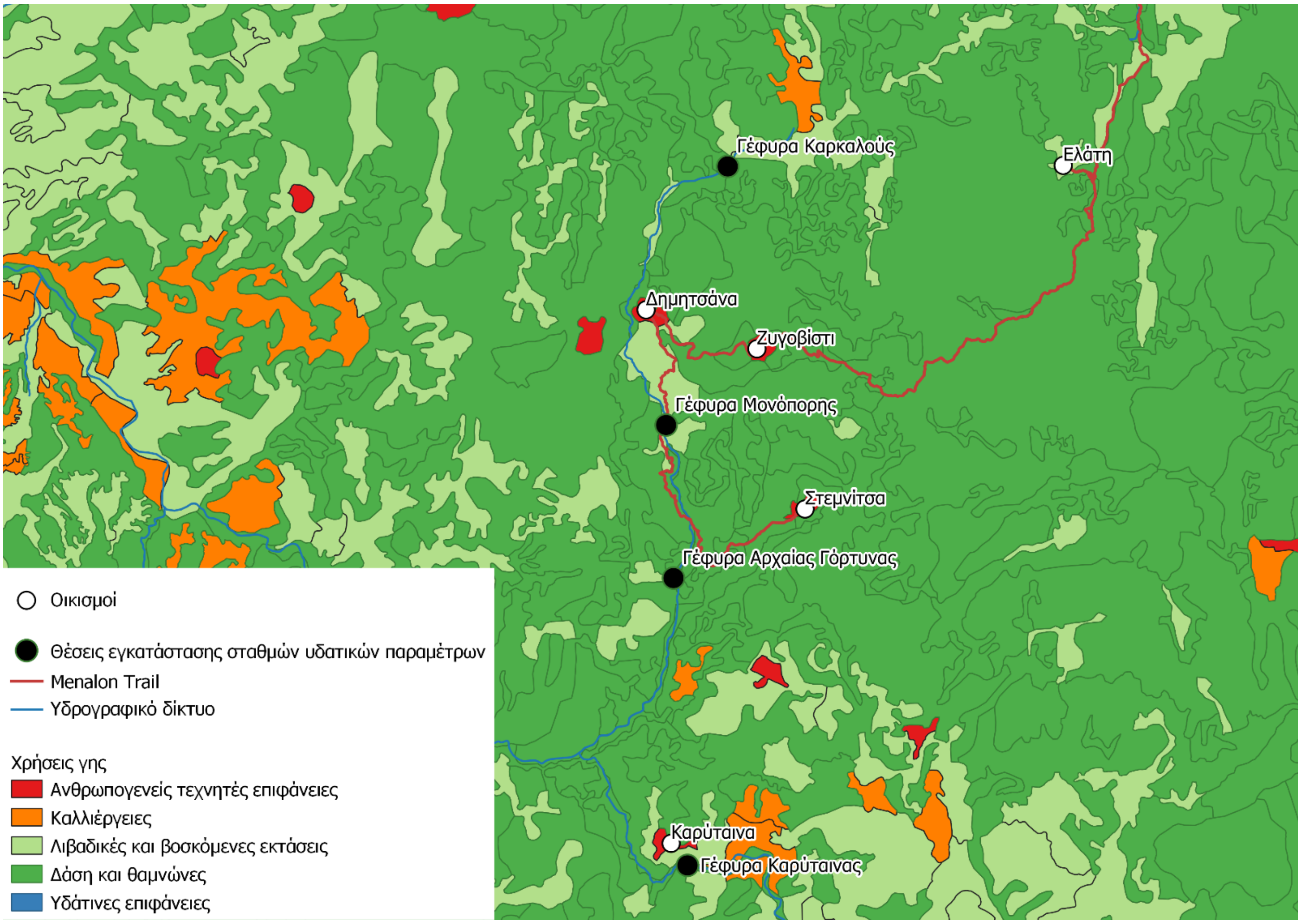
Θέση	Ημερο-μηνία	Θερμο-κρασία (° C)	Αγωγιμότητα (ppm)	TDS	Αλατότητα (PSU)	PH	DO (mg/l)	Συνολικό πλάτος (m)	Μέσο βάθος (m)	Μέση ροή (m)	Συνολική παροχή (m3/s)
Μονόπορη	22/9/2020	16.5	292	145	0.14	8.2	8	5	0.179	0.296	0.209
Αρχ. Γόρτυνα	22/9/2020	13	418	208	0.2	7.9	9.9	11	0.41	0.595	2.767
Καρκαλού	23/9/2020	12.7	407	203	0.2	7.5	7.5	2.1	0.325	0.195	0.123
Ατσίχολου	22/9/2020	13.3	410	205	0.2	8.1	8.2	8.6	0.407	0.574	2.296

Εικόνα 5. Στιγμιότυπα από την επίσκεψη στο πεδίο και την καταγραφή των χαρακτηριστικών των θέσεων

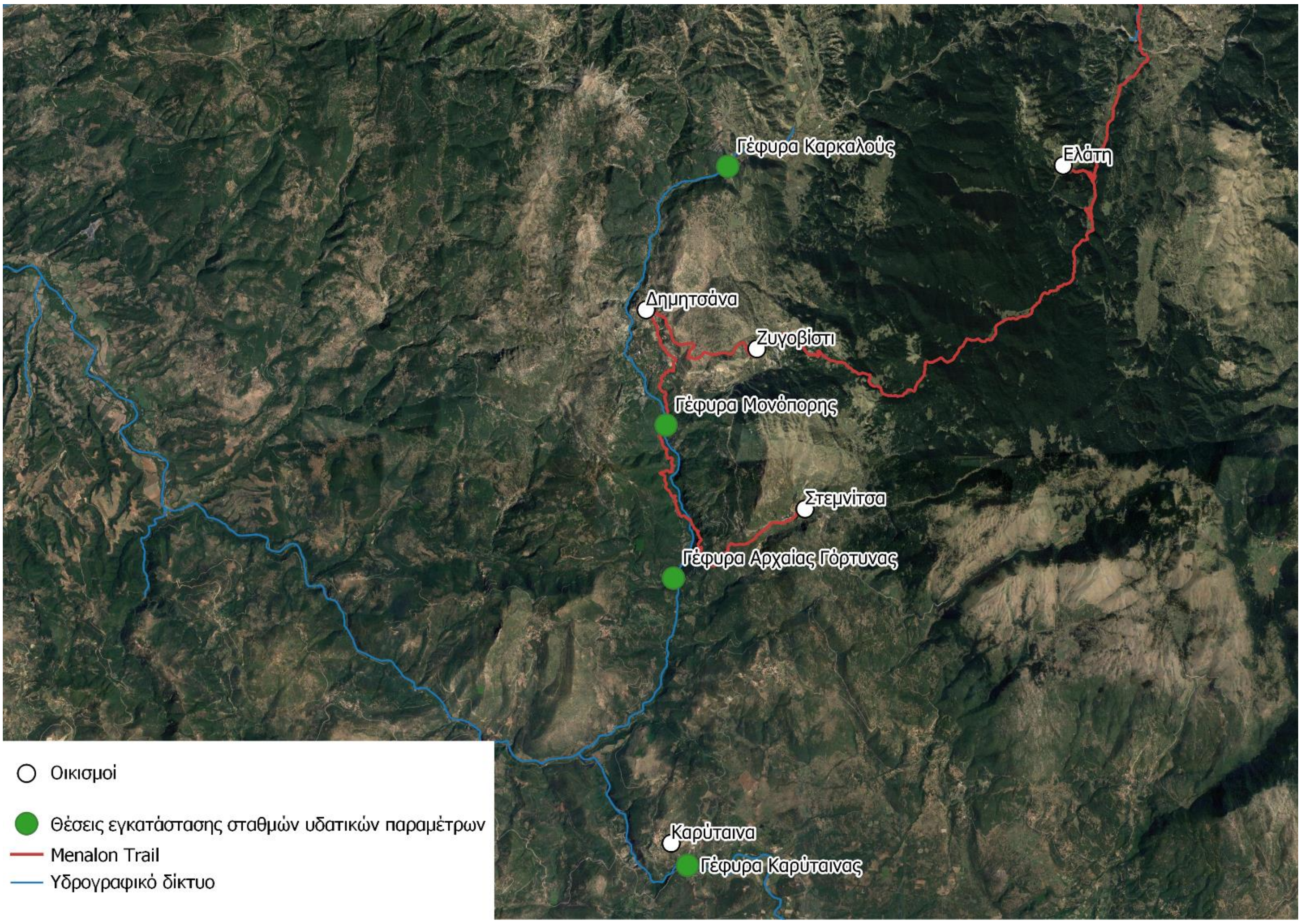
Δύο γέφυρες απορρίφθηκαν λόγω της δυσκολίας πρόσβασης (Γέφυρα Κούκου και Γέφυρα Δημητσάνας). Οι υπόλοιπες πέντε γέφυρες (Καρκαλούς, Μονόπορης, Αρχαίας Γόρτυνας, Ατσίχολου και Καρύταινας) κρίθηκαν κατάλληλες από άποψη πρόσβασης, γεωμορφολογίας κοίτης και επάρκειας σήματος GSM για την αποστολή δεδομένων. Η γέφυρα Ατσίχολου απορρίφθηκε, καθώς εκεί υπάρχει ήδη εγκατεστημένος σταθμός μέτρησης της στάθμης των υδάτων από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (https://system.openhi.net/stations/2039/).

Αν και στην αρχική πρόταση του έργου, είχε προβλεφθεί η εγκατάσταση **δύο** σταθμών μέτρησης ποσοτικών και ποιοτικών παραμέτρων, αποφασίσθηκε η **επιπλέον** εγκατάσταση **δύο** σταθμών που θα μετρούν μόνο τη στάθμη του νερού, καθώς το κόστος τους είναι σχετικά χαμηλό και μπορεί να καλυφθεί από τον προϋπολογισμό του έργου (Χάρτης 4).

Οι δύο πλήρεις σταθμοί, που θα μετρούν ποιοτικά χαρακτηριστικά και στάθμη, αποφασίστηκε να τοποθετηθούν στη Γέφυρα της Καρκαλούς και στη Γέφυρα της Μονόπορης. Στην πρώτη περίπτωση, ο σταθμός θα μπορεί να μετρά πιθανές ρυπαντικές πιέσεις που θα προκύπτουν από τις καλλιέργειες στην ανάντη πεδιάδα της Καρκαλούς, ενώ στη δεύτερη περίπτωση, ο σταθμός θα μπορεί να μετρά αντίστοιχες πιέσεις που θα προκύπτουν από το κύριο οικιστικό κέντρο της περιοχής, το οποίο είναι η Δημητσάνα (Χάρτης 3). Στις δύο επιπλέον θέσεις που θα τοποθετηθούν οι σταθμοί μέτρησης της στάθμης (Γέφυρα Αρχαίας Γόρτυνας και Γέφυρα Καρύταινας), η πληροφορία της στάθμης θα είναι χρήσιμη για τις δραστηριότητες κατάβασης του ποταμού με πλωτά μέσα (rafting), οι οποίες πραγματοποιούνται εκεί, με αφετηρία τη Γέφυρα του Ατσίχολου.



Χάρτης 3. Χρήσεις γης στην περιοχή μελέτης



Χάρτης 4. Τελική επιλογή θέσεων αυτόματων σταθμών μέτρησης υδατικών παραμέτρων

1.3 Βιβλιογραφία

ΕΛΚΕΘΕ, 2019. Δίκτυο σταθμών παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων σε δύο πιλοτικές περιοχές. Ανοιχτή υποδομή Internet of Things για online υπηρεσίες περιβάλλοντος (Open ELIoT) - ΙΘΑΒΙΠΕΥ, 7 σελ.

European Environmental Agency. 2018. Corine Land Cover (CLC) 2018, Version 2020_20u1. Διαθέσιμο διαδικτυακά στο: https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018

Ex Machina, 2019. Τεχνική έκθεση με την ανάλυση απαιτήσεων και τον σχεδιασμό των έξυπνων αισθητήρων. Ανοιχτή υποδομή Internet of Things για online υπηρεσίες περιβάλλοντος (Open ELIoT) - 71 σελ.

Mentzafou, A., Panagopoulos, Y., Dimitriou, E. 2019. Designing the National Network for Automatic Monitoring of Water Quality Parameters in Greece. Water 11, 1310

QGIS.org, 2020. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. http://www.qgis.org

World Meteorological Organization. 2013. Planning of Water Quality Monitoring Systems; Technical Report Series No. 3; World Meteorological Organization: Geneva, Switzerland

2. Αισθητήρες μέτρησης επισκεψιμότητας

2.1. Εισαγωγή

Η εξασφάλιση αξιόπιστων στοιχείων μέτρησης αριθμού επισκεπτών συμβάλλει ουσιαστικά στη βελτιστοποίηση της αξιοποίησης των διαθέσιμων πόρων προς στοχευμένες δράσεις και έργα υποδομής, με απώτερο σκοπό τόσο την ασφάλεια του επισκέπτη όσο και τη μεγιστοποίηση της ποιοτήτας της εμπειρίας που θα αποκομίσει από την επίσκεψη. Επίσης, τεκμηριώνει την αξία των φυσικών περιοχών ως πόλο έλξης επισκεπτών και ανάπτυξης βιώσιμων οικονομικών δραστηριοτήτων, όπως ο ήπιας μορφής τουρισμός. Σημαντική επίσης ωφέλεια, είναι η συμβολή στην αξιολόγηση των επιπτώσεων της ανθρώπινης δραστηριότητας στο φυσικό περιβάλλον. Δεδομένα επισκεψιμότητας μπορούν να αποτελέσουν το αρχικό μέτρο σύγκρισης για την αξιολόγηση εφαρμοζόμενων διαχειριστικών πρακτικών και καινοτομιών (Loomis, 2000, Cessford et al., 2002, Muhar et al., 2002, Lue, 2006, Pettebone 2010).

Οι διαθέσιμες επιλογές για μέτρηση επισκεπτών περιλαμβάνουν τόσο άμεσες όσο και έμμεσες μεθόδους. Οι άμεσες τεχνικές περιλαμβάνουν μια ευρεία γκάμα, όπως η διενέργεια προφορικών ή γραπτών συνεντεύξεων, η άμεση παρατήρηση από ανθρώπινους παρατηρητές που παραμένουν σταθεροί ή μετακινούνται, η άμεση παρατήρηση από επανδρωμένα ή μη, εναέρια σκάφη, σε κατάλληλες, ανοιχτές περιοχές (π.χ. ξέφωτα, παραλίες), η έμμεση παρατήρηση με αυτόματες κάμερες, βίντεο time-lapse ή τηλεπισκόπηση, η μέτρηση εισιτηρίων ή αδειών εισόδου, η εθελοντική καταμέτρηση των επισκεπτών σε βιβλία επισκεπτών που βρίσκονται σε κορυφές ή καταφύγια και η εγκατάσταση αυτόματων μετρητικών συσκευών (counting devices). Στην κατηγορία των έμμεσων τεχνικών, δεν μετριέται ο αριθμός των επισκεπτών απευθείας, αλλά εξάγεται εμμέσως από την παρατήρηση των επιπτώσεων της επίσκεψής τους, όπως η ύπαρξη απορριμάτων, η φθορά του καταστώματος των μονοπατιών, οι ζημιές στη βλάστηση ή τα αποτυπώματα που αφήνουν οι επισκέπτες σε κατάλληλα για παρατήρηση υποστρώματα. (Cessford et al., 2002**,** Muhar et al., 2002, Kajala et al., 2007). Νέες, αναδυόμενες τεχνικές, περιλαμβάνουν την αξιοποίηση γεωγραφικής πληροφορίας που προκύπτει από τη χρήση συσκευών από τους ίδιους τους πεζοπόρους. Αυτές μπορεί να αφορούν στο στοχευμένο πεζοπορικό κοινό, όπως μέσα από τη χρήση εξειδικευμένων πεζοπορικών εφαρμογών σε έξυπνες συσκευές. Άλλη πηγή δεδομένων που αφορά το ευρύτερο κοινό είναι η χρήση δεδομένων εύρεσης θέσης μέσω κεραιών κινητής τηλεφωνίας, η χρήση δεδομένων θέσης από εφαρμογές γενικής χρήσης ή η σύνδεση σε δίκτυα wifi/Bluetooth (Lee & Sener, 2020).

2.2. Αυτόματες μετρητικές συσκευές

Οι **αυτόματες μετρητικές συσκευές** (**counting devices**) πλεονεκτούν στο ότι δεν απαιτούν το αυξημένο κόστος που επιτάσσει η συνεχής ανθρώπινη παρουσία για τη λειτουργία τους. Πολλές από αυτές τις συσκευές αξιοποιούν ή μοιράζονται τεχνογνωσία που αναπτύχθηκε αρχικά για άλλες αγορές, όπως η αγορά ειδών επιτήρησης και ασφάλειας, αλλά και η συγκοινωνιολογία, κάτι που επιτρέπει τη μαζική παραγωγή τους και τη διαθεσιμότητά τους σε προσιτές τιμές. Οι μετρητικές συσκευές μπορούν να ενταχθούν στις ακόλουθες γενικές κατηγορίες (Muhar et al., 2002):

Περιστρεφόμενες δίοδοι, γνωστές και ως τουρνικέ (**turnstiles**). Η αρχή λειτουργίας τους είναι ότι ο αριθμός των περιστροφών της διόδου μπορεί να μεταφραστεί σε αριθμό ατόμων που τη χρησιμοποιούν. Οι περιστρεφόμενες δίοδοι χρησιμοποιούνται σε σημεία όπου η κίνηση των επισκεπτών περιορίζεται από περιφράξεις ή άλλα εμπόδια (π.χ. βράχια). Μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο για τη μέτρηση πεζών επισκεπτών. Αντίστοιχες συσκευές χρησιμοποιούνται για την ελεγχόμενη κίνηση ατόμων σε αθλητικές εγκαταστάσεις ή στους σταθμούς του μετρό. Οι περιστρεφόμενες δίοδοι έχουν την τάση να υπερεκτιμούν τον αριθμό των επισκεπτών, ιδίως όταν η χρήση τους δεν επιβλέπεται από προσωπικό ή δεν συντηρούνται τακτικά (Muhar et al., 2002).

Οι **φωτοηλεκτρικοί μετρητές** (**photoelectric counters**) διαχωρίζονται σε **ενεργητικούς** και **παθητικούς**. Οι πρώτοι δημιουργούν μια δέσμη υπέρυθρου φωτός ανάμεσα σε έναν πομπό και έναν δέκτη και καταγράφουν οποιαδήποτε διακοπή της δέσμης από κινούμενο αντικείμενο. Σε αντιδιαστολή, οι παθητικοί αισθητήρες δεν εκπέμπουν ακτίνα, αλλά ανιχνεύουν μεταβολές της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από διερχόμενα αντικείμενα. Το πλεονέκτημά τους έναντι των ενεργητικών είναι ότι αποκρύπτονται ευκολότερα, καθώς δεν υπάρχει η ανάγκη για εγκατάσταση ζεύγους αισθητήρων και μάλιστα σε ευθεία διάταξη, αλλά μπορεί να έχουν χαμηλότερη ακρίβεια από τους ενεργητικούς (Gasvoda, 1999). Η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας τόσο των ενεργητικών όσο και των παθητικών αισθητήρων τους καθιστά ιδανικούς για εγκατάσταση σε απομονωμένες θέσεις, όπου δεν υπάρχει ηλεκτρικό δίκτυο, καθώς μια κατάλληλη μπαταρία μπορεί να τους τροφοδοτεί για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Οι **αισθητήτηρες πίεσης** (**pressure sensitive sensors**) τοποθετούνται στο κατάστρωμα του μονοπατιού και ανιχνεύουν πίεση από διερχόμενα αντικείμενα. Συνήθως χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση οχημάτων, μηχανοκίνητων ή μη. Σε κατάλληλα εδάφη μπορούν να θαφτούν εντελώς και να αποκρυφτούν εντελώς, κάτι το οποίο είναι μεγάλο πλεονέκτημα έναντι πιθανών βανδαλισμών (Watson et al., 2000, Muhar et al., 2002). Απαιτούν καλή διαβαθμονόμηση όταν προορίζονται για μέτρηση ατόμων (π.χ. ένας ποδηλάτης θα ενεργοποιήσει δύο φορές τον αισθητήρα).

Οι **επαγωγικοί βρόγχοι** (**inductive loop sensors**) βασίζονται σε καλωδίωση που θάβεται εντός του καταστρώματος του μονοπατιού και ενεργοποιούνται από μεταλλικά αντικείμενα που περνάνε από το ηλεκτρομαγνητικό τους πεδίο, οπότε χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση οχημάτων, αλλά μπορούν να ανιχνεύσουν ποδήλατα ή/και αλόγα που φέρουν μεταλλικές οπλές.

2.3. Καλές πρακτικές εγκατάστασης

Συνιστάται να γίνεται **διαβαθμονόμηση** (**calibration**) σε όλες τις αυτόματες μετρητικές συσκευές, ανεξαρτήτως της τεχνολογίας, στην οποία βασίζονται, κατά το αρχικό στάδιο της λειτουργίας τους στο πεδίο, ώστε να ανταποκρίνονται οι ενδείξεις τους στον πραγματικό αριθμό επισκεπτών. Αυτό μπορεί να γίνει με τη διενέργεια ταυτόχρονης μέτρησης του πραγματικού αριθμού των επισκεπτών από ανθρώπινους παρατηρητές σε κατάλληλες χωρικές και χρονικές κλίμακες, ανάλογα με την ένταση επισκεψιμότητας του υπό εξέταση μονοπατιού (Ross, 2005). Η αντιπαραβολή των αποτελεσμάτων της μέτρησης με τον αριθμό των ενδείξεων των συσκευών, οδηγεί στην εξαγωγή ενός συντελεστή διόρθωσης (correction co-efficient) για κάθε συσκευή ξεχωριστά (Kajala et al., 2007).

2.4. Έρευνα αγοράς

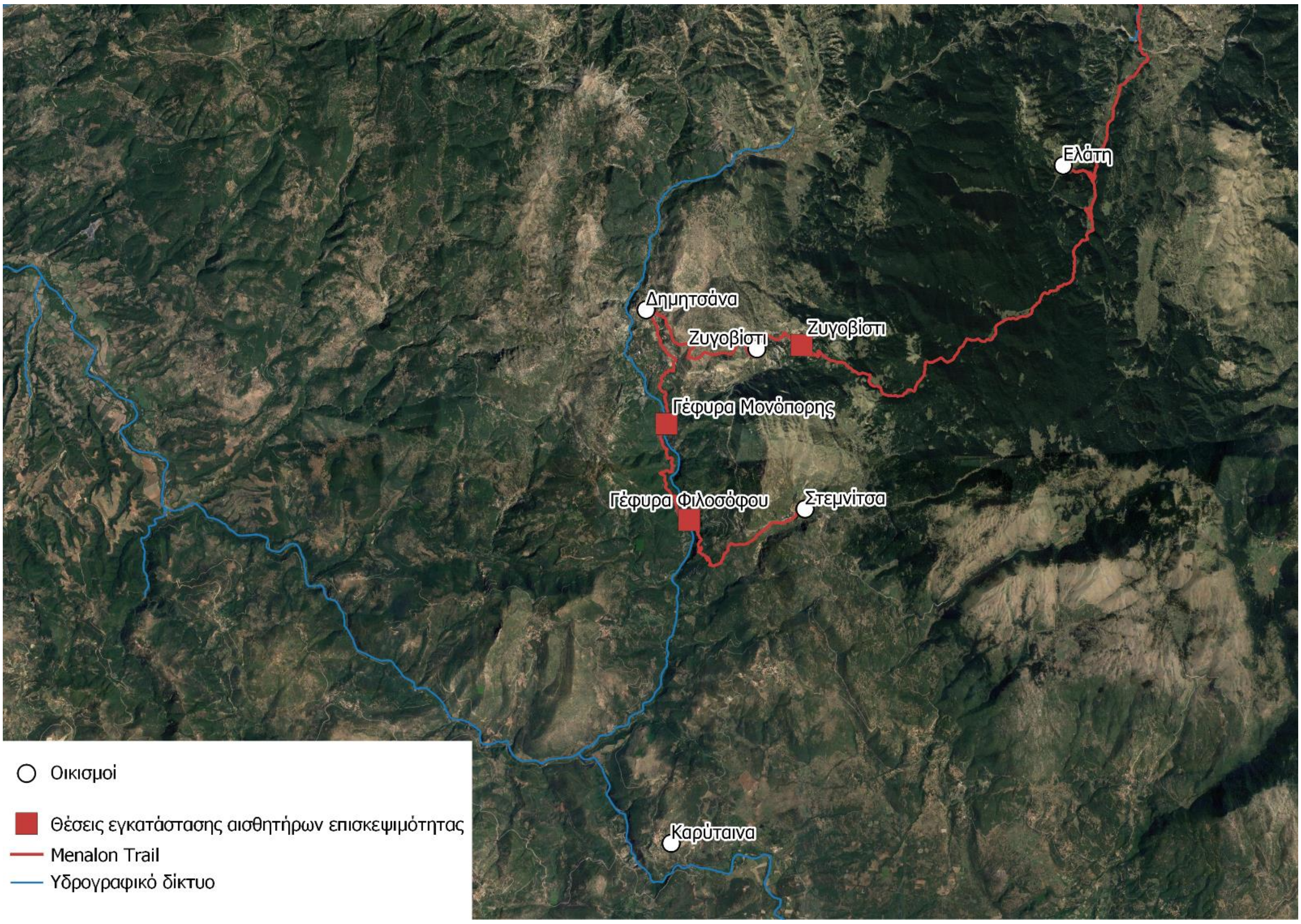
Στην αγορά υπάρχουν υπάρχει ένας σχετικά μεγάλος αριθμός κατασκευαστών, οι οποίοι προσφέρουν πολλά μοντέλα αισθητήρων, οι περισσότεροι όμως, εκ των οποίων, προέρχονται από τη Βόρεια Αμερική και την Ωκεανία, όπου οι μεγάλες εκτάσεις των φυσικών περιοχών οδήγησε από νωρίς στην αναζήτηση σχετικών λύσεων αυτόματων μετρητικών συσκευών (σχετικές λίστες παραθέτουν οι Gasvoda, 1999, Watson et al., 2000, Cessford et al., 2002). Οι λύσεις στην ευρωπαϊκή αγορά είναι σαφώς πιο περιορισμένες. Κατόπιν σχετικής αναζήτησης, εντοπίστηκαν δύο ευρωπαϊκές κατασκευάστριες εταιρείες, οι οποίες έχουν και αντιπρόσωπο στην Ελλάδα: η γαλλική εταιρεία Eco-Counter και η λετονική SensMax Ltd. Η SensMax προσφέρει μόνο αισθητήρες παθητικής ανίχνευσης, ενώ η Eco-Counter προσφέρει τόσο αισθητήρες παθητικής ανίχνευσης, όσο και πίεσης. Κατόπιν πρόσκλησης κατάθεσης προσφορών, αμφότερες οι εταιρείες ανταποκρίθηκαν θετικά. Μετά από συνδυαστική εκτίμηση των τεχνικών χαρακτηριστικών των μοντέλων, αποφασίστηκε η προμήθεια τριών αισθητήρων τύπου Pyro της Eco-Counter (Εικόνα 5).

Εικόνα 6. Ο αισθητήρας παθητικής ανίχνευσης Pyro της εταιρείας Eco-Counter (Από: https://www.eco-counter.com/)

2.5. Επιλογή θέσεων

Η γεωμορφολογική διαμόρφωση του νότιου τμήματος του Menalon Trail με την ύπαρξη του φαραγγιού του Λούσιου ποταμού, ανάμεσα σε Δημητσάνα και Στεμνίτσα συγκεντρώνει τους πεζοπόρους σε μια διαδρομή χωρίς εναλλακτικές διαφυγές, κάτι που αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα για την αντιπροσωπευτική καταγραφή τους.

Ο ένας αισθητήρας προορίζεται να τοποθετηθεί στην τσιμεντένια γέφυρα που βρίσκεται ανάμεσα στη Μονή Φιλοσόφου και τη Μονή Προδρόμου, δύο σημαντικές θέσεις ενδιαφέροντος και πόλο έλξης πολλών επισκεπτών. Η τοποθεσία βρίσκεται μέσα στο φαράγγι του Λούσιου ποταμού και βρίσκεται μακριά από ασφαλτόδρομο, κάνοντας τη θέση προστατευμένη από πιθανούς βανδαλισμούς από άτομα που δεν σχετίζονται με την πεζοπορία. Ο δεύτερος αισθητήρας προορίζεται να εγκατασταθεί σε κατάλληλη θέση πολύ κοντά στη γέφυρα της Μονόπορης. Καθώς πολύ κοντά θα τοποθετηθεί και σταθμός μέτρησης υδατικών παραμέτρων, η θέση αυτή εξυπηρετεί την ταυτόχρονη επίσκεψη για έλεγχο και συντήρηση των δύο εγκαταστάσεων. Ο τρίτος αισθητήρας προορίζεται να εγκατασταθεί σε κατάλληλο σημείο δυτικά του χωριού Ζυγοβίστι. Οι θέσεις των αισθητήρων εμφανίζονται στον Χάρτη 5.



Χάρτης 5. Θέσεις εγκατάστασης αισθητήρων μέτρησης πεζοπόρων

2.6. Βιβλιογραφία

Cessford, G., Cockburn, S., Douglas, M. 2002. Developing New Visitor Counters and Their Applications for Management, στο: Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas. Conference Proceedings. Bodenkultur University Vienna, Austria January 30 – February 02, 2002.

Gasvoda, D. 1999. Trail traffic counters update. Technical Report 9923-2835-MTDC. Missoula, MT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Missoula Technology and Development Center. 14 p.

Kajala, L., Almik, A., Dahl, R., Dikšaitė, L, Erkkonen, J., Fredman, P., Jensen, F. Søndergaard, Karoles, K., Sievänen, T., Skov-Petersen, H., Vistad, O. I., Wallsten, P. 2007. Visitor monitoring in nature areas – a manual based on experiences from the Nordic and Baltic countries. TemaNord

Lee, K. & Sener, I. 2020. Emerging data for pedestrian and bicycle monitoring: Sources and applications. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 4.

Loomis, J.B. 2000. Counting on recreation use data: a call for long term monitoring. Journal of Leisure Research, 32 (1), 93-96.

Lue, C.-C. 2006, στο: Siegrist, D., Clivaz, C., Hunziker, M. & Iten, S. (eds.) 2006. Exploring the Nature of Management. Proceedings of the Third International Conference on Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas. University of Applied Sciences Rapperswil, Switzerland, 13-17 September 2006. Rapperswil.

Muhar, A., Arnberger, A., Bradenburg, C., 2002. Methods for Visitor Monitoring in Recreational and Protected Areas: An Overview, στο: Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas. Conference Proceedings. Bodenkultur University Vienna, Austria January 30 – February 02, 2002.

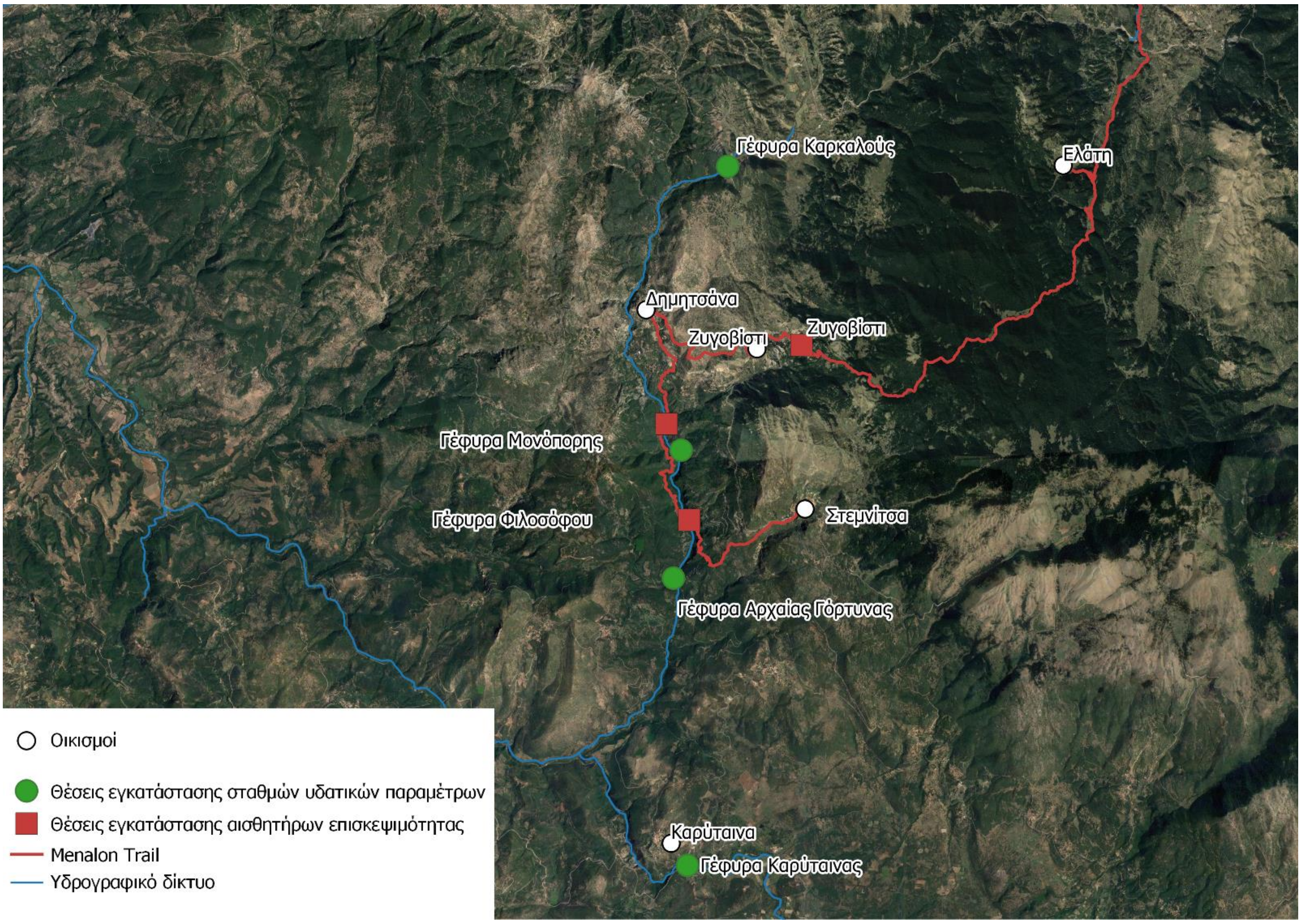
Pettebone, D., Newman, P., Lawson, S. 2010. Estimating Visitor Use at Attraction Sites and Trailheads Using Automated Visitor Counters. Landscape and Urban Planning, 97 (4) 229-238.

QGIS.org, 2021. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. Ross, J. 2005. Visitor counters in parks: management practice for counter calibration. Department of Conservation Technical Series 33. Wellington, New Zealand

Watson, A.E., Cole, D.N., Turner, D.L. & Reynolds, P.S. 2000. Wilderness recreation use estimation. A handbook of methods and systems. USDA Forest Service RMRS-GTR-56. Ogden.

3. Συνδυαστική επιλογή θέσεων σταθμών μέτρησης υδατικών παραμέτρων και αισθητήρων μέτρησης επισκεψιμότητας

Παρατίθεται χάρτης που περιλαμβάνει συνδυαστικά τις θέσεις εγκατάστασης των αυτόματων σταθμών μέτρησης υδατικών παραμέτρων και των αισθητήρων μέτρησης επισκεψιμότητας (Χάρτης 6).



Χάρτης 6. Συνδυαστικός χάρτης εγκατάστασης αυτόματων σταθμών μέτρησης υδατικών παραμέτρων και αισθητήρων μέτρησης επισκεψιμότητας