ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ & ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ & ΥΔΑΤΩΝ

ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΥΔΑΤΩΝ

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΜΕΛΕΤΩΝ ΖΩΝΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΥΔΡΟΛΗΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ & ΠΗΓΩΝ

ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ
ΤΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ
ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ 2000/60/ΕΚ

ΑΘΗΝΑ

Περιεχόμενα

Α. ΓΕΝΙΚΑ 4

Β. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ – ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΖΩΝΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΥΔΡΟΛΗΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΠΗΓΩΝ 5

Γ. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΖΩΝΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΥΔΡΟΛΗΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΠΗΓΩΝ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 7

Δ. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΗΓΩΝ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ 9

Δ.1 ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ 10

Δ.2 ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ 10

Δ.3 ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΑΣΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ 10

Δ.4 ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ 11

Ε. ΖΩΝΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΥΔΡΟΛΗΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΠΗΓΩΝ 12

Ε.1 ΖΩΝΗ ΕΠΙΡΡΟΗΣ / ΑΚΤΙΝΑ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ 13

Ε.2 ΖΩΝΗ ΣΥΛΛΗΨΗΣ 15

Ε.3 ΖΩΝΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ 15

Ε.3.1 Κριτήρια Οριοθέτησης Ζωνών Προστασίας 15

Ε.3.2 Κατηγοριοποίηση Ζωνών Προστασίας 16

Ε.3.3 Μέθοδοι Οριοθέτησης Ζωνών Προστασίας 20

Ε.3.4 Καρστικοί και Ρωγματικοί Υδροφορείς 22

ΣΤ. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ – ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗΣ ΖΩΝΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ 24

ΣΤ.1 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ – ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ 24

ΣΤ.2 ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ 25

Ζ. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ 26

Ζ.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ 26

Ζ.2 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΜΕ ΣΔΛΑΠ ΚΑΙ ΣΔΚΠ 26

Ζ.3 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ 27

Ζ.4 ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 27

Ζ.5 ΓΕΩΛΟΓΙΑ – ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ / ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ – ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ 27

Ζ.6 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ 27

Ζ.7 ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΙΚΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ 28

Ζ.8 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΔΡΟΛΗΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ 28

Ζ.9 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΩΝ ΑΝΤΛΗΣΕΩΝ 29

Ζ.10 ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ 29

Ζ.11 ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΠΙΕΣΕΙΣ / ΔΥΝΗΤΙΚΑ ΡΥΠΟΓΟΝΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ 30

Ζ.12 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΙΔΙΚΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ, ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΛΥΨΗΣ ΓΗΣ 30

Ζ.13 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗΣ ΖΩΝΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ 30

Ζ.14 ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΖΩΝΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ 31
Η. ΧΑΡΤΕΣ / ΤΟΜΕΣ 32
Η.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ 32
Η.2 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ / ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΜΕ ΣΗΜΕΙΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΥΔΑΤΟΣ 32
Η.3 ΧΑΡΤΗΣ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΥΤΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ – ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ 33
Η.4 ΧΑΡΤΗΣ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗΣ ΖΩΝΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ 33
Η.5 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ ΜΕ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑΣ 33
Θ. ΣΧΕΔΙΑ – ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ – ΠΙΝΑΚΕΣ – ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ 35

Α. ΓΕΝΙΚΑ

Με το παρόν ορίζονται ο σκοπός, οι όροι, οι προϋποθέσεις, τα αντικείμενα και οι τεχνικές προδιαγραφές, με βάση τις οποίες εκπονούνται οι υδρογεωλογικές μελέτες για τις Ζώνες Προστασίας των Υδροληπτικών Έργων και Πηγών για κάλυψη υδρευτικών αναγκών, που απαιτούνται σύμφωνα με τα Αναλυτικά Κείμενα Τεκμηρίωσης των Προγραμμάτων Μέτρων των Σχεδίων Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών (ΣΔΛΑΠ) των Υδατικών Διαμερισμάτων της χώρας, που θεσμοθετούνται στο πλαίσιο εφαρμογής της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Οι ανωτέρω μελέτες εκπονούνται από επιστήμονες ανάλογου γνωστικού αντικειμένου, σύμφωνα με τα οριζόμενα στο ΠΔ 344/2000 (ΦΕΚ 297/Α/29.12.2000), όπως ισχύει.

Οι τεχνικές προδιαγραφές και οι απαιτούμενες επιμέρους εργασίες των μελετών για τις Ζώνες Προστασίας των Υδροληπτικών Έργων Ύδρευσης και Πηγών αναφέρονται στην υπ' αριθμ. απόφαση ΔΝΣγ/32129/ΦΝ466 (ΦΕΚ 2519/Β/20.07.2017) περί Έγκρισης Κανονισμού Προεκτιμώμενων Αμοιβών μελετών και παροχής τεχνικών και λοιπών συναφών επιστημονικών υπηρεσιών κατά τη διαδικασία της παρ.8δ του άρθ. 53 του Ν.4412/2016 (Α΄147), όπως ισχύει.

Β. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ – ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΖΩΝΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΥΔΡΟΛΗΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΠΗΓΩΝ

Η μελέτη Ζωνών Προστασίας Υδροληπτικών Έργων Ύδρευσης και Πηγών και κατ' επέκταση η προστασία των υδατικών πόρων είναι επιβεβλημένη από την εθνική και ευρωπαϊκή νομοθεσία, δεδομένου ότι οι υπόγειοι υδατικοί πόροι αποτελούν μια βασική πηγή υδροληψίας που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση και συνεπώς, καθίσταται προφανής η ανάγκη προστασίας της ποιότητάς τους. Η ανωτέρω μελέτη εστιάζει στον προσδιορισμό των ζωνών προστασίας έργων υδροληψίας υπογείων υδάτων, των εδαφικών, δηλαδή, περιοχών που πρέπει να προστατευτούν, συνήθως επιβάλλοντας περιοριστικά μέτρα ως προς τις δραστηριότητες που επιτρέπεται να αναπτυχθούν, ώστε να αποτραπεί το ενδεχόμενο, ρύποι σε συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν τα προβλεπόμενα από το θεσμικό πλαίσιο όρια, να φτάσουν στις περιοχές μάστευσης ή/και εκμετάλλευσης. Η πρακτική αυτή, τόσο λόγω της πολυπλοκότητας ανάπτυξής της, όσο και λόγω της ανάγκης επιβολής περιοριστικών ή/και απαγορευτικών μέτρων, εφαρμόζεται ήδη σε υδρευτικές γεωτρήσεις και πηγές υδροληψίας, με βάση την 1^{η} Αναθεώρηση των Σχεδίων Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών (ΣΔΛΑΠ) των Υδατικών Διαμερισμάτων της χώρας. Σημαντικός, ωστόσο, ανασταλτικός παράγοντας για τον ακριβή προσδιορισμό των ζωνών προστασίας των υδροληπτικών έργων αποτελεί το γεγονός ότι η γεωλογική δομή του υπεδάφους, εντός του οποίου αναπτύσσεται ο υπόγειος υδροφορέας και καθορίζει το πεδίο της υπόγειας ροής και οτιδήποτε εξαρτάται απ' αυτό, περιλαμβανομένων και των ζωνών προστασίας, χαρακτηρίζεται συνήθως από υψηλό βαθμό αβεβαιότητας.

Η μελέτη Ζωνών Προστασίας Υδροληπτικών Έργων Ύδρευσης και Πηγών αποτελεί συμπληρωματική μελέτη των Τεχνικών Προδιαγραφών των Ειδικών Υδρογεωλογικών Μελετών που αποτελούν αναπόσπαστο Παράρτημα (ΙΙΙ) των ΣΔΛΑΠ, όπως ισχύουν, εξειδικεύοντας, αναλύοντας και εμπλουτίζοντας τις εργασίες που πρέπει να πραγματοποιηθούν στην ύπαιθρο/στο πεδίο, ώστε να μελετηθεί με αξιόπιστο και αποδεκτά επιστημονικό τρόπο η έκταση εκείνη που οφείλει να προστατεύει τα υδροληπτικά έργα και πηγές που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση από εν δυνάμει ρυπογόνες δραστηριότητες ή/και έργα. Η παραπάνω μελέτη συνδέεται άμεσα με τα Μέτρα των ΣΔΛΑΠ και συγκεκριμένα με τα ΜΧΧΒ0401 *«Καθορισμός και οριοθέτηση ζωνών ή/και μέτρων προστασίας σημείων υδροληψίας ύδατος, που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση από υπόγεια υδατικά συστήματα»* και ΜΧΧΒ0402 *«Προστασία ΥΥΣ που εντάσσονται στο μητρώο προστατευόμενων περιοχών ανθρώπινης κατανάλωσης και καθορισμός θεσμικού πλαισίου προστασίας»*. Η σύνταξη της ανωτέρω υδρογεωλογικής μελέτης επιτρέπει την ορθολογική οριοθέτηση των ζωνών προστασίας προσφέροντας μεγαλύτερη ασφάλεια στα υδροληπτικά έργα και πηγές, ενώ παράλληλα γίνεται προσπάθεια να αποφευχθεί η υπερδιαστασιολόγησή τους, με

αρνητικές επιπτώσεις στις χρήσεις γης των περιοχών που περιλαμβάνονται στις προστατευόμενες ζώνες.

Γενικότερα, η πολιτική οριοθέτησης ζωνών προστασίας γεωτρήσεων και πηγών οφείλει να βασίζεται στο τρίπτυχο: α) ανάλυση κριτηρίων, β) όρια ρύπανσης και γ) μέθοδοι οριοθέτησης. Τα δύο πρώτα καθορίζονται από υδρογεωλογικά κριτήρια και από το υφιστάμενο κανονιστικό πλαίσιο (εάν υπάρχει) και χρησιμοποιούνται για να απεικονισθούν, σε χάρτη κατάλληλης κλίμακας, τα όρια των ζωνών προστασίας. Η ανωτέρω υδρογεωλογική μελέτη περιγράφει, επί της ουσίας, τις κατευθυντήριες γραμμές οριοθέτησης των ζωνών προστασίας.

Γ. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΖΩΝΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΥΔΡΟΛΗΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΠΗΓΩΝ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

Οι κανονισμοί στις ζώνες προστασίας περιορίζουν ή/και αποκλείουν ανταγωνιστικές χρήσεις γης, συνεπώς, η ορθή διαστασιολόγησή τους αποτελεί απαιτητικό και επίπονο στην υλοποίησή του έργο. Απαιτείται, λοιπόν, η σαφής γνώση των συνθηκών τροφοδοσίας και εκφόρτισης της υπόγειας υδροφορίας ώστε να ληφθούν τα μέτρα προστασίας των υδροληπτικών έργων ύδρευσης και πηγών. Για την οριοθέτηση των ζωνών προστασίας τους λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα:

- οι γεωλογικοί σχηματισμοί περιοχής ενδιαφέροντος,
- οι υδρολιθολογικοί σχηματισμοί περιοχής ενδιαφέροντος,
- ο χαρακτηρισμός των υδρογεωλογικών σχηματισμών με βάση την υδροπερατότητά τους σε υδροπερατούς, ημιπερατούς και αδιαπέρατους, καθώς και το είδος του υδροφορέα σε κοκκώδες, καρστικό, ρωγματικό ή πολύμικτο,
- η γνώση και η, κατά το δυνατό, οριοθέτηση υδροφορέα,
- ο τύπος του υδροφορέα (ελεύθερος, μερικώς υπό πίεση, υπό πίεση, επικρεμάμενος),
- η γενική πιεζομετρία (προσχωματικοί/αλλουβιακοί υδροφορείς) εκτιμώντας την υδραυλική κλίση και την κατανομή του υδραυλικού φορτίου ή η διεύθυνση κίνησης υπόγειας ροής (καρστικοί, ρωγματικοί) προς τα υδρομαστευτικά έργα (εφόσον διατίθεται ικανός αριθμός υδροσημείων για τη χάραξη της υδροστατικής στάθμης),
- η ταχύτητα της υπόγειας ροής προς τα υδρομαστευτικά έργα,
- ο καθορισμός της τροφοδοσίας και εκφόρτισης της υπόγειας υδροφορίας (κατείσδυση, διήθηση, πλευρική τροφοδοσία, πηγές κ.ά.) και η εκτίμηση του ρυθμού ανανέωσης και των ποσοτήτων των ρυθμιστικών αποθεμάτων,
- η υδραυλική επικοινωνία με παρακείμενα υδατορέματα ή κοίτες υδατορεμάτων (παροδική – μόνιμη ροή, πλημμυρική απορροή) και η σχέση τους με την υπόγεια υδροφορία (τροφοδοσία, εκφόρτιση ή/και τα δύο),
- το πάχος και το γεωλογικό υλικό της ακόρεστης ζώνης στην εγγύς περιοχή του υδροληπτικού έργου,
- οι υδραυλικές παράμετροι του υδροφορέα (υδραυλική αγωγιμότητα, μεταβιβαστικότητα, συντελεστής αποθήκευσης ή υδροχωρητικότητας, ενεργό πορώδες, υδραυλική κλίση κ.ά.),
- η εκτίμηση των απολήψεων από την υπόγεια υδροφορία (διάρκεια και περίοδο αντλήσεων),

καθώς και ο έλεγχος της πτώσης στάθμης και της ζώνης επιρροής ή ακτίνας επίδρασης του κώνου πτώσης στάθμης του υδροληπτικού έργου αναφοράς,

- η πυκνότητα των υδρομαστευτικών έργων στην περιοχή ενδιαφέροντος (απόσταση από παρακείμενα υδροληπτικά έργα – σχετική τους θέση),
- η καταγραφή των σημειακών και διάχυτων πιέσεων στην υπόγεια υδροφορία, ο εντοπισμός του είδους των δυνητικών ρύπων και ο χρόνος ημιζωής τους και
- η εκτίμηση της ταχύτητας ροής του ρύπου προς τα υδρομαστευτικά έργα με βάση τα υδραυλικά χαρακτηριστικά της υπόγειας υδροφορίας.

Δ. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΗΓΩΝ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

Η ποιοτική (χημική) σύσταση του φυσικού νερού καθορίζεται από διάφορες ουσίες που βρίσκονται διαλυμένες σ' αυτό. Οι πηγές προέλευσης των ουσιών αυτών άλλοτε έχουν σχέση με φυσικοχημικές διαδικασίες του περιβάλλοντος, άλλοτε αφορούν σε ανθρώπινες δραστηριότητες και άλλοτε - τις περισσότερες φορές – σε συνδυασμό και των δύο. Ορισμένες από αυτές τις διαλυμένες ουσίες ή και κάποιες αδιάλυτες στο νερό, έχουν βλαβερές συνέπειες στην υγεία των ανθρώπων, των ζώων και γενικά στο περιβάλλον. Η ορθολογική, λοιπόν, διαχείριση των υπόγειων νερών αναφορικά με την ποιότητά τους απαιτεί καταρχήν τη βασική γνώση των διαδικασιών που καθορίζουν τη σύσταση του φυσικού νερού. Η καταγραφή και ταξινόμηση των πηγών ρύπανσης (διάχυτες και σημειακές πιέσεις) των υπόγειων νερών γίνεται ανάλογα με τις δραστηριότητες ή τις διεργασίες που την προκαλούν.

Η εκτίμηση των πιέσεων και η ανάλυση των επιπτώσεών τους αποτελούν δύο από τις βασικές πτυχές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ και ειδικότερα του Άρθρου 5, σύμφωνα με την οποία *«για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού/.../αναλαμβάνεται: η ανάλυση των χαρακτηριστικών της, η επισκόπηση των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στην κατάσταση των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων και η οικονομική ανάλυση της χρήσης ύδατος»*.

Οι πιέσεις διαχωρίζονται σε:

- σημειακές πιέσεις (π.χ. Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ), βιομηχανικές & κτηνοτροφικές μονάδες, διαρροές από χώρους ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων (ΧΑΔΑ) και χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), απορροές από εξορυκτικές δραστηριότητες),
- διάχυτες πιέσεις (π.χ. γεωργικές δραστηριότητες, αστικά λύματα),
- απολήψεις υπόγειου νερού (σε περίπτωση παράκτιων υδροφορέων οι υπεραντλήσεις έχουν ως αποτέλεσμα τη διείσδυση θαλάσσιου νερού),
- τεχνητός εμπλουτισμός υπογείων υδάτων (σε περίπτωση εμπλουτισμού με μη φυσικά νερά π.χ. επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων που δεν πληρούν τις θεσμοθετημένες προδιαγραφές) και
- μεταβολή υπόγειας στάθμης και ποσότητας υπογείων νερών εξαιτίας υπογείων εκμεταλλεύσεων ή κατασκευής μεγάλων υπογείων έργων

Με βάση το κριτήριο αυτό διακρίνονται οι ακόλουθες κατηγορίες ρύπανσης – πιέσεων: α) βιομηχανικές δραστηριότητες, β) αγροτικές δραστηριότητες, γ) αστικές και οικιακές δραστηριότητες και δ) φυσικές διεργασίες.

Δ.1 ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Η ρύπανση των υπόγειων νερών από βιομηχανικές δραστηριότητες χαρακτηρίζεται από την τεράστια ποικιλία οργανικών και ανόργανων ουσιών και ενώσεων που μπορούν να χαρακτηρισθούν ως ρύποι. Γενικά, διακρίνονται τρεις ομάδες πηγών ρύπανσης: α) βιομηχανικά απόβλητα πού διατίθενται στον αέρα, το έδαφος, τα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά, β) διαρροές και γ) ατυχήματα. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται κυρίως σημειακές πιέσεις, αλλά και διάχυτες (π.χ. ΒΙΠΕ, ΒΙΟΠΑ). Αξιολογείται το είδος της δραστηριότητας, το είδος των αποβλήτων, ο τρόπος διάθεσης, οι πιθανές διαρροές κατά τη μεταφορά, τα πιθανά ατυχήματα κλπ.

Δ.2 ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Το πιο χαρακτηριστικό στοιχείο της ρύπανσης από αγροτικές δραστηριότητες είναι ότι στις περισσότερες περιπτώσεις είναι κατανεμημένη στο χώρο (διάχυτη πίεση), σε αντίθεση με το «σημειακό» χαρακτήρα των άλλων πηγών. Οι σημειακές πιέσεις αγροτικών δραστηριοτήτων περιλαμβάνουν κυρίως μεγάλες κτηνοτροφικές μονάδες. Από τις αγροτικές γενικά δραστηριότητες, ρύπανση του υπόγειου νερού προκαλούν τα ζωικά λύματα, τα άλατα των αρδεύσεων και τα διάφορα χημικά που εφαρμόζονται στους αγρούς. Στην τελευταία κατηγορία ανήκουν οι οργανικές και ανόργανες ενώσεις τον αζώτου, του φωσφόρου και του καλίου που υπάρχουν στα λιπάσματα καθώς και τα εντομοκτόνα και τα ζιζανιοκτόνα. Μικρής έκτασης, δηλαδή, σημειακή, ρύπανση μπορεί να προκληθεί από δραστηριότητες τοπικού χαρακτήρα που αφορούν στη διάθεση αποβλήτων, ζωικών, γεωργοχημικών ή φυτικών ή από την αποθήκευση διάφορων χημικών ουσιών, λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων κτλ. Σήμερα η πιο εκτεταμένη ρύπανση των υπόγειων νερών προέρχεται από αγροτικές δραστηριότητες και αφορά στα λιπάσματα (κυρίως αζωτούχα) και τα ζιζανιοκτόνα. Αυτό οφείλεται στην τεράστια διάδοση και έκταση της εφαρμογής τους που έχει ως στόχο την αύξηση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών. Δευτερευόντως, αλλά μεγαλύτερης δραστικότητας είναι οι οργανικές ενώσεις των φυτοφαρμάκων.

Δ.3 ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΑΣΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Δύο είναι οι τύποι ρύπανσης των υπόγειων νερών που προέρχονται από αστικές και οικιακές δραστηριότητες: α) τα στερεά απορρίμματα και β) τα αστικά λύματα.

Αν τα στερεά απορρίμματα διατίθενται ανεπεξέργαστα σε ανοικτούς λάκκους στο έδαφος, ο κίνδυνος για ρύπανση των υπόγειων νερών από τα διασταλλάζοντα υγρά είναι άμεσος. Όσον αφορά τα αστικά λύματα, οι κίνδυνοι που δημιουργούνται, όχι μόνο από την απευθείας διάθεσή τους στο έδαφος, αλλά και από τη διάθεση της λάσπης των επεξεργασμένων καταλοίπων τους, αφορούν σε μικροβιακής και χημικής προέλευσης επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Πρέπει να τονισθεί ότι

στην κατηγορία των αστικών λυμάτων περιλαμβάνονται τόσο αυτά των συλλογικών δικτύων όσο και αυτά των μεμονωμένων κατοικιών που διατίθενται στο έδαφος. Τέλος, στην κατηγορία των αστικών δραστηριοτήτων συμπεριλαμβάνονται και τύποι ρύπανσης που αφορούν σε χημικές ουσίες που διαρρέουν μέσω των οδοστρωμάτων (κυρίως από ατυχήματα), σε χρήση αλατιού για αποπαγοποίηση δρόμων, σε διαρροές των αγωγών αποχέτευσης κλπ.

Δ.4 ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται περιστατικά επιβάρυνσης της ποιότητας των υπόγειων νερών που η πηγή προέλευσής τους μπορεί να είναι: α) η φυσική διείσδυση θαλασσινού νερού σε παράκτιους υδροφορείς, β) τα θαλάσσια αερολύματα και γ) επαγωγικός εμπλουτισμός υδροφορέων με ακάθαρτα επιφανειακά νερά.

Η διείσδυση θαλασσινού νερού προκαλείται κυρίως από υπεραντλήσεις παράκτιων υδροφορέων και συνεπώς, είναι ανθρωπογενούς προέλευσης. Πρόκειται ίσως για τη σημαντικότερη επίπτωση επιβάρυνσης της ποιότητας των υπόγειων νερών φυσικής/ανθρωπογενούς προέλευσης ειδικά για την Ελλάδα που έχει ένα τεράστιο μήκος ακτών, κατά μήκος των οποίων, έχουν αναπτυχθεί πολλοί οικισμοί, χωριά ή/και πόλεις. Ενίοτε, η διείσδυση της θάλασσας είναι φυσική, λόγω υδραυλικών συνθηκών, όπως στην περίπτωση των παράκτιων καρστικών συστημάτων. Επίσης, όταν οι συνθήκες το επιτρέπουν, τα θαλάσσια αερολύματα δύνανται να εμπλουτίσουν τους παράκτιους κυρίως υδροφορείς με ιόντα χλωρίου καθιστώντας τους υφάλμυρους.

Άλλη φυσική διεργασία θα μπορούσε να είναι η αυξημένη (πέραν των ορίων που προβλέπονται από το θεσμικό πλαίσιο) παρουσία στο νερό των υδροφορέων, ρυπογόνων συστατικών, τα οποία περιέρχονται σε αυτούς με το νερό της κατείσδυσης, που πριν να φτάσει στον υδροφορέα, περνάει από στρώμα στη σύσταση του οποίου υπάρχουν αυξημένες ποσότητες τέτοιων «ρυπογόνων» στοιχείων (π.χ. υδροφορείς της δυτικής Πελοποννήσου με αυξημένες περιεκτικότητες σε Fe και Mn, υδροφορείς που αναπτύσσονται στα υπερβασικά πετρώματα στους οποίους παρατηρούνται υψηλές συγκεντρώσεις εξασθενούς χρωμίου κ.ά.). Ακόμα, ο επαγωγικός εμπλουτισμός από επιφανειακούς αποδέκτες, όπως ποτάμια ή λίμνες, που συνδέονται υδραυλικά με αυτούς, έχει ως συνέπεια τη μεταφορά ρύπων από τα επιφανειακά στα υπόγεια νερά. Οι ρύποι αυτοί είναι συνήθως οργανικές ή/και ανόργανες ενώσεις, αλλά μπορεί να είναι και βακτήρια ή ιοί. Ο τύπος αυτής της ρύπανσης εμφανίζει έξαρση κυρίως σε περιοχές με βαριά βιομηχανία και δεν είναι χαρακτηριστικός στη χώρα μας.

Ε. ΖΩΝΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΥΔΡΟΛΗΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΠΗΓΩΝ

Σε κάθε υδροληπτικό έργο (γεώτρηση, πηγάδι, πηγή) που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση καθορίζεται μια *περίμετρος προστασίας* για την ποιοτική προστασία του υπό εκμετάλλευση υπόγειου υδροφορέα. Τα κριτήρια καθορισμού της περιμέτρου προστασίας εξαρτώνται από τους κανόνες υγιεινής, τα πρότυπα ποσιμότητας κ.λπ. και περιλαμβάνουν έναν κατάλογο από απαγορευτικές ανθρώπινες δραστηριότητες που μπορεί να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα των υπόγειων νερών. Ο σκοπός των προτεινόμενων ζωνών προστασίας είναι να προστατευθεί η υπόγεια υδροφορία και κατ' επέκταση ο πολίτης από την κατανάλωση αντλούμενου νερού. Οι επιπτώσεις των διαφόρων πηγών ρύπανσης εξαρτώνται από την απόσταση από το υδροληπτικό έργο ή την πηγή, τις ιδιότητες του ρύπου, καθώς και τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα και τη φύση των υλικών πάνω από αυτόν. Η περίμετρος προστασίας οριοθετεί μια έκταση στην επιφάνεια του εδάφους, στην οποία έχουν επιβληθεί απαγορευτικά μέτρα ή μέτρα επιτήρησης για την προστασία των έργων υδροληψίας. Η έκταση αυτή εκτείνεται κυρίως (αλλά όχι πάντα) προς τα ανάντη των υδροληπτικών έργων ως προς την υπόγεια υδραυλική κλίση και τη διεύθυνση της υπόγειας ροής και καθορίζεται με βάση την ταχύτητα ροής ανάμεσα στη ζώνη τροφοδοσίας και στα σημεία υδροληψίας. Ο καθορισμός της περιμέτρου προστασίας ενός υδροληπτικού έργου οφείλει να βασίζεται:

- Στη γνώση των υδρογεωλογικών δομών, καθώς και των βασικών υδραυλικών χαρακτηριστικών των υδροφορέων ενδιαφέροντος και της περιοχής τροφοδοσίας του υπόγειου νερού προς το υδροληπτικό έργο με χαρτογραφική αποτύπωσή της στην κατάλληλη κλίμακα κάθε φορά.
- Στην απογραφή και αξιολόγηση όλων των πιθανών δραστηριοτήτων ρύπανσης ή μόλυνσης εντός της περιοχής τροφοδοσίας του υδροληπτικού έργου ενδιαφέροντος. Ταξινόμηση αυτών σε φυσικά αίτια (πλευρικές μεταγγίσεις, μεταγγίσεις από κοιτάσματα, υπόγεια ροή σε επαφή με ευδιάλυτα πετρώματα κ.ά.) και ανθρωπογενείς πιέσεις (βιομηχανίες, σκουπιδότοποι, νεκροταφεία, αποθέσεις αποβλήτων, μεταλλευτικά έργα, αγροτοκτηνοτροφικές και βιομηχανικές δραστηριότητες κ.ά.).

Ανάλογα με τη λιθολογική και στρωματογραφική σύνθεση, καθώς και την υδροπερατότητα των πετρωμάτων πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα ενδιαφέροντος διακρίνονται οι παρακάτω περιπτώσεις ως προς την προστασία του:

1) Ευνοϊκές συνθήκες: Το υδροφόρο στρώμα προστατεύεται από τη ρύπανση λόγω της παρουσίας υλικών στη βάση της ακόρεστης ζώνης που παρουσιάζουν μεγάλη ικανότητα αυτοκαθαρισμού και πολύ χαμηλή υδροπερατότητα. Ως τέτοια διαλαμβάνονται οι άργιλοι, οι ιλυόλιθοι, οι πηλοί, οι

λεπτόκοκκοι άμμοι και τα διάφορα μίγματά τους.

2) Μέτριες συνθήκες: Το υδροφόρο στρώμα έχει καλές ιδιότητες αυτοκαθαρισμού όταν και εφόσον η ακόρεστη ζώνη και το υδροφόρο στρώμα έχουν καλές ιδιότητες αυτοκαθαρισμού. Τέτοια υλικά είναι η πηλούχος, λεπτόκοκκη άμμος με περιορισμένο κλάσμα από άργιλο και σε ιλύ.

3) Δυσμενείς συνθήκες: Το υδροφόρο στρώμα έχει ελάχιστη ή καθόλου ικανότητα αυτοκαθαρισμού. Επομένως, οι αποθέσεις και τα πετρώματα με μεγάλο ενεργό πορώδες, μεγάλη υδροπερατότητα και με δυνατότητα ανάπτυξης ταχείας υπόγειας ροής εντός αυτών, παρουσιάζονται με δυσμενείς συνθήκες προστασίας. Τέτοια είναι τα αμμοχάλικα, οι αδρόκοκκες άμμοι και γενικά όλα τα αποκαρστωμένα και διαρρηγμένα πετρώματα.

Ε.1 ΖΩΝΗ ΕΠΙΡΡΟΗΣ / ΑΚΤΙΝΑ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ

Ως ζώνη επιρροής/ακτίνα επίδρασης μιας γεώτρησης ορίζεται η μέγιστη απόσταση, στην οποία παρατηρείται διαταραχή της στάθμης του υδροφορέα, λόγω της λειτουργίας του υδροληπτικού έργου. Είναι προφανές ότι στο όριο της ζώνης επιρροής, η πτώση της στάθμης λόγω της λειτουργίας του έργου είναι μηδενική, ενώ σε όλα τα ενδιάμεσα σημεία είναι μεγαλύτερη. Η πτώση της στάθμης παίρνει τη μέγιστη της τιμή στις παρειές της γεώτρησης. Εάν στο πεδίο υπάρχουν περισσότερα από ένα υδροληπτικά έργα, όπως συμβαίνει συνήθως στην πράξη, τότε η τελική στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα επηρεάζεται από όλα. Τα στοιχεία που επηρεάζουν τη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα είναι: α) η σχετική θέση των έργων υδροληψίας, β) η παροχή άντλησης και γ) τα υδραυλικά και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για ροές σε πορώδη μέσα η ακτίνα επίδρασης της γεώτρησης (R_0) σε περίπτωση συνεχούς άντλησης υπολογίζεται από τη σχέση που προκύπτει από την εφαρμογή του γνωστού προτύπου THEIS, με τις όποιες παραδοχές:

$$R_0 = 1,5\times(T\times t/S)^{0,5}$$

όπου, T η υδαταγωγιμότητα (m^2/day), t ο χρόνος άντλησης (days) και S η αποθηκευτικότητα του υδροφορέα (αδιάστατο μέγεθος).

Επίσης, η τιμή της ακτίνας επίδρασης της γεώτρησης σε συνάρτηση με την παροχή, τα κοκκομετρικά στοιχεία του υδροφορέα και την τάξη της περατότητας υπολογίζεται από τα στοιχεία του πίνακα Bogomolov (βλ. πίνακα παρακάτω). Η αναφορά στον πίνακα αυτό γίνεται καθώς οι υδραυλικές παράμετροι του εκμεταλλεύσιμου υδροφόρου συστήματος θα υπολογιστούν μετά τις δοκιμαστικές αντλήσεις των γεωτρήσεων. Οπότε, βάσει των τιμών του ζεύγους χρόνος – πτώση στάθμης, θα χαραχτεί η ευθεία του Jacob, θα υπολογιστούν οι συντελεστές μεταβιβαστικότητας (T) και αποθηκευτικότητας (S) και θα εκτιμηθεί η ακτίνα επίδρασης (R_0) της γεώτρησης. Σημειώνεται ότι οι

τιμές του πίνακα Bogomolov είναι εμπειρικές και επομένως, ελέγχονται για την αντικειμενικότητα και την αξιοπιστία τους.

Είδος υδροφορέα	**Επικρατούσα διάμε-τρος (mm)**	**Συντελεστής περα-τότητας (m/sec)**	**Παροχή (m^3/h)**	**Ακτίνα επίδρασης (m)**
Αργιλλώδεις άμμοι	0,01 – 0,05	$6*10^{-6}$ – $1,1*10^{-5}$	0,1 – 0,3	65
Λεπτόκοκκοι άμμοι	0,01- 0,05	$1,7*10^{-5}$ – $5,7*10^{-5}$	0,2 – 0,4	65
Αργιλλούχοι λεπτόκοκκοι άμμοι	01 – 0,25	$1,15*10^{-4}$ – $1,7*10^{-4}$	0,5 – 0,8	75
Άμμοι λεπτόκοκκοι	0,1 – 0,25	$2,3*10^{-4}$ – $2,9*10^{-4}$	0,8 – 1,7	75
Αργιλώδεις άμμοι με-σόκοκκοι	0,25 – 0,5	2,3*10–4 – $2,1*10^{-4}$	0,6 - 1	100
Άμμοι μεσόκοκκοι	0,25 – 0,5	$4*10^{-4}$ – $5,8*10^{-4}$	15 - 20	100
Αργιλούχοι χονδρόκοκκοι άμμοι	0,5 – 1,0	$4*10^{-4}$ – $4,6*10^{-4}$	20 - 25	100
Άμμοι χονδρόκοκκοι	0,05 – 1,0	$7*10^{-4}$ – $8,7*10^{-4}$	40 – 50	125
Χαλίκια	-	$1,16*10^{-3}$ – $1,4*10^{-3}$	75 - 100	150

Επιπλέον, προτείνεται ενδεικτικά η μαθηματική εξίσωση των DUPUIT – THIEM:

S1 –S2 – Qln (r2 /r 10 /2Pt και h22 – h12 = Qln (r22 / r12 /πK

Τα μεγέθη είναι προσδιορίσιμα στη διάρκεια δοκιμαστικής άντλησης και δίνουν αξιόπιστα αποτελέσματα. Στην προκείμενη περίπτωση μας ενδιαφέρει η ακτίνα επίδρασης του υδροληπτικού έργου ύδρευσης και όχι η αλληλοεπίδραση με άλλο ιδιωτικό έργο. Εννοείται ότι η ακτίνα επίδρασης (ή ζώνη επιρροής) δεν έχει το ίδιο εύρος περιμετρικά του έργου εκτός και αν πρόκειται για ενιαίο υδροφορέα. Σε διαφορετική περίπτωση ο μελετητής οφείλει να αξιοποιήσει και τα αμιγώς γεωλογικά κριτήρια που του παρέχει ο γεωλογικός χάρτης, δηλαδή, εάν υπάρχουν περιμετρικά εγγύτερες οριοθετήσεις από αδιαπέρατους/υδροστεγανούς σχηματισμούς.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η πλέον αξιόπιστη μέθοδος είναι η γραφική επίλυση με τη χρησιμοποίηση του διαγράμματος Jacob *«απόσταση – πτώση στάθμης»* που απαιτεί όμως τουλάχιστον δύο δορυφορικές γεωτρήσεις (πιεζόμετρα) με ταυτόχρονη μέτρηση της στάθμης, γεγονός που την καθιστά σχετικά δύσκολη στην εφαρμογή της όταν πρόκειται για περιοχές με πολύ λίγα και διάσπαρτα υδροληπτικά έργα. Παρόλα αυτά αποτελεί την πιο ενδεδειγμένη μέθοδο όταν πρόκειται για περιοχές εύκολα προσβάσιμες και με πληθώρα υδροσημείων σε κοντινή σχετικά απόσταση από το/τα υπό προστασία υδροληπτικό/ά έργο/α ή πηγή.

Η επιλογή της καταλληλότερης μεθοδολογίας, για την επεξεργασία στοιχείων που συλλέγονται κατά τη διάρκεια μιας δοκιμαστικής άντλησης, γίνεται λαμβάνοντας υπόψη δύο βασικά κριτήρια:

- τον τύπο του υδροφορέα (ελεύθερος ή υπό πίεση) και
- τις συνθήκες ροής (ροή σε κατάσταση ισορροπίας ή συνεχής ροή και ροή σε κατάσταση μη ισορροπίας ή ασυνεχής ροή).

Ε.2 ΖΩΝΗ ΣΥΛΛΗΨΗΣ

Ως ζώνη σύλληψης (ή ζώνη συνεισφοράς ή υδρομάστευσης ή ανάκτησης ή παγίδευσης) ενός υδροληπτικού έργου ορίζεται η επιφανειακή ή υπόγεια περιοχή που το περιβάλλει και η οποία περιέχει νερό και ρύπους που τελικά θα καταλήξουν στο έργο και θα αντληθούν από αυτό. Λόγω της λειτουργίας ενός έργου άντλησης, το πιεζομετρικό φορτίο μεταβάλλεται δημιουργώντας ένα κώνο γύρω από αυτό, αλλοιώνοντας το πεδίο των ισοπιεζομετρικών καμπυλών με πολύ μεγαλύτερη ένταση στην περιοχή γύρω από το εν λόγω έργο. Οι κορυφές του κώνου αυτού καθορίζουν και τα όρια της ζώνης σύλληψης. Η ζώνη σύλληψης κατά το μεγαλύτερο μέρος της βρίσκεται στα ανάντη της ροής. Η ζώνη ανάκτησης συμπίπτει με τον κώνο πτώσης στάθμης στην περίπτωση επίπεδων, ισότροπων και ομοιογενών υδροφορέων, καθώς και με την περίμετρο προστασίας των γεωτρήσεων ύδρευσης. Σε κεκλιμένους υδροφόρους, η ζώνη ανάκτησης δεν συμπίπτει με τον κώνο πτώσης στάθμης. Πρόκειται για μια επιμηκυμένη περιοχή, η οποία εκτείνεται ελαφρώς προς τα κατάντη και σημαντικά προς τα ανάντη. Σημείο ηρεμίας ή στασιμότητας είναι η απόσταση από την αντλούμενη γεώτρηση μέχρι του ορίου του υπόγειου υδροκρίτη κατάντη. Μέγιστο πλάτος ζώνης ανάκτησης πάνω ή κάτω από τον άξονα x, λόγω συμμετρίας.

Ε.3 ΖΩΝΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Ως ζώνη προστασίας ενός έργου υδροληψίας υπόγειου νερού ορίζεται όλη η περιοχή που πρέπει να προστατευτεί ούτως ώστε να μη φτάνουν ρύποι σε συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν τα θεσμοθετημένα όρια στο υδροληπτικό έργο ή πηγή. Η ζώνη προστασίας, που έχει ως μέγιστη τιμή τη ζώνη σύλληψης, διακρίνεται από αυτή βάσει κριτηρίων που καθορίζουν ουσιαστικά τον βαθμό επικινδυνότητας και την κατάσταση, στην οποία βρίσκονται οι ρύποι κατά τη χρονική στιγμή που φτάνουν στο υδροληπτικό έργο ή πηγή. Τέτοια κριτήρια είναι η απόσταση, ο χρόνος που απαιτείται για να φτάσει το νερό στην υδροληψία, ο χρόνος ημιζωής τυχόν μικροβίων κλπ. Θεωρητικά, η ευρύτερη περιοχή ανάντη του υδροληπτικού έργου αποτελεί και τη ζώνη τροφοδοσίας του. Επισημαίνεται ότι η ζώνη προστασίας δεν είναι ένα στατικό χαρακτηριστικό του υδροφορέα, αλλά εξαρτάται από μεταβλητούς παράγοντες. Γενικά, η ζώνη προστασίας ενός υδροληπτικού έργου εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από α) την κατανομή του υδραυλικού φορτίου και κλίση του υδροφόρου ορίζοντα, β) τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα, γ) την παροχή άντλησης από το, υπό προστασία, έργο υδροληψίας και δ) το υδραυλικό πεδίο, όπως διαμορφώνεται από τις γειτονικές υδροληψίες, εφόσον αυτές υφίστανται.

Ε.3.1 Κριτήρια Οριοθέτησης Ζωνών Προστασίας

Υπάρχουν επιχειρησιακοί στόχοι που μπορούν να εφαρμοστούν για την οριοθέτηση των Ζωνών

Προστασίας μέσω ενός θεσμοθετημένου κανονιστικού πλαισίου, όπως ο καθορισμός ζώνης για την προστασία των γεωτρήσεων/πηγών από την απροσδόκητη και άμεση απελευθέρωση ρυπαντών, ο καθορισμός ζώνης εξασθένησης των ρυπαντών, ώστε οι συγκεντρώσεις των ρυπαντικών ουσιών να βρίσκονται στα επιθυμητά επίπεδα κατά την άντληση μιας γεώτρησης και η πρόβλεψη βιώσιμης ζώνης διαχείρισης του πεδίου γεώτρησης/εων και γενικότερα της περιοχής εμπλουτισμού της/τους. Ο σημαντικότερος στόχος του ελέγχου της ρύπανσης εξασφαλίζεται με την οριοθέτηση της ζώνης προστασίας της πηγής υδροληψίας. Οι γενικοί στόχοι της προστασίας καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό ποια κριτήρια είναι χρήσιμα σε κάθε περίπτωση. Τα βασικότερα από αυτά περιγράφονται συνοπτικά στη συνέχεια (επιλογή ποιο ή ποια από τα κριτήρια θα εφαρμοστεί θα πρέπει να βασίζεται από τον βαθμό, στον οποίο ο υδροφορέας ενσωματώνει τις φυσικές διεργασίες που επηρεάζουν τη ροή των υπόγειων υδάτων και τη μεταφορά ρύπων):

- Το *κριτήριο της απόστασης* είναι ο πιο άμεσος τρόπος οριοθέτησης της ζώνης προστασίας και βασίζεται στην απόσταση μεταξύ της υδροληψίας και του σημείου που εξετάζεται (π.χ. πηγή ρύπανσης). Το κριτήριο αυτό οδηγεί συνήθως στη διαμόρφωση μιας περιμετρικής ζώνης, στην οποία εφαρμόζονται περιοριστικές ή/και απαγορευτικές διατάξεις.
- *Το κριτήριο της πτώσης στάθμης* καθορίζει την έκταση, στην οποία η άντληση προκαλεί πτώση στη στάθμη, ενός φρεάτιου υδροφορέα ή στην πιεζομετρική επιφάνεια ενός υδροφορέα υπό πίεση. Καθορίζει τη ζώνη επιρροής και τον κώνο πτώσης στάθμης. Με την άντληση προκαλείται επιτάχυνση της κίνησης προς το υδροληπτικό έργο, με συνέπεια η ρύπανση να φτάνει γρηγορότερα στο σημείο άντλησης.
- Το *κριτήριο του χρόνου* εξαρτάται από τον μέγιστο χρόνο που απαιτείται για να φτάσει η ρύπανση στην υδροληψία. Το κριτήριο αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία αφού ορισμένες φορές ο χρόνος άφιξης των ρύπων μπορεί να υπολογιστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια απ' ό,τι οι αναμενόμενες συγκεντρώσεις.
- Το *κριτήριο της αφομοιωτικής ικανότητας* εφαρμόζεται για να περιγράψει τον τρόπο, με τον οποίο συμβάλλουν η ακόρεστη και η κορεσμένη ζώνη στην ελάττωση της ρύπανσης.

Ε.3.2 Κατηγοριοποίηση Ζωνών Προστασίας

Οι ζώνες προστασίας καθορίζονται με βάση τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα και των ανώτερων οριζόντων που τον καλύπτουν, καθώς και την ικανότητα αυτοκαθαρισμού του εδαφικού ορίζοντα και της ακόρεστης ζώνης και περιλαμβάνουν τις ακόλουθες κατηγορίες:

Ζώνη προστασίας Ι (άμεσης προστασίας ή απαγορευμένη ζώνη): η ζώνη αυτή προστατεύει το άμεσο περιβάλλον της υδροληψίας από ρύπανση και χαρακτηρίζεται ως ζώνη πλήρους

απαγόρευσης. Στη ζώνη αυτή (10-20μ.) απαγορεύεται αυστηρά η οποιαδήποτε δραστηριότητα εκτός των απαραίτητων εργασιών για τη λειτουργία και συντήρηση των υδροληπτικών έργων.

Ζώνη προστασίας ΙΙ (ελεγχόμενη ζώνη ή ζώνη μικροβιολογικής προστασίας): η ζώνη αυτή προστατεύει την υδροληψία από μικροβιολογική κυρίως μόλυνση (ζώνη των 50 ημερών) και από ρύπανση που προέρχεται από ανθρώπινες δραστηριότητες ή έργα που είναι επικίνδυνα λόγω γειτνίασης με την υδροληψία. Στη ζώνη αυτή δεν επιτρέπονται η εγκατάσταση και λειτουργία δραστηριοτήτων που συνδέονται με ρυπαντικά φορτία, που δύνανται να επηρεάσουν τα ΥΥΣ και δραστηριότητες, για τις οποίες ακόμη και μετά την επεξεργασία των αποβλήτων τους υπάρχει κίνδυνος για μικροβιακή μόλυνση ή/και για ρύπανση από άλλες κατηγορίες ρυπαντικών φορτίων.

Η ταχύτητα ροής του υπόγειου νερού αποτελεί τη σημαντικότερη παράμετρο για την οριοθέτηση της ζώνης αυτής, η οποία δύναται να υπολογιστεί από εμπειρικές σχέσεις. Έτσι, λοιπόν, η ταχύτητα ροής V_o υπολογίζεται με βάση την εξής σχέση (όλες οι εξισώσεις που ακολουθούν για τις Ζώνες ΙΙ και ΙΙΙ αναφέρονται ενδεικτικά και όχι περιοριστικά):

$$V_o = \frac{K \times J_o \times 86.400}{p} \text{ (m/d)}$$

όπου, K η υδραυλική αγωγιμότητα (m/s), J_o η υδραυλική κλίση του υδροφορέα και p ο συντελεστής ενεργού πορώδους του υδροφορέα *(p = 0,462 + 0,045×lnK)*.

Μια άλλη βασική παράμετρος για τον καθορισμό της Ζώνης ΙΙ αποτελεί η απόσταση B_α μεταξύ των ορίων της ζώνης τροφοδοσίας. Η παράμετρος αυτή χαρακτηρίζει το μέγεθος της απόστασης των ορίων ζώνης τροφοδοσίας της εκμεταλλευόμενης υδρογεώτρησης. Η τιμή της παραμέτρου B_α υπολογίζεται βάσει της σχέσης:

$$B_\alpha = \frac{Q}{H \times K \times J_o} = \frac{Q}{T \times J_o} \text{ (m)}$$

όπου, Q η παροχή του υδροληπτικού έργου (m^3/s), H το πάχος του υδροφορέα (m), K η υδραυλική αγωγιμότητα (m/s), J_o η υδραυλική κλίση και T ο συντελεστής υδαταγωγιμότητας (m^2/s).

Η ακτίνα επίδρασης R (προς τα ανάντη και κατάντη) οριοθετεί την απόσταση από το υδροληπτικό έργο μέχρι το σημείο εκείνο όπου δε γίνεται πλέον αισθητό το αποτέλεσμα της άντλησης. Η ακτίνα αυτή διαπιστώνεται με τη βοήθεια πιεζομέτρων και με την προϋπόθεση ότι η αντλητική δοκιμή διαρκεί αρκετό χρονικό διάστημα. Ωστόσο, η έλλειψη τέτοιου είδους στοιχείων οδηγεί στον υπολογισμό της ακτίνας επίδρασης βάσει εμπειρικών σχέσεων. Κατά συνέπεια, η ακτίνα επίδρασης $R_{\alpha\nu.}$ προς τα ανάντη δίνεται από τον τύπο:

$$R_{\alpha\nu.} = 575 \times s \times \sqrt{H \times K} \text{ (m)}$$

όπου, s η πτώση στάθμης (m), H το πάχος του υδροφορέα (m) και K η υδραυλική αγωγιμότητα (m/s).

Η ακτίνα επίδρασης $R_{κατ.}$ φανερώνει την απόσταση από το σημείο του υδροληπτικού έργου μέχρι του ορίου της ζώνης επίδρασης προς τα κατάντη και δίνεται από τη σχέση:

$$R_{κατ.} = \frac{Q}{2\pi \times H \times K \times J_o} = \frac{Q}{2\pi \times T \times J_o} = \frac{B_a}{2\pi} \text{ (m)}$$

όπου, Q η παροχή του υδροληπτικού έργου (m^3/s), H το πάχος του υδροφορέα (m), K η υδραυλική αγωγιμότητα (m/s), J_o η υδραυλική κλίση, T ο συντελεστής υδαταγωγιμότητας (m^2/s) και $B_α$ η απόσταση των ορίων της ζώνης τροφοδοσίας (m).

Η χάραξη της γραμμής των 50 ημερών συνδέεται άμεσα με την ταχύτητα του υπόγειου νερού και περικλείει την περιοχή εκείνη στην οποία ένα μόριο νερού χρειάζεται ένα χρονικό διάστημα της τάξης των 50 ημερών για να διανύσει την απόσταση από τα όριά της μέχρι την υδρογεώτρηση. Ο υπολογισμός της απόστασης μεταξύ του υδρομαστευτικού έργου και των διαφόρων σημείων της περιμέτρου της Ζώνης ΙΙ γίνεται με τη βοήθεια των ακόλουθων εμπειρικών σχέσεων:

Α) Στα ανάντη του υδρομαστευτικού έργου:

$$L_{50\text{-}αν.} = \frac{d + \sqrt{d \times (d + 8 \times R_{αν.})}}{2} \text{ (m) και } d = V_o \times t_{50} \text{ (m)}$$

όπου, $L_{50\text{-}αν.}$ η απόσταση του σημείου ανάντη του υδρομαστευτικού έργου (m), $R_{αν.}$ το μήκος ακτίνας επίδρασης στα ανάντη (m), d το διανυθέν διάστημα του νερού μέχρι το υδρομαστευτικό έργο (m), V_o η ταχύτητα υπόγειας ροής του υδροφορέα (m/d) και t_{50} ο χρόνος των 50 ημερών.

Β) Στα κατάντη του υδρομαστευτικού έργου:

$$L_{50\text{-}κατ.} = \frac{d + \sqrt{d \times (d + 8 \times R_{κατ.})}}{2} \text{ (m)}$$

όπου, $L_{50\text{-}κατ.}$ η απόσταση του σημείου κατάντη του υδρομαστευτικού έργου (m) και $R_{κατ}$ το μήκος ακτίνας επίδρασης στα κατάντη (m).

Γ) Πλευρικά εκατέρωθεν του σημείου υδροληψίας και κάθετα στην κατεύθυνση ροής του υπόγειου νερού:

$$L_{50\text{-}πλ.} = \sqrt{\frac{Q \times t_{50}}{\pi \times H \times p}} \text{ (m)}$$

όπου, $L_{50\text{-}πλ.}$ η απόσταση του σημείου πλευρικά του υδρομαστευτικού έργου (m), Q η παροχή σε 50 ημέρες (m^3), t_{50} ο χρόνος των 50 ημερών, H το πάχος του υδροφορέα (m) και p ο συντελεστής ενεργού πορώδους.

Για τον καθορισμό της ζώνης προστασίας ΙΙ απαιτείται ο προσδιορισμός των κάτωθι παραμέτρων: α) ακόρεστη ζώνη (το πάχος, ο συντελεστής υδροπερατότητας, το πορώδες) και β) κορεσμένη ζώνη (το βάθος της στάθμης του υπόγειου νερού, ο συντελεστής υδροπερατότητας, το ολικό και ενεργό πορώδες, το πάχος και η ταχύτητα ροής).

Στους καρστικούς υδροφορείς πρέπει να λαμβάνονται ιδιαίτερα υπόψη τμήματα της περιοχής

τροφοδοσίας που θεωρούνται ευάλωτα στη ρύπανση, όπως δολίνες, καταβόθρες, κλειστές καρστικές λεκάνες, ρήγματα και ζώνες διάρρηξης, επιφανειακά ορυχεία, στοές που αποθηκεύουν νερό, τμήματα καρστικών ρεμάτων στα οποία κατεισδύουν επιφανειακά νερά κ.ά.

Ζώνη προστασίας ΙΙΙ (επιτηρούμενη ζώνη ή ζώνη χημικής προστασίας): η ζώνη αυτή περιβάλλει την Ι και τη ΙΙ ζώνη και αναπτύσσεται σε όση απόσταση φθάνει η λεκάνη τροφοδοσίας της υπόγειας υδροφορίας, από την οποία τροφοδοτείται το υδροληπτικό έργο. Προστατεύει από ρύπους, που είναι αδύνατο να εξουδετερωθούν από την αυτοκαθαριστική ικανότητα του εδάφους, όπως χημικές ουσίες και ραδιενεργά απόβλητα.

Η περιοχή τροφοδοσίας μπορεί να εκτιμηθεί με βάση τους υδρολιθολογικούς και πιεζομετρικούς χάρτες, τις υδραυλικές παραμέτρους και τις γενικές υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής ή εμπειρικά από τη σχέση (οι παρακάτω εξισώσεις αναφέρονται ενδεικτικά και όχι περιοριστικά):

$$A_r = Q / (P \times I_c)$$

όπου, A_r είναι η περιοχή τροφοδοσίας (Km^2), Q ο ετήσιος όγκος νερού που εκφορτίζεται μέσω πηγής ή αντλείται (m^3/yr), P η ετήσια βροχόπτωση και I_c ο συντελεστής κατείσδυσης.

Η ακτίνα της κυκλικής περιοχής τροφοδοσίας δίνεται από τη σχέση:

$$r = \sqrt{A_r / \pi}$$

όπου, r είναι η ακτίνα της γεώτρησης και π=3,14.

Επίσης, η περιοχή τροφοδοσίας δύναται να εκτιμηθεί και με τη χρήση αναλυτικών ή αριθμητικών μοντέλων και υπολογίζοντας τη ζώνη υδρομάστευσης ή ανάκτησης.

Οι μέθοδοι και οι τεχνικές για τη χαρτογράφηση των ζωνών προστασίας στα καρστικά συστήματα πρέπει να είναι αξιόπιστες στηριζόμενες σε υδρογεωλογικές, γεωλογικές και γεωμορφολογικές αρχές. Ενδεικτική μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον καθορισμό των ζωνών προστασίας σε καρστικούς υδροφορείς είναι αυτή των ισόχρονων καμπυλών (isochrones), ειδικά σε ετερογενείς υδροφορείς. Οι ισόχρονες καμπύλες συνδέουν σημεία, από τα οποία το νερό (και συνεπώς και ο ρύπος) φθάνει στον ίδιο χρόνο στη γεώτρηση ή την πηγή. Οι καμπύλες αυτές προκύπτουν με ιχνηθετήσεις. Σε περίπτωση που οι ιχνηθετήσεις δεν αποδώσουν αξιόπιστα αποτελέσματα ή δεν μπορούν να εφαρμοστούν για αντικειμενικούς λόγους, όπως θα προκύπτει από επαρκώς αιτιολογημένη αναφορά του μελετητή εντός της μελέτης, οι ισόχρονες καμπύλες θα μπορούν να προκύψουν με την εφαρμογή μαθηματικών μοντέλων προσομοίωσης υπόγειας ροής.

Σχετικά με τους ανωτέρω περιορισμούς και απαγορεύσεις των ζωνών προστασίας Ι, ΙΙ και ΙΙΙ ισχύουν όσα αναφέρονται στο Αναλυτικό Κείμενο Τεκμηρίωσης των Προγραμμάτων Μέτρων των ΣΔΛΑΠ των Υδατικών Διαμερισμάτων της χώρας, όπως ισχύει, αναφορικά με την κατηγοριοποίηση των δραστηριοτήτων και την περιβαλλοντική τους αδειοδότηση. Ιδιαίτερα στην αγροτική και γεωργική

καλλιέργεια θα πρέπει να εφαρμόζονται αυτά που ισχύουν σύμφωνα με τον Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής, όπως ισχύει (π.χ. βέλτιστες πρακτικές παρόμοιες με τα μέτρα για τη νιτρορύπανση κ.ά.).

Επισημαίνεται ότι οι αναθέτουσες αρχές θα πρέπει να μεριμνούν ώστε να πληρούνται οι προϋποθέσεις ο μελετητής να μπορεί να συλλέξει τα απαραίτητα δεδομένα, όπως π.χ. οι γεωτρήσεις να φέρουν πιεζομετρικό σωλήνα για μετρήσεις στάθμης έστω και εσωτερικά της επένδυσης, οι πηγές να έχουν διαμορφωμένο υπερχειλιστή ή κατάλληλη διάταξη για μέτρηση παροχών κλπ. Σε περίπτωση που οι ανωτέρω συνθήκες λήψης δεδομένων δεν πληρούνται να διατηρείται η κατ' αρχήν οριζόμενη ελάχιστη απόσταση της ζώνης προστασίας ΙΙ από την πηγή υδροληψίας, όπως σαφώς ορίζεται, κατά περίπτωση, από τα αντίστοιχα μέτρα (Βασικά και Συμπληρωματικά) των ΣΔΛΑΠ, όπως ισχύουν, έως ότου προκύψουν επαρκή δεδομένα για τον επαναπροσδιορισμό της. Τέλος, στην περίπτωση που οι αναθέτουσες αρχές διαθέτουν στοιχεία δοκιμαστικών αντλήσεων, αυτά θα πρέπει να επαληθευθούν, καθώς η πολύχρονη λειτουργία των γεωτρήσεων είναι πιθανόν να έχει μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά του υδροφορέα.

Ε.3.3 Μέθοδοι Οριοθέτησης Ζωνών Προστασίας

Αφού καθοριστούν τα κριτήρια οριοθέτησης των ζωνών προστασίας, σύμφωνα με τα παραπάνω, θα πρέπει να εφαρμοστούν οι κατάλληλες μέθοδοι υπολογισμού για την προσομοίωση των υπό μελέτη ζωνών προστασίας και τη χαρτογράφησή τους. Οι μέθοδοι (διεθνώς αναγνωρισμένες προσεγγίσεις) που εφαρμόζονται μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω πέντε (5) βασικές κατηγορίες με σειρά αυξανόμενης πολυπλοκότητας και ακρίβειας:

- *Μέθοδοι καθορισμού περιμετρικής περιοχής*: οι μέθοδοι αυτής της κατηγορίας βασίζονται στον σχεδιασμό μιας περιμετρικής περιοχής γύρω από την πηγή υδροληψίας. Ο σχεδιασμός αυτός μπορεί να βασίζεται σε μια αυθαίρετα προκαθορισμένη σταθερή ακτίνα, στην πιο απλή μορφή ή μπορεί να υπολογίζεται με βάση απλές εξισώσεις που λαμβάνουν υπόψη τον όγκο νερού που αντλείται από ένα υδροληπτικό έργο (γεώτρηση ή πηγάδι) σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο και τον χρόνο διάνυσης. Αυτού του είδους η προσέγγιση εφαρμόζεται κυρίως σε μικρής παροχής υδροληψίες, στις οποίες ο ρυθμός άντλησης είναι σχετικά μικρός.
- *Απλοποιημένα μεταβλητά σχήματα*: πρόκειται για τυποποιημένα περιγράμματα των Ζωνών Προστασίας που παράγονται σε συνδυασμό των κριτηρίων ροής και χρόνου διαδρομής. Τα κατάλληλα σχήματα επιλέγονται εν συνεχεία για να ταιριάζουν ή να προσεγγίζουν υδρογεωλογικές συνθήκες που απαντούν σε συγκεκριμένες πηγές και γεωτρήσεις.
- *Αναλυτικές μέθοδοι*: οι μέθοδοι αυτές χρησιμοποιούν εξισώσεις ή απλές αναλυτικές λύσεις

για την προσομοίωση της ροής και της μεταφοράς ρύπων σε υπόγειους υδροφορείς για να οριοθετήσουν τη ζώνη προστασίας των υδροληψιών. Απαιτούν τον καθορισμό υδρογεωλογικών/υδραυλικών παραμέτρων, όπως υδραυλική περατότητα, υδαταγωγιμότητα, συντελεστή εναποθήκευσης, πορώδες, υδραυλική κλίση, το κορεσμένο πάχος του υδροφορέα, χαρακτηριστικά υπόγειας ροής και οριακές συνθήκες.

- *Υδρογεωλογική χαρτογράφηση*: για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου αξιολογούνται γεωλογικοί, γεωμορφολογικοί, υδρογεωλογικοί, πιεζομετρικοί και γεωφυσικοί χάρτες, δεδομένα δοκιμαστικών αντλήσεων και στρωματογραφικές στήλες γεωτρήσεων.
- *Αριθμητικές μέθοδοι (προσομοίωση υπόγειας ροής)*: οι μέθοδοι αυτές παρέχουν τη δυνατότητα επίλυσης σύνθετων εξισώσεων ροής και μεταφοράς ρύπων και για το λόγο αυτό, καλύτερα προσαρμοσμένων στις απαιτήσεις ενός φυσικού προβλήματος. Παρέχουν τη δυνατότητα πιο ακριβούς προσομοίωσης και μπορούν να εφαρμοστούν σχεδόν σε όλα τα υδρογεωλογικά προβλήματα. Επίσης, μπορούν να αντιμετωπίσουν σύνθετες οριακές συνθήκες καθώς και χωρικές και χρονικές μεταβολές των υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών του υδροφορέα βασιζόμενες στη διακριτοποίηση του πεδίου (π.χ. σε πεπερασμένα στοιχεία ή πεπερασμένες διαφορές) και στην επίλυση στο κάθε στοιχείο διαφορικών εξισώσεων. Οι μέθοδοι αυτές χρησιμοποιούνται, κατά κύριο λόγο, σε εκτεταμένα πεδία αντλήσεων υπόγειου νερού για ανθρώπινη κατανάλωση, συνήθως σε κοκκώδεις υδροφορίες, και στην περίπτωση που υπάρχουν χρονοσειρές δεδομένων ώστε να εξασφαλίζεται η αξιοπιστία της προσομοίωσης. Σε περίπτωση που ο κύριος των υδροληπτικών έργων εκτιμήσει ότι διατίθεται πληθώρα στοιχείων για την υπόγεια υδροφορία που υδρομαστεύεται θα μπορούσε να ζητήσει τη σύνταξη μαθηματικής προσομοίωσης της υπόγειας υδροφορίας περιλαμβάνοντας όλα τα στάδια, δηλαδή, αυτά της επιλογής της κατάλληλης, κατά περίπτωση, εξίσωση ροής, της σχεδίασης και ανάπτυξης του αριθμητικού μοντέλου, της ρύθμισης, της βαθμονόμησης, της ανάλυσης ευαισθησίας του μοντέλου και της επαλήθευσής του ώστε να ελεγχθεί η αξιοπιστία του.

Επισημαίνεται ότι ορισμένες αναλυτικές και εμπειρικές μέθοδοι δίνουν την ακτίνα επίδρασης της γεώτρησης ή πηγής και όχι τη ζώνη προστασίας, που είναι και το ζητούμενο. Σε όλες, λοιπόν, τις περιπτώσεις εκτίμησης των ζωνών προστασίας (ΙΙ και ΙΙΙ) συνιστάται να εφαρμόζονται τουλάχιστον δύο (2) μέθοδοι και ειδικότερα, στην περίπτωση που θα επιλέγεται εφαρμογή απλής εμπειρικής μεθόδου να εφαρμόζονται περισσότερες δίνοντας τις εναλλακτικές λύσεις – σχέσεις που αναλόγως των περιπτώσεων θα χρησιμοποιούνται. Διευκρινίζεται επίσης ότι δύναται να χρησιμοποιούνται και άλλες μέθοδοι εκτίμησης των ζωνών προστασίας εφόσον τεκμηριώνεται επιστημονικά η επάρκειά τους. Προκύπτει, συνεπώς, ότι η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου εξαρτάται από τις

υδρογεωλογικές παραμέτρους της εκάστοτε υπό μελέτη περιοχής, από το κόστος και την ευκολία εφαρμογής της κάθε μεθόδου, από τους περιορισμούς που τίθενται στη χρήση γης και από τις εκάστοτε απαιτήσεις προστασίας (π.χ. γεώτρηση σε δασική περιοχή, γεώτρηση σε αστική περιοχή, περιοχή σε ενδεχόμενες εστίες ρύπανσης ή/και μόλυνσης κ.ά.).

Συμπερασματικά, για τον πλήρη καθορισμό των ζωνών προστασίας των υδροληπτικών έργων μιας περιοχής θα πρέπει να συνυπολογίζονται όλα τα διαθέσιμα στοιχεία και τα προκύπτοντα αποτελέσματα θα πρέπει να εξετάζονται με κάθε επιφύλαξη, ενώ η οποιαδήποτε διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων στο μέλλον, εφόσον προκύψουν νέα δεδομένα, θεωρείται επιβεβλημένη. Επιπλέον, για τη χάραξη των ζωνών προστασίας των υδροληπτικών έργων για όλους τους τύπους των υδροφορέων που απαντούν σε μια περιοχή θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη συνδυαστικά συνεκτιμώντας τόσο τις μαθηματικές – εμπειρικές εξισώσεις όσο και τα υδρογεωλογικά, υδρολογικά και υδραυλικά δεδομένα.

Ε.3.4 Καρστικοί και Ρωγματικοί Υδροφορείς

Παρότι υπάρχει ευρύ φάσμα στις ταχύτητες ροής μεταξύ των κόκκων ενός πορώδους υδροφορέα, καθίσταται προφανές ότι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι συνθήκες ροής και σε άλλους τύπους υδροφορέων που μπορεί να διαφέρουν σημαντικά. Οι καρστικοί και οι ρωγματικοί υδροφορείς μπορεί να έχουν πολύ υψηλή ροή (και μεταφορά ρύπων) υπό συνθήκες ταχείας επαναφόρτισης. Επιπλέον, η τρωτότητα των καρστικών υδροφόρων στρωμάτων σε ρύπανση είναι σημαντικά υψηλή, ιδίως όταν το υπερκείμενο έδαφος (κάλυμμα) είναι λεπτό. Για το λόγο αυτό, τέτοιους είδους ευαίσθητοι υδροφορείς θα πρέπει να αξιολογούνται και να προσεγγίζονται διαφορετικά σε σχέση με τους πορώδεις. Λόγω της καρστικοποίησης των ανθρακικών πετρωμάτων, οι ταχύτητες ροής έχουν χαρακτηριστικά ροής αγωγών με εύρος διαφόρων τάξεων μεγέθους μεταξύ των συνθηκών υψηλής και κανονικής ροής.

Οι ρωγματικοί υδροφορείς, αντίθετα, δεν παρουσιάζουν τις υψηλές ταχύτητες ροής του καρστ, επειδή τα ανοίγματα δεν έχουν διευρυνθεί στον ίδιο βαθμό. Οι ρωγματικοί υδροφορείς γενικά έχουν σχετικά μικρή υδροχωρητικότητα σε σύγκριση με εκείνη των πορωδών υδροφορέων. Εάν και απαντούν ρωγματικά υδατικά συστήματα με σημαντικές παροχές νερού, αυτά είναι συνήθως αποτέλεσμα επικοινωνίας με άλλα υδροφόρα συστήματα ή/και επιφανειακά ύδατα. Αυτά χαρακτηρίζονται επίσης από ταχείες και μεγάλες αυξήσεις παροχής νερού κατά τη διάρκεια συμβάντων επαναφόρτισης/μέγιστης ροής.

Οι ροές των καρστικών αγωγών και αντίστοιχα του καρστικού υδροφορέα που χαρακτηρίζονται από γεγονότα υψηλής ροής, οριοθετούνται αρχικά με τη χαρτογράφηση των φυσικών ορίων των υδρογεωλογικών λεκανών. Στη συνέχεια, δύναται να γίνει ακριβέστερη οριοθέτηση της ροής για τον

προσδιορισμό αυτών σε τμήματα της υδρογεωλογικής λεκάνης που συμβάλλουν πραγματικά σε μια γεώτρηση ή πηγή. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να βασίζεται στη χρήση ιχνηθετών, ισοτοπικών αναλύσεων ή/και άλλων, κατά περίπτωση, τεχνικών ανίχνευσης.

Τέλος, η προσέγγιση της οριοθέτησης των Ζωνών Προστασίας σε υδροφορείς με λιγότερο αναπτυγμένο καρστ ή και σε λιγότερο κατακερματισμένους υδροφορείς, οι οποίοι δεν τροφοδοτούνται από επιφανειακά ύδατα, δύναται να είναι παρόμοια με αυτή των κοκκωδών υδροφορέων.

ΣΤ. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ – ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗΣ ΖΩΝΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

ΣΤ.1 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ – ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Η μελέτη των Ζωνών Προστασίας των Υδροληπτικών Έργων και Πηγών περιλαμβάνει τις ακόλουθες βασικές εργασίες:

1. Γεωλογική Χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:5.000 έως 1:20.000 (ανάλογα με τη συνολική έκταση της υπό μελέτη περιοχής) και σε ακτίνα τουλάχιστον 1km από το/τα σημείο/α υδροληψίας που εξετάζεται/ονται.

2. Σύνταξη Υδρολιθολογικού χάρτη, αντίστοιχης κλίμακας με αυτή του βασικού γεωλογικού χάρτη, με υδρογεωλογικά στοιχεία, με αναφορά στο είδος του υπό μελέτη ΥΥΣ, της έκτασης και της χρήσης του.

3. Απογραφή (πλέον των δεδομένων ΕΜΣΥ ή ΣΑΜΥ που θα παραδοθούν στο μελετητή με ευθύνη της αναθέτουσας αρχής) γεωτρήσεων έως και 1km ανάντη ως προς τις θεσμοθετημένες ζώνες προστασίας σύμφωνα με τα ΣΔΛΑΠ, αναλόγως των γεωλογικών πετρωμάτων που απαντούν στην υπό μελέτη περιοχή. Στην περίπτωση που τα στοιχεία αυτά είναι ελλιπή (π.χ. μόνο συντεταγμένες) και συμπληρώνονται από τον μελετητή θα θεωρούνται νέα απογραφή.

4. Δειγματοληψία υπόγειου νερού στα ανάντη του προς προστασία υδροληπτικού έργου, σύμφωνα με τα αναλυτικά πρωτόκολλα δειγματοληψιών και αναλύσεων, όπως είναι αναρτημένα στον ιστότοπο της Γενικής Γραμματείας Φυσικού Περιβάλλοντος και Υδάτων, και εκτέλεση χημικής και μικροβιολογικής ανάλυσης, τουλάχιστον 1 – 2 περιόδων (κατά κύριο λόγο στην υψηλή και χαμηλή περίοδο), καθώς επίσης και των απαιτούμενων, κατά περίπτωση, ιχνοστοιχείων. Σε περίπτωση που υφίστανται πρόσφατες χημικές αναλύσεις, τότε δεν απαιτείται η εκτέλεσή της.

5. Εκτέλεση δοκιμαστικής άντλησης στο υδροληπτικό έργο που εξετάζεται. Εάν εξετάζονται περισσότερα υδροσημεία, που αφορούν στον ίδιο υδροφορέα επιλέγεται ένα από αυτά για δοκιμαστική άντληση. Εάν αφορούν άλλο υδροφορέα εκτελείται επιπλέον δοκιμαστική άντληση. Όπου υπάρχει δυνατότητα πραγματοποιείται άντληση τουλάχιστον 24 ωρών συνεχούς/σταθερής παροχής και κατ’ ελάχιστο τρεις (3) δίωρες βαθμίδες αυξανόμενης παροχής με επαναφορά. Σε περίπτωση που έχει ήδη εκτελεσθεί δοκιμαστική άντληση πρόσφατα, τότε δεν απαιτείται η εκτέλεσή της.

6. Σύνταξη Χάρτη Οριοθέτησης ζωνών Προστασίας, στην ίδια κλίμακα και έκταση.

ΣΤ.2 ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Κατά περίπτωση και ανάλογα με τις ειδικές απαιτήσεις συγκεκριμένων περιοχών περιλαμβάνονται και οι ακόλουθες επικουρικές εργασίες:

1. Σύνταξη πιεζομετρικού χάρτη αντίστοιχης κλίμακας με αυτή του βασικού γεωλογικού χάρτη, με αποτύπωση των στοιχείων του δικτύου μετρήσεων στάθμης των υπόγειων νερών και παρουσίαση ισοπιεζομετρικών καμπυλών με ενδείξεις διευθύνσεων και κλίσεων υπόγειας ροής, όπου αυτό είναι εφικτό ανάλογα με την πυκνότητα των σημείων παρατήρησης και δειγματοληψίας.
2. Σύνταξη Χάρτη Καταγραφής Σημείων Εμφάνισης Νερού και Καταγραφής Σημειακών και Διάχυτων Πιέσεων και Ρυπογόνων Δραστηριοτήτων, στην ίδια κλίμακα και έκταση.
3. Σύνταξη υδροχημικού χάρτη, αντίστοιχης κλίμακας με αυτή του βασικού γεωλογικού χάρτη, με αποτύπωση της χωρικής κατανομής των κυριότερων παραμέτρων στην ίδια κλίμακα και έκταση.

Ζ. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ

Βασικό τμήμα της μελέτης αποτελούν τόσο οι εργασίες υπαίθρου, η συλλογή, η αποτύπωση και η ανάλυση των πρωτογενών δεδομένων όσο και η δημιουργία των δευτερογενών δεδομένων και ο έλεγχος των αποτελεσμάτων μέσω ενδεδειγμένων προσεγγίσεων συσχέτισης. Επιπλέον, παρατίθενται στατιστικά διαγράμματα και πίνακες, όπως προκύπτουν μέσω της ανάλυσης πρωτογενών και δευτερογενών δεδομένων στο πλαίσιο εφαρμογής των προαναφερόμενων μεθόδων έρευνας και μελέτης. Επίσης, παρουσιάζονται χάρτες και αναλυτικά στατιστικά στοιχεία φυσικοχημικών και υδροχημικών αναλύσεων δειγμάτων από σημαντικό αριθμό υδροληπτικών έργων της ευρύτερης περιοχής μελέτης (εφόσον υφίστανται), καθώς επίσης και τα συμπεράσματα που προκύπτουν σε ό,τι αφορά χωρική και ποσοτική κατανομή των παραμέτρων που εξετάζονται. Η μελέτη των Ζωνών Προστασίας Υδροληπτικών Έργων Ύδρευσης και Πηγών, ενδεικτικά και όχι περιοριστικά, δύναται να περιλαμβάνει, κατά περίπτωση, τα ακόλουθα:

Ζ.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Περιλαμβάνει το ιστορικό της ανάθεσης με σύντομη περιγραφή του έργου, το αντικείμενο της μελέτης, τον στόχο της μελέτης, τη μεθοδολογία εκπόνησής της με τις εργασίες προς εκτέλεση (όπως δημιουργία κατάλληλου καννάβου υδρογεωτρήσεων και πηγαδιών, οργάνωση δικτύου για δειγματοληψίες στον ρηχό και βαθύτερο υδροφορέα, πραγματοποίηση τουλάχιστον 1-2 χρονοσειρών υδρομετρήσεων στάθμης και φυσικοχημικών μετρήσεων, πραγματοποίηση χημικών αναλύσεων, χάραξη πιεζομετρίας, εκτίμηση υδατικού ισοζυγίου κλπ.), την υφιστάμενη υδρευτική/αρδευτική κατάσταση, τα δημογραφικά/πληθυσμιακά στοιχεία, τη γεωγραφική θέση/διοικητική υπαγωγή της υπό μελέτη περιοχής και τις διάφορες πιέσεις (σημειακές και διάχυτες πηγές ρύπανσης ΥΥΣ). Επιπλέον, τη συλλογή, μελέτη και αξιολόγηση υφιστάμενων στοιχείων, μετρήσεων, τεχνικών εκθέσεων και μελετών που αναφέρονται στην περιοχή ενδιαφέροντος και αφορούν στο αντικείμενο κατάρτισης του σχεδίου οριοθέτησης Ζωνών Προστασίας και ανάλογα με τη συμβολή τους στους άμεσους στόχους της μελέτης.

Ζ.2 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΜΕ ΣΔΛΑΠ ΚΑΙ ΣΔΚΠ

Περιγράφονται τα Επιφανειακά και Υπόγεια Υδατικά Συστήματα (ΕΥΣ και ΥΥΣ) της λεκάνης απορροής, με βάση τα Σχέδια Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών (ΣΔΛΑΠ) των Υδατικών Διαμερισμάτων της Χώρας και των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας (ΣΔΚΠ), όπως ισχύουν αναλύοντας την υφιστάμενη ποιοτική (χημική) και ποσοτική κατάσταση, τις διάφορες πιέσεις (πλήθος, είδος, απολήψεις ύδατος κ.ά.), τις προστατευόμενες και ευπρόσβλητες περιοχές (μητρώο προστατευόμενων περιοχών, νιτρορύπανση, σημειακές και διάχυτες πηγές ρύπανσης κ.ά.), εάν υφίστανται, οι περιορισμοί ή/και απαγορεύσεις ανά ΕΥΣ και ΥΥΣ με βάση το Αναλυτικό Κείμενο

Τεκμηρίωσης των Προγραμμάτων Μέτρων των ΣΔΛΑΠ και ΣΔΚΠ, όπως ισχύουν κ.ά.

Ζ.3 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Περιγράφονται τα χαρακτηριστικά των γεωμορφολογικών ενοτήτων που συναποτελούν την ευρύτερη περιοχή μελέτης, όπως η μορφή ανάγλυφου (ψηφιακό μοντέλο εδάφους – DEM), οι εδαφικές κλίσεις, οι τοπογραφικές ζώνες, η υψογραφική καμπύλη και άλλες χαρακτηριστικές γεωμορφές. Καθορίζονται και οριοθετούνται οι γεωμορφολογικές ενότητες κατά μήκος της περιοχής μελέτης με βάση τα χαρακτηριστικά του εδαφικού αναγλύφου και τις γεωμορφολογικές διεργασίες.

Ζ.4 ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα υδρομετεωρολογικά στοιχεία μιας περιοχής αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες διαμόρφωσης του υδρολογικού κύκλου και επομένως, απαιτείται η μελέτη και ανάλυση της χωροχρονικής κατανομής κάθε μετεωρολογικού παράγοντα ξεχωριστά, αλλά και η διερεύνηση των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων. Εκτιμώνται, λοιπόν, οι παράμετροι του υδρολογικού ισοζυγίου, όπως είναι τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, η δυνητική/πραγματική εξατμισοδιαπνοή, η επιφανειακή απορροή, η κατείσδυση, οι πλευρικές εισροές/εκροές από και προς την υδρογεωλογική λεκάνη και η δίαιτα των επιφανειακών και υπόγειων νερών λαμβάνοντας υπόψη τα μετεωρολογικά δεδομένα των πλησιέστερων στην υπό μελέτη περιοχή σταθμών.

Ζ.5 ΓΕΩΛΟΓΙΑ – ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ / ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ – ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Περιγράφονται οι γεωλογικοί σχηματισμοί, οι οποίοι αναπτύσσονται μέσα στην ευρύτερη περιοχή (με έκταση ανάλογη της υδρολογικής λεκάνης που μελετάται) και επηρεάζουν τις υδρογεωλογικές συνθήκες της εξεταζόμενης υπόγειας υδροφορίας, καθώς και οι τεκτονικές μακροδομές (ρήγματα, πτυχώσεις, επωθήσεις κλπ.), που απαντούν. Περιγράφονται, επιπλέον, οι γεωλογικές διεργασίες αποσάθρωσης, διάβρωσης και κερματισμού. Γίνεται καταγραφή της οριζόντιας και κατακόρυφης εξάπλωσης των γεωλογικών στρώσεων μέσω των διαθέσιμων γεωλογικών τομών. Αναφέρονται τα στρωματογραφικά, λιθολογικά και τεκτονικά τους χαρακτηριστικά.

Ζ.6 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Εξετάζονται τα υδρογεωλογικά και υδραυλικά χαρακτηριστικά των γεωλογικών σχηματισμών που απαντούν στην ευρύτερη περιοχή μελέτης και οριοθετούνται τα υπόγεια υδατικά συστήματα και οι διάφοροι τύποι υδροφόρων, που αναπτύσσονται σε αυτά. Για την υπόγεια κίνηση του νερού στους γεωλογικούς σχηματισμούς πέραν της στρωματογραφίας ελέγχονται και πρόσθετα γεωλογικά χαρακτηριστικά, όπως ρήγματα, πτυχώσεις και κάθε μορφής ασυνέχειες που θα μπορούσαν να

επηρεάσουν την κίνηση του υπόγειου νερού προς τα υδροληπτικά έργα ή πηγές. Στο πλαίσιο της μελέτης εξετάζονται, κατ' ελάχιστο, τα ακόλουθα:

- Διαχωρισμός και προσδιορισμός της χωρικής εξάπλωσης των υδρολιθολογικών ενοτήτων και αποτύπωση των ορίων της υδρολογικής και της υδρογεωλογικής λεκάνης τους.
- Εκτίμηση της υδροπερατότητας και υδροχωρητικότητας των γεωλογικών σχηματισμών της λεκάνης απορροής και άλλων υδραυλικών παραμέτρων, όπως κατείσδυσης και επιφανειακής απορροής, με βάση τα διαθέσιμα γεωλογικά, υδρογεωλογικά και υδρομετεωρολογικά στοιχεία. Εκτενής αναφορά των διαμορφωμένων υδροφόρων οριζόντων ανά υδρολιθολογική ενότητα με αναφορά στο πάχος και το βάθος ανάπτυξής τους.
- Εκτίμηση της αλληλεξάρτησης των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων μέσω αμφίδρομων υπόγειων πλευρικών μεταγγίσεων.
- Καταγραφή της παρουσίας πηγών και της παροχής τους, εάν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία και καταγραφή της διακύμανσης της στάθμης του υπόγειου νερού/υδραυλικού φορτίου για την αποτύπωση της χωρικής και χρονικής κατανομής της πιεζομετρίας. Καταγραφή υφιστάμενων στοιχείων πιεζομετρίας με βάση υφιστάμενες μελέτες.
- Στοιχεία καταγραφής και μετρήσεων στάθμης στα Σημεία Εμφάνισης Ύδατος διαχρονικά, όπου είναι εφικτό.
- Εκτίμηση του ρυθμού μεταβολής της υπόγειας στάθμης και των συνθηκών εκμετάλλευσης της υπόγειας υδροφορίας.
- Καταγραφή των ιδιοτήτων της ακόρεστης ζώνης με σαφή αναφορά στο πάχος, στο βάθος ανάπτυξης και στα εδαφολογικά της χαρακτηριστικά (κοκκομετρική διαβάθμιση κ.ά.).
- Εκτίμηση των φυσικών μηχανισμών των γεωλογικών στρωμάτων ως προς τη δυνατότητά τους να προστατέψουν την υπόγεια υδροφορία από εν δυνάμει ρυπογόνες δραστηριότητες.

Ζ.7 ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΙΚΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ

Δίνονται στοιχεία για τα ρυθμιστικά αποθέματα με βάση τα υφιστάμενα στοιχεία, τα υδρολογικά και υδρογεωλογικά δεδομένα και τα στοιχεία ανάλυσης της πιεζομετρίας, εφόσον είναι διαθέσιμα. Δίνονται επίσης στοιχεία των απολήψεων από την υπόγεια υδροφορία, όπως και στοιχεία φυσικής εκφόρτισης του υπόγειου υδατικού συστήματος.

Ζ.8 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΔΡΟΛΗΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Αναφέρονται λεπτομερώς τα τεχνικά στοιχεία των υδροληπτικών έργων προς προστασία, σύμφωνα

με τα στοιχεία που θα παρασχεθούν από την αναθέτουσα αρχή ή συλλεχθούν από άλλες αρμόδιες αρχές, όπως το βάθος διάτρησης, η διάμετρος διάτρησης και σωλήνωσης, οι φιλτροσωλήνες, το χαλικόφιλτρο, ο πιεζομετρικός σωλήνας, εάν υφίσταται, το βάθος και το είδος του αντλητικού συγκροτήματος, η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα (ηρεμίας και υπό άντληση/δυναμική), η παροχή άντλησης, οι ώρες άντλησης καθώς και η γεωλογική τομή, εάν υπάρχει, για την αποσαφήνιση του πάχους και του βάθους των διατρηθέντων πετρωμάτων. Επιπλέον, γίνεται συλλογή και επεξεργασία των υδροληπτικών έργων της ευρύτερης περιοχής με τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά (βάθος διάτρησης, παροχή άντλησης κ.ά.) με βάση τα στοιχεία αδειοδοτήσεων και τα πιστοποιητικά ΕΜΣΥ από τις Διευθύνσεις Υδάτων των Αποκεντρωμένων Διοικήσεων, τις καταγραφές του έργου ΣΑΜΥ Ι & ΙΙ της ΕΑΓΜΕ, καθώς και in situ επικαιροποίηση εντός της ζώνης ΙΙ.

Ζ.9 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΩΝ ΑΝΤΛΗΣΕΩΝ

Παρουσιάζονται συνοπτικά, εφόσον έχουν πραγματοποιηθεί δοκιμαστικές αντλήσεις ή υπάρχουν διαθέσιμα βιβλιογραφικά δεδομένα, τα αποτελέσματα υφιστάμενων μελετών που αναφέρονται κυρίως στον προσδιορισμό της υδαταγωγιμότητας *(Τ)* και της υδραυλικής αγωγιμότητας *(Κ)* της γεώτρησης. Δίνονται τα αποτελέσματα της δοκιμαστικής άντλησης, εάν έχει εκτελεσθεί στο πλαίσιο της μελέτης. Εκτιμάται, επίσης, η υδροδυναμικότητα και η παροχετευτικότητα της υπόγειας υδροφορίας.

Ζ.10 ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ

Γίνεται εκτίμηση της χημικής κατάστασης της υπόγειας υδροφορίας και προσδιορίζονται πιθανές υψηλές τιμές φυσικού υποβάθρου. Χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο τα στοιχεία του δικτύου παρακολούθησης μαζί με πρόσθετα στοιχεία που συγκεντρώνονται στο πλαίσιο εκπόνησης της μελέτης. Επίσης, δίνονται τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης νερού των εξεταζόμενων υδροσημείων παρατήρησης. Αναγνωρίζονται οι υδροχημικοί τύποι του υπόγειου νερού, το οποίο εν συνεχεία ταξινομείται ανάλογα με τις φυσικοχημικές σταθερές, τις συγκεντρώσεις σε ανιόντα και κατιόντα, τις ιοντικές σχέσεις, τους δείκτες κορεσμού σε βασικά ανθρακικά και πυριτικά ορυκτά.

Επιπλέον, δύναται να πραγματοποιηθούν ισοτοπικές αναλύσεις σταθερών ισοτόπων (οξυγόνο – ^{18}O, δευτέριο – ^{2}H) καθώς ενδείκνυνται για τον προσδιορισμό α) της προέλευσης του υπόγειου νερού, β) της αλληλεπίδρασης μεταξύ επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, γ) του υψομέτρου τροφοδοσίας του υδροφορέα, δ) του βαθμού υφαλμύρισης του υπόγειου νερού και ε) του βαθμού εξάτμισης, εισροής και εκροής του νερού των επιφανειακών νερών. Δίνονται υδροχημικά διαγράμματα (π.χ. Piper, Exp. Durov, Richards, Wilcox, Gibbs, Doneen, Schoeller, Chebotarev, Sulin, Boxplot, λογαριθμικό, ακτινωτά – αραχνοειδή, πίτες κ.ά.) με βάση την υδροχημική σύσταση του υπόγειου νερού για την ορυκτολογική – πετρογραφική προέλευσή του, τον χρόνο παραμονής εντός των

διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών κ.ά. Επιπλέον, εφόσον τα δεδομένα επαρκούν, δύναται να γίνει στατιστική επεξεργασία των υδροχημικών και φυσικοχημικών (θερμοκρασία νερού, ηλεκτρική αγωγιμότητα, pH, διαλυμένο οξυγόνο) παραμέτρων.

Ζ.11 ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΠΙΕΣΕΙΣ / ΔΥΝΗΤΙΚΑ ΡΥΠΟΓΟΝΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Καταγράφονται οι ποσοτικές πιέσεις των υπόγειων υδροφορέων (απολήψεις), γίνεται καταγραφή των σημείων υδροληψίας στην ευρύτερη περιοχή μελέτης και εκτιμώνται οι απαιτήσεις ύδατος στα όρια των ΥΥΣ που σχετίζονται με τα εξεταζόμενα υδροληπτικά έργα και πηγές, ανά χρήση (ύδρευση, άρδευση, κτηνοτροφία, βιομηχανία κ.ά.), προκειμένου να εκτιμηθούν οι πραγματικές ανάγκες σε νερό με βάση τα δημογραφικά στοιχεία, τις χρήσεις γης και τα ΣΔΛΑΠ των Υδατικών Διαμερισμάτων της χώρας, για μια πρώτη εκτίμηση της επάρκειας των υδατικών πόρων της περιοχής. Επίσης, καταγράφονται, επικαιροποιούνται και αποτυπώνονται σε ανάλογης κλίμακας χάρτη οι σημειακές και οι διάχυτες δυνητικές πηγές ρύπανσης εντός των προτεινόμενων ζωνών προστασίας ΙΙ και ΙΙΙ που δύνανται να προκαλέσουν ποιοτική υποβάθμιση του υπόγειου δυναμικού και σημαντική περιβαλλοντική επιβάρυνση στην περιοχή μελέτης (ρύπανση από αστικά λύματα, αγροτική δραστηριότητα, κτηνοτροφία, βιομηχανικές μονάδες κ.ά.), ώστε να καθοριστούν οι επιτρεπόμενες χρήσεις, οι περιορισμοί και απαγορεύσεις τόσο για τις υφιστάμενες (αυστηρότεροι περιβαλλοντικοί όροι κατά την ανανέωση αδειών χρήσης) όσο και για τις νέες δραστηριότητες που δύνανται να αναπτυχθούν, ώστε να μειωθεί σημαντικά ο κίνδυνος ενδεχόμενης ρύπανσης της περιοχής τροφοδοσίας των γεωτρήσεων. Επιπλέον, κατά περίπτωση, εξετάζονται τόσο τα αποτελέσματα των υπεραντλήσεων στις παράκτιες ζώνες που έχουν ως αποτέλεσμα την υφαλμύριση, όσο και το φαινόμενο της νιτρορύπανσης εξαιτίας εκτεταμένης και αλόγιστης ενίοτε χρήσης λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων.

Ζ.12 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΙΔΙΚΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ, ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΛΥΨΗΣ ΓΗΣ

Αποτυπώνονται τα στοιχεία χρήσεων / κάλυψης γης από διάφορες βάσεις δεδομένων (π.χ. CORINE, ΟΠΕΚΕΠΕ κλπ.) με την περιγραφή τους στην ευρύτερη περιοχή και περιγράφονται τα φυσικά χαρακτηριστικά της λεκάνης, που επηρεάζουν την επιφανειακή απορροή, όπως τα χαρακτηριστικά βλάστησης, η εδαφική κάλυψη, η διηθητικότητα και η αποθηκευτικότητα της επιφάνειας του εδάφους. Αποτυπώνονται οι θεσμοθετημένες προστατευόμενες περιοχές, όπως NATURA, Ζώνες Ειδικής Προστασίας, Τόποι Κοινοτικής Σημασίας, Ειδικές Ζώνες Διατήρησης, Αρχαιολογικοί Χώροι κ.ά.

Ζ.13 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗΣ ΖΩΝΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Καθορίζονται τα κριτήρια οριοθέτησης των Ζωνών Προστασίας, όπως περιγράφονται στο κεφάλαιο

Ε.3.1, αναλύονται τα τέσσερα (4) κριτήρια και εν συνεχεία γίνεται συγκριτική αξιολόγησή τους για το επίπεδο προστασίας που παρέχουν για τις κατηγορίες των υδρογεωλογικών σχηματισμών (πορώδεις, καρστικοί, ρωγματικοί). Καθορίζονται τα κατάλληλα κριτήρια για τα κατώτατα αποδεκτά όρια οριοθέτησης των Ζωνών Προστασίας, όπως αυτά προβλέπονται από τα ΣΔΛΑΠ ή/και άλλα θεσμοθετημένα όρια (κανονιστικές πράξεις).

Ζ.14 ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΖΩΝΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Γίνεται οριοθέτηση – απεικόνιση Ζωνών Προστασίας Υδροληπτικών Έργων και Πηγών. Ειδικότερα προβλέπεται (ενδεικτικά και όχι περιοριστικά):

- Για τις καρστικές πηγές και τους καρστικούς υδροφορείς (γεωτρήσεις – πεδία γεωτρήσεων) που το νερό τους χρησιμοποιείται για ύδρευση με ποσότητα μεγαλύτερη των 500.000 κ.μ. ανά έτος εφαρμόζονται οι μέθοδοι της μαθηματικής προσομοίωσης ροής / μεταφοράς.
- Για τις καρστικές πηγές και τους καρστικούς υδροφορείς (γεωτρήσεις – πεδία γεωτρήσεων) που το νερό τους χρησιμοποιείται για ύδρευση με ποσότητα μικρότερη των 500.000 κ.μ. ανά έτος εφαρμόζονται συνδυαστικά οι αναλυτικές μέθοδοι και η υδρογεωλογική χαρτογράφηση.
- Για τους πορώδεις υδροφορείς εφαρμόζονται είτε η μέθοδος υπολογισμένης ακτίνας είτε τα απλοποιημένα μεταβλητά σχήματα.
- Για τους ρωγματικούς υδροφορείς εφαρμόζονται είτε η μέθοδος υπολογισμένης ακτίνας είτε τα απλοποιημένα μεταβλητά σχήματα.

Εν συνεχεία, υποβάλλεται πρόγραμμα ποιοτικής και ποσοτικής παρακολούθησης της υπόγειας υδροφορίας για τον μελλοντικό έλεγχο αυτής, ερμηνεύονται και αξιολογούνται τα ευρήματα των επιμέρους εργασιών και προσδιορίζονται οι τελικές προτάσεις, αναρτάται το προσχέδιο οριοθέτησης των Ζωνών Προστασίας προς διαβούλευση με ευθύνη των Διευθύνσεων Υδάτων των Αποκεντρωμένων Διοικήσεων, καταγράφονται οι απόψεις των φορέων και πολιτών για το προσχέδιο, αξιολογούνται οι προτάσεις και τα σχόλια της διαβούλευσης και τέλος, ολοκληρώνεται η κατάρτιση του σχεδίου οριοθέτησης των Ζωνών Προστασίας με λεπτομερή αποτύπωση των Ζωνών Προστασίας I, II και III με συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ87.

Η. ΧΑΡΤΕΣ / ΤΟΜΕΣ

Όλα τα στοιχεία της αξιολόγησης των διαθέσιμων σχετικών μελετών, ερευνών και βιβλιογραφίας καθώς και των παρατηρήσεων της έρευνας πεδίου/υπαίθρου, τα οποία είναι δυνατόν να αποτυπωθούν, θα απεικονίζονται σε αντίστοιχους χάρτες, των οποίων η κλίμακα χαρτογράφησης θα είναι η ίδια με την κλίμακα των αντίστοιχων χαρτών του μελετητή του έργου σε κάθε στάδιο μελέτης σε συνδυασμό και με τον πληθυσμό που καλύπτει η εξεταζόμενη ή οι εξεταζόμενες υδροληψίες (ενδεικτικά αναφέρεται από 1:5.000 έως 1:25.000). Οι υδρολιθολογικές τομές δύνανται να απεικονίζονται εντός των χαρτών.

Η.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ

Στον γεωλογικό χάρτη:

- διαχωρίζονται οι γεωλογικοί σχηματισμοί με διάκριση των γεωλογικών ορίων τους (ορατό, μεταβατικό ή ασαφές, καλυμμένο), περιλαμβάνοντας τα όρια των προαλπικών, αλπικών, Νεογενών και Τεταρτογενών σχηματισμών,
- αποτυπώνονται όλα τα τεκτονικά στοιχεία αλπικής και μεταλπικής παραμόρφωσης και αναγράφεται ο βαθμός αποσάθρωσης, ενώ προσδιορίζεται το είδος και το εύρος τυχόν κατακόρυφων κινήσεων και

Η χαρτογράφηση πραγματοποιείται επί τοπογραφικού υποβάθρου αντίστοιχης κλίμακας, με την αποτύπωση των στοιχείων των ερευνητικών εργασιών υπαίθρου στην ακρίβεια που η κάθε κλίμακα επιτρέπει. Στο υπόμνημα του γεωλογικού χάρτη γίνεται αναλυτική περιγραφή για κάθε γεωλογικό σχηματισμό.

Η.2 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ / ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΜΕ ΣΗΜΕΙΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΥΔΑΤΟΣ

Η υδρολιθολογική κατάταξη των γεωλογικών σχηματισμών σκοπεύει στη διάκριση μεταξύ υδροπερατών, ημιπερατών, ημιπερατών έως υδροστεγανών και πρακτικά υδροστεγανών σχηματισμών, με στόχο τη δημιουργία του υδρολιθολογικού χάρτη της ευρύτερης περιοχής. Ο χάρτης αυτός θα προέρχεται από την αξιολόγηση και την προσαρμογή υφιστάμενων γεωλογικών χαρτογραφήσεων με βάση και τις παρατηρήσεις από την έρευνα πεδίου. Θα περιλαμβάνει:

- την οριζόντια εξάπλωση των γεωλογικών σχηματισμών και τα μακροτεκτονικά τους χαρακτηριστικά,
- την οριζόντια κατανομή των υδρολιθολογικών ενοτήτων, όπως έχουν προκύψει από την ομαδοποίηση ομοειδών γεωλογικών σχηματισμών με αντίστοιχη κατάταξή τους με βάση την υδροπερατότητά τους καθώς και άλλα υδραυλικά χαρακτηριστικά που προσδιορίζουν την

υδροφορία τους,

- την καταγραφή των Σημείων Εμφάνισης Νερού (υδρογεωτρήσεις, πηγάδια, πηγές), εάν υπάρχουν, με χρήση GPS,
- τα όρια των Υπόγειων Υδατικών Συστημάτων με βάση τα ΣΔΛΑΠ, όπως ισχύουν,
- τα συνδεόμενα Επιφανειακά Υδατικά Συστήματα με βάση τα ΣΔΛΑΠ, όπως ισχύουν και τα χαρακτηριστικά τους (μόνιμη, εποχική, φυσική, τεχνητή κ.ά.),
- τις μετρήσεις στάθμης/υδραυλικού φορτίου παράγοντας ισοπιεζομετρικές καμπύλες, εάν είναι δυνατό να χαραχτούν,
- την εκτίμηση με υδρογεωλογικά κριτήρια, ανά υδρολιθολογική ενότητα, των συντελεστών υδροπερατότητας, κατείσδυσης και επιφανειακής απορροής.

Με τη βοήθεια του γεωλογικού χάρτη της ευρύτερης περιοχής ενδιαφέροντος και σε συνδυασμό με επιτόπου γεωλογικές και υδρογεωλογικές παρατηρήσεις, κατασκευάζεται ο υδρολιθολογικός χάρτης της περιοχής. Σύμφωνα με το πρότυπο της Διεθνούς Ένωσης Υδρογεωλόγων, το σύνολο των γεωλογικών σχηματισμών κατατάσσεται σε επιμέρους υδρολιθολογικούς τύπους βάσει της παραγωγικότητας – αποδοτικότητας των υδροφορέων, της γεωγραφικής και στρωματογραφικής τους θέσης, του είδους της υδροπερατότητας (πρωτογενής – δευτερογενής) και των λιθολογικών – ιζηματολογικών τους χαρακτηριστικών.

Η.3 ΧΑΡΤΗΣ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΥΤΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ – ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

Καταγράφονται και αποτυπώνονται όλες οι δυνητικά ρυπογόνες εστίες που ενδεχομένως να υποβαθμίζουν την ποιοτική κατάσταση του υπόγειου νερού, καθώς και οι πιέσεις, ανθρωπογενούς κυρίως προέλευσης που δύνανται να περιορίσουν και να υποβαθμίσουν τα υπόγεια υδατικά αποθέματα εξαιτίας της υπεράντλησης των υδροληπτικών έργων στην ευρύτερη περιοχή μελέτης μαζί με τις προστατευόμενες περιοχές. Ο χάρτης αυτός μπορεί να περιέχει ενδεικτικά στοιχεία χημισμού της υπόγειας υδροφορίας, στην περίπτωση που τέτοια στοιχεία είναι διαθέσιμα και μπορούν να συνδεθούν με τις αναγνωρισμένες πιέσεις.

Η.4 ΧΑΡΤΗΣ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗΣ ΖΩΝΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Οριοθετούνται επακριβώς (με συντεταγμένες Χ και Υ σε προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ87) οι Ζώνες Προστασίας των υδροληπτικών έργων και πηγών της περιοχής μελέτης επισημαίνοντας τις απαγορεύσεις και τους περιορισμούς σε κάθε μία από αυτές.

Η.5 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ ΜΕ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑΣ

Η σύνταξη των υδρολιθολογικών τομών γίνεται σε ίδια ή μεγαλύτερη κλίμακα με αυτή του υδρολιθολογικού χάρτη με σκοπό να δοθεί η γεωλογική δομή, οι διάφορες τεκτονικές δομές, τα υδρολιθολογικά χαρακτηριστικά, η στάθμη του υπόγειου νερού και τα στοιχεία που συνθέτουν το υδρογεωλογικό και υδροχημικό καθεστώς.

Θ. ΣΧΕΔΙΑ – ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ – ΠΙΝΑΚΕΣ – ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Στο Παράρτημα δύναται να παρουσιάζονται χαρακτηριστικά στοιχεία της ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε, όπως τομές γεωτρήσεων, σκαριφήματα, φωτογραφική απεικόνιση των κυριότερων γεωλογικών, γεωτεχνικών και γεωμορφολογικών στοιχείων πεδίου, ορθοφωτοχάρτες, αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες, καθώς και κάθε άλλη πληροφορία ή στοιχεία που κρίνονται απαραίτητα να επισυναφθούν στην ανωτέρω μελέτη για την πληρέστερη τεκμηρίωσή της. Επίσης, θα πρέπει να επισυνάπτονται είτε εντός κειμένου είτε ως Παράρτημα όλοι οι χρησιμοποιηθέντες πίνακες, τα γραφήματα και τα διαγράμματα που σχετίζονται με την ποσοτική ανάλυση, αξιολόγηση, ερμηνεία και χάραξη των ζωνών Προστασίας των Υδροληπτικών Έργων και Πηγών.