

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/281447673>

Integrated water resources management in basins of the prefecture of Chalkdiki

Conference Paper · January 2005

CITATIONS

0

READS

48

6 authors, including:



[Pericles Latinopoulos](#)

Aristotle University of Thessaloniki

88 PUBLICATIONS 436 CITATIONS

SEE PROFILE



[Nicolaos Theodossiou](#)

Aristotle University of Thessaloniki

110 PUBLICATIONS 672 CITATIONS

SEE PROFILE



[Zisis Mallios](#)

Aristotle University of Thessaloniki

34 PUBLICATIONS 79 CITATIONS

SEE PROFILE

Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων σε Λεκάνες του Νομού Χαλκιδικής

Π. ΛΑΤΙΝΟΠΟΥΛΟΣ
Καθηγητής Α.Π.Θ.

Ζ. ΜΑΛΛΙΟΣ
Πολιτικός Μηχανικός

Ν. ΘΕΟΔΟΣΙΟΥ
Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Α. ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ
Πολιτικός Μηχανικός

Α. ΞΕΦΤΕΡΗΣ
Δρ Γεωλόγος

Ε. ΦΩΤΟΠΟΥΛΟΥ
Πολιτικός Μηχανικός

Περίληψη

Ο Νομός Χαλκιδικής, από άποψη διαθεσιμότητας και χρήσης υδατικών πόρων, αποτελεί αντιπροσωπευτικό παράδειγμα για τον Ελλαδικό χώρο. Οι διάφορες ανταγωνιστικές χρήσεις του νερού και κυρίως η αρδευτική και η υδρευτική, με έντονες αιχμές, λόγω τουριστικής ανάπτυξης, σε συνδυασμό με την ανισοκατανομή των βροχοπτώσεων αλλά και με την έλλειψη ολοκληρωμένης εφαρμογής υδατικής πολιτικής, έχουν οδηγήσει σε σημαντική υποβάθμιση τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται οι απαραίτητες ενέργειες (μετρήσεις, αναλύσεις, και προτάσεις) που απαιτούνται για τη δημιουργία της αναγκαίας υποδομής για την ανάπτυξη ορθολογικών διαχειριστικών σχεδίων σε επίπεδο λεκάνης απορροής με την εφαρμογή κατάλληλων διαχειριστικών εργαλείων (Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών). Στόχος των σχεδίων αυτών είναι η ανατροπή της υφιστάμενης αρνητικής πορείας και η προστασία και αναβάθμιση των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Όλες οι παραπάνω ενέργειες παρουσιάζονται μέσα από την εφαρμογή τους σε τέσσερις χαρακτηριστικές λεκάνες απορροής του Νομού Χαλκιδικής. Και στις τέσσερις λεκάνες βασικός υδατικός πόρος είναι τα υπόγεια νερά.

Abstract

The prefecture of Chalkidiki, from a water use and availability point of view, is considered to be a representative example for Greece. The various competitive water uses, mainly for irrigation and drinking water supply with intense peaks due to the touristic development, combined with an uneven distribution of precipitation, as well as the lack of a rational management policy, have led to a significant degradation of the water resources. The paper presents the necessary actions that are needed for the organisation of the infrastructure for the development of rational management plans on a watershed basis with the use of appropriate management tools (Geographical Information Systems). The aim of these plans is to reverse the current adverse processes and to protect and restore the available water resources. All above actions are presented through their application in typical watersheds of the prefecture of Chalkidiki. In all four watersheds the main water resource is groundwater.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι έντονες πιέσεις που υφίστανται τις τελευταίες δεκαετίες τα υδατικά συστήματα, τόσο στη χώρα μας όσο και στα περισσότερα από τα λοιπά κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οδήγησαν στην καθιέρωση ενός ισχυρού θεσμικού πλαισίου για την ολοκληρωμένη διαχείριση και προστασία των υδατικών πόρων (Οδηγία 2000/60/ΕΚ [1]). Ως λειτουργική μονάδα της διαχείρισης αυτής καθορίζεται η φυσική έκταση της λεκάνης απορροής. Έτσι, όλα τα κράτη-μέλη έχουν ήδη αρχίσει να συμμορφώνονται προς τις σχετικές διατάξεις, εφαρμόζοντας για τον σκοπό αυτό ένα σύνθετο πλέγμα δράσεων σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο.

Ειδικά σε ό,τι αφορά τις περιφέρειες του Νότου (Ισπανία, Πορτογαλία, Ιταλία, Ελλάδα και Μεσογειακή Γαλλία) είναι σαφές ότι το βασικό πρόβλημα, που τις διαφοροποιεί αισθητά από τις υπόλοιπες περιοχές της Ευρώπης, είναι η άνιση κατανομή της ζήτησης του νερού. Το πρόβλημα αυτό δημιουργείται κυρίως εξαιτίας της αρδευόμενης γεωργίας, που απαιτεί τεράστιες ποσότητες νερού και μάλιστα κάτω από συνθήκες μιας ελλειμματικής προσφοράς, λόγω κλίματος.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η μεθοδολογία διαμόρφωσης ολοκληρωμένων προτάσεων διαχείρισης των υδατικών πόρων λεκανών απορροής, μέσα από μια σειρά εφαρμογών σε τέσσερις περιοχές του Νομού Χαλκιδικής. Οι εφαρμογές αυτές απετέλεσαν κατά την τελευταία δεκαετία αντικείμενο εξειδικευμένης μελέτης για τους συγγραφείς της παρούσας εργασίας και μέλη ερευνητικής ομάδας του Εργαστηρίου Τεχνικής Υδατικών Πόρων του Α.Π.Θ.

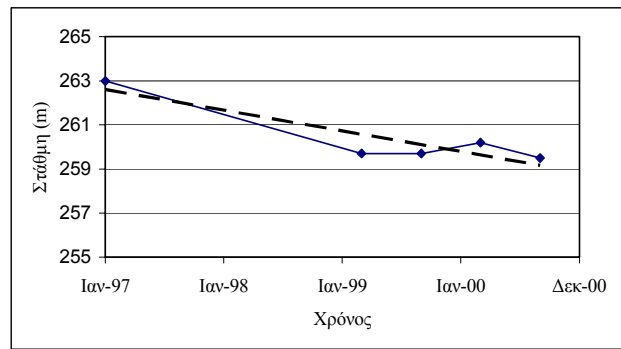
Η μεθοδολογία διαχείρισης που παρουσιάζεται βασίζεται κυρίως στη διερεύνηση των δύο σκελών του υδατικού ισοζυγίου, της προσφοράς και της ζήτησης νερού. Ειδική αναφορά γίνεται επίσης στη χρήση σύγχρονων εφαρμογών των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, οι οποίες κρίνονται απολύτως απαραίτητες για τη διαμόρφωση ορθολογικών και βιώσιμων προτάσεων διαχείρισης.

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ο Νομός Χαλκιδικής είναι ένας από τους πιο ελλειμματικούς, από άποψη υδατικού ισοζυγίου, νομούς της Ελλάδας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, όχι μόνο είναι ο φτωχότερος νομός από άποψη υδατικού δυναμικού, αλλά, ταυτόχρονα, εμφανίζει αυξημένες ανάγκες σε νερό, κυρίως λόγω των έντονων αγροτικών και τουριστικών δραστηριοτήτων που αναπτύσσονται στην περιοχή του.

Το σύνολο της έκτασης του Νομού Χαλκιδικής είναι 2,917 km², Στην έκταση αυτή η γεωργική γη αποτελεί το 32.7%, δηλαδή 955,000 στρέμματα. Οι αρδευόμενες εκτάσεις ανέρχονται σε 170,000 στρέμματα και αντιστοιχούν σε ποσοστό 17.8% της συνολικής καλλιεργήσιμης έκτασης. Το νερό που χρησιμοποιείται για την άρδευση προέρχεται σχεδόν αποκλειστικά από τους υπόγειους υδροφορείς και αντλείται με γεωτρήσεις τόσο ιδιωτικές όσο και συλλογικών αρδευτικών δικτύων. Η έκταση, πάντως, που εξυπηρετείται από τα συλλογικά αρδευτικά δίκτυα είναι μικρή και δεν ξεπερνά τα 25,000 στρέμματα, δηλαδή το 14.7% της αρδευόμενης έκτασης. Το στοιχείο αυτό αποδεικνύει ότι οι δημόσιες επενδύσεις για την αρδευόμενη γεωργία στον Νομό Χαλκιδικής βρίσκονται σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

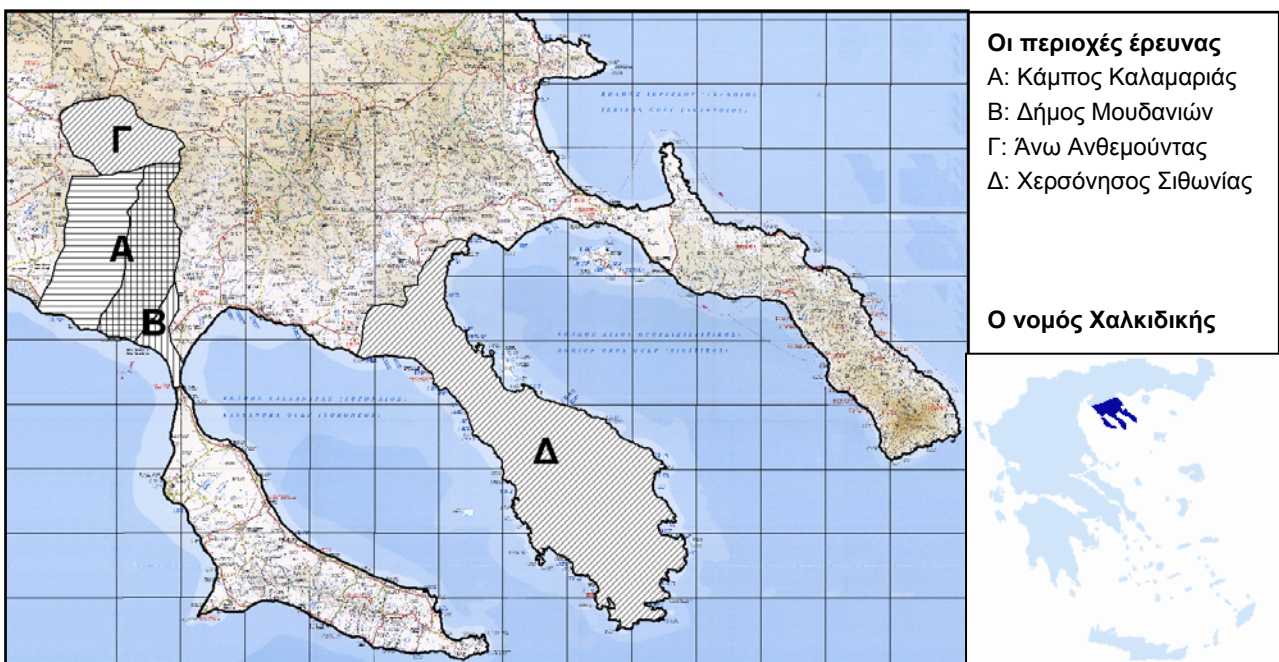
Ως αποτέλεσμα της υπερεκμετάλλευσης, την οποία έχουν υποστεί οι υπόγειοι υδροφορείς (ιδιαίτερα κατά την τελευταία δεκαετία), μια σειρά από προβλήματα, όπως η συστηματική πτώση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα (ενδεικτική γεώτρηση στο Σχήμα 1 δείχνει πτώση στάθμης της τάξης του 1 m/έτος), η υποβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων νερών και η διεύδυση του θαλασσινού νερού, αποτελούν πλέον καθημερινή πραγματικότητα στην περιοχή.



Σχήμα 1: Πτώση στάθμης σε γεώτρηση του Ν. Χαλκιδικής

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η διαδικασία και τα περιεχόμενα της εφαρμογής της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων σε τέσσερις, διαφορετικές από άποψη λειτουργίας, λεκάνες απορροής του Νομού Χαλκιδικής. Οι επιμέρους περιοχές στις οποίες ανήκουν οι τέσσερις λεκάνες είναι οι ακόλουθες (Σχήμα 2).

- Ο κάμπος της Καλαμαριάς, που είναι η πιο παραγωγική αγροτική περιοχή του νομού με έντονα ποσοτικά και ποιοτικά υδατικά προβλήματα [2,3,4].
- Η περιοχή του Δήμου Μουδανιών, η οποία έχει μεγάλες υδρευτικές ανάγκες για μόνιμο και εποχικό πληθυσμό [5,6].
- Η περιοχή του Άνω Ανθεμούντα, που αποτελεί μια αναπτυσσόμενη περιοχή χωρίς ακόμα σημαντικά προβλήματα και η οποία προσφέρεται για ορθολογικές προτάσεις διαχείρισης [7,8,9].
- Τέλος, η χερσόνησος της Σιθωνίας, που είναι περιοχή με έντονη τουριστική ανάπτυξη και στην οποία διερευνήθηκε η δυνατότητα αξιοποίησης των επιφανειακών υδατικών της πόρων [10,11,12].



Σχήμα 2. Οι περιοχές μελέτης

3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

Για την εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου μιας λεκάνης απορροής απαιτείται η συλλογή, επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων που σχετίζονται με τη ζήτηση και την προσφορά νερού στην περιοχή. Τα στοιχεία αυτά, παρότι απαραίτητα, σπάνια είναι και διαθέσιμα, τουλάχιστον στην μορφή, συχνότητα (χρονική κατανομή) και πυκνότητα (χωρική κατανομή) στην οποία απαιτούνται.

Ξεκινώντας από τη ζήτηση νερού, θα πρέπει κανείς να καταγράψει τις υδατικές ανάγκες που απαιτούνται για τις διάφορες υδροβόρες δραστηριότητες της περιοχής καθώς επίσης και τις υφιστάμενες πηγές υδροληψίας. Μεταξύ των χρήσεων νερού στην περιοχή του Ν. Χαλκιδικής κυριαρχεί - με μεγάλη διαφορά - η αγροτική. Ο προσδιορισμός των αναγκών σε αρδευτικό νερό πραγματοποιείται, εάν δεν υπάρχουν ακριβέστερα στοιχεία, με βάση τις αρδευόμενες εκτάσεις, τις εφαρμοζόμενες καλλιέργειες, τις απαιτήσεις των καλλιεργειών σε νερό και την απόδοση του αρδευτικού συστήματος.

Η δεύτερη - κατά σειρά ζήτησης νερού - χρήση είναι η υδρευτική. Λόγω της ανελαστικότητας, που τη χαρακτηρίζει γενικώς αλλά και των τεράστιων οικονομικών και κοινωνικών συμφερόντων που την περιβάλλουν, η χρήση αυτή είναι επίσης μεγάλης σημασίας. Η ιδιαιτερότητα του Νομού Χαλκιδικής σχετικά με την ύδρευση προέρχεται από την πολύ μεγάλη τουριστική ανάπτυξη, τουλάχιστον των παραλιακών περιοχών του νομού, η οποία έχει ως αποτέλεσμα τον πολλαπλασιασμό του πληθυσμού κατά τα σαββατοκύριακα και τους καλοκαιρινούς μήνες.

Τέλος, οι βιομηχανικές και κτηνοτροφικές υδατικές ανάγκες, αν και μικρές στην ευρύτερη περιοχή του Νομού, δεν μπορούν να αγνοηθούν, καθώς αποτελούν σημαντικά συσσωρευμένες απαιτήσεις για νερό που πρέπει να ικανοποιηθούν.

Ένα ακόμα κοινό χαρακτηριστικό των δύο πρώτων και σημαντικότερων χρήσεων του νερού είναι και η χρονική σύμπτωση των περιόδων μέγιστης αιχμής στη ζήτησή τους με τις περιόδους ελάχιστης προσφοράς, δηλαδή τους καλοκαιρινούς μήνες. Η κατανομή της ζήτησης νερού, που περιγράφηκε πιο πάνω, απεικονίζεται στα συνοπτικά στοιχεία των Πινάκων 1 και 2.

Στον Πίνακα 1 εμφανίζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής που μελετήθηκαν, όπως το συνολικό εμβαδόν και το ποσοστό καλλιεργούμενης και αρδευόμενης έκτασης.

Αντίστοιχα στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι καταναλώσεις νερού ανά περιοχή μελέτης και ανά κατηγορία χρήσης νερού. Η κυριαρχία των αρδευτικών καταναλώσεων είναι εμφανώς καταλυτική και μάλιστα αρκετά υψηλότερη του Ελληνικού μέσου όρου, που σήμερα βρίσκεται περίπου στο 85% της συνολικής κατανάλωσης νερού. Εξάιρεση αποτελεί η περιοχή της Σιθωνίας, στην οποία η γεωργική δραστηριότητα είναι εξαιρετικά περιορισμένη.

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής

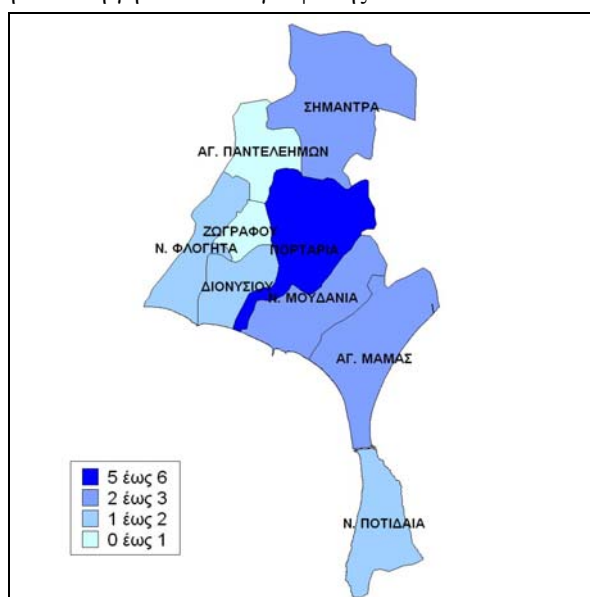
Περιοχή μελέτης	Εμβαδόν λεκάνης (km ²)	Καλλιεργ. έκταση (%)	Αρδευόμενη έκταση (%)
Καλαμαριά	249.0	72.3	20.7
Μουδανιά	141.7	79.4	32.5
Α. Ανθεμούντας	115.4	48.4	9.7
Σιθωνία	517.0	10.5	0.6

Πίνακας 2: Χρήσεις νερού (μέσες ετήσιες τιμές)

Περιοχή μελέτης	Άρδευση		Ύδρευση		Άλλη	
	10 ⁶ m ³	%	10 ⁶ m ³	%	10 ⁶ m ³	%
Καλαμαριά	28.4	95	1.35	4.5	0.15	0.5
Μουδανιά	16.0	94	0.93	5.5	0.08	0.5
Α. Ανθεμούντας	5.4	93	0.21	3.5	0.20	3.5
Σιθωνία	1.2	33.5	2.45	66.1	0.20	0.4

Λόγω της έντονης διαφοροποίησης που παρουσιάζει η μορφολογία του εδάφους, η συνολική διερεύνηση των υδατικών αναγκών σε επίπεδο λεκάνης απορροής ορισμένες φορές δεν είναι ακριβής και, έτσι, απαιτείται η ανάλυσή της σε μικρότερη κλίμακα. Ειδικά για την Ελλάδα, με το έντονο ανάγλυφο που τη χαρακτηρίζει, οι ορεινές και μη παραγωγικές, από άποψη γεωργικής εκμετάλλευσης, περιοχές απαιτούν μικρότερες ποσότητες νερού από ότι οι αντίστοιχες πεδινές.

Χαρακτηριστικό σχετικό παράδειγμα παρουσιάζεται στο Σχήμα 3, όπου εμφανίζεται η κατανομή των απαιτούμενων ποσοτήτων νερού για όλες τις χρήσεις, ανά δημοτικό διαμέρισμα, στον Δήμο Μουδανιών. Οι λόγοι που διαφοροποιούν τη συνολική ζήτηση νερού στην υπόψη περιοχή σχετίζονται με τις επιμέρους διαφορετικές τοπικά δραστηριότητες, που σε μεγάλο βαθμό εξαρτώνται από την ίδια τη γη και το ανάγλυφό της



Σχήμα 3: Κατανομή συνολικών αναγκών σε νερό (σε εκ. m³) ανά δημοτικό διαμέρισμα στον Δήμο Μουδανιών

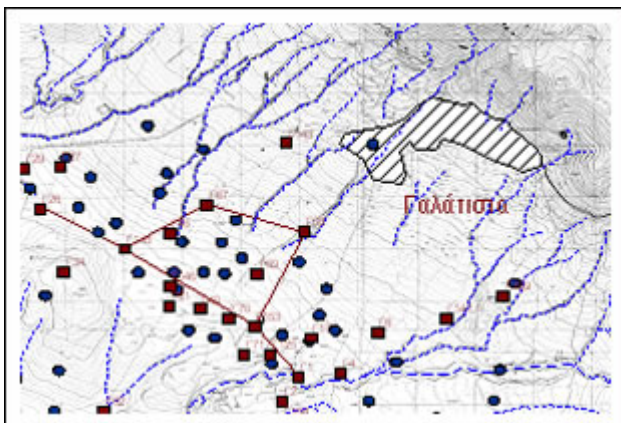
Ταυτόχρονα με τη διερεύνηση των υδατικών αναγκών απαιτείται και ο εντοπισμός και η καταγραφή των πηγών

υδροληψίας. Στον Νομό Χαλκιδικής το συντριπτικά μεγαλύτερο μέρος των υδατικών αναγκών καλύπτεται μέσω δημόσιων (κυρίως για ύδρευση και ελάχιστα για τα αρδευτικά συλλογικά δίκτυα) και ιδιωτικών γεωτρήσεων (αποκλειστικά για αρδευτική χρήση), το πιο εντυπωσιακό χαρακτηριστικό των οποίων είναι το τεράστιο πλήθος τους. Το γεγονός αυτό καθιστά ακόμα και την καταγραφή των γεωτρήσεων εξαιρετικά σύνθετο έργο, πόσο μάλλον την παρακολούθηση και τον έλεγχο της λειτουργίας τους.

Η μοναδική επίσημη πηγή άντλησης στοιχείων για την καταγραφή των γεωτρήσεων είναι το αρχείο αδειών χρήσης νερού της Νομαρχίας. Στο αρχείο αυτό είναι καταχωρημένες όλες οι άδειες που έχουν κατά καιρούς εκδοθεί για τη διάνοιξη, επέκταση ή τροποποίηση γεωτρήσεων και περιλαμβάνει ακόμα και άδειες γεωτρήσεων που δεν έχουν ποτέ εκτελεστεί. Φυσικά το αρχείο περιλαμβάνει μόνο τις νόμιμες γεωτρήσεις και, λόγω των πολλών προβλημάτων ταυτοποίησης αδειών και γεωτρήσεων, αποτελεί απλά μια βάση αναφοράς για την εκτίμηση της πραγματικής κατάστασης.

Απαραίτητη ενέργεια για την αποτύπωση του εφαρμοζόμενου συστήματος υδροληψίας στις περιοχές έρευνας είναι, τελικά, η επιτόπου αναγνώριση και καταγραφή των γεωτρήσεων. Η ενέργεια αυτή είναι ιδιαίτερα σύνθετη, επίπονη και χρονοβόρα, εξαιτίας της μεγάλης έκτασης των λεκανών, του ανάγλυφου του εδάφους, της ύπαρξης ή μη δικτύου ηλεκτροδότησης των γεωτρήσεων, της χωροθέτησής τους σε ιδιωτικές, δηλαδή περιφραγμένες περιοχές κτλ.

Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται μια ενδεικτική εικόνα από την αποτύπωση του υφιστάμενου δικτύου γεωτρήσεων (υδρευτικών και, κυρίως, αρδευτικών) στην περιοχή του Άνω Ανθεμούντα. Το σημειούμενο τετράπλευρο στο σχήμα αναφέρεται στην τρισδιάστατη γεωλογική απεικόνιση του Σχήματος 6. Η παρατηρούμενη στο Σχήμα 4 μεγάλη πυκνότητα των γεωτρήσεων αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα για πολλές περιοχές του Νομού Χαλκιδικής, ιδιαίτερα αυτές στις οποίες υφίστανται γεωργικές δραστηριότητες.



Σχήμα 4. Δίκτυο γεωτρήσεων στη λεκάνη Άνω Ανθεμούντα

4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ ΝΕΡΟΥ

Η δεύτερη βασική συνιστώσα του υδατικού ισοζυγίου είναι αυτή της προσφοράς του νερού. Πρόκειται, δηλαδή, για τα συνολικά διαθέσιμα (ανανεώσιμα) αποθέματα. Κατά τη σχετική διερεύνηση συλλέγονται και αναλύονται όλα τα στοιχεία και δεδομένα μετρήσεων, τα οποία σχετίζονται με την τροφοδοσία της υπό εξέταση λεκάνης απορροής με νερό (κυρίως ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις) και τη δυνατότητα αποθήκευσης του νερού αυτού τοπικά σε φυσικές (υπόγειοι υδροφορείς) ή τεχνητές δεξαμενές (φράγματα).

Η διερεύνηση των βροχοπτώσεων και, στη συνέχεια, των επιφανειακών απορροών και των υπόγειων κατεισδύσεων, δυσχεραίνεται κατά πολύ από το συνήθως άναρχα κατανομημένο δίκτυο των μετεωρολογικών σταθμών, τις μεγάλες χρονικές ασυνέχειες που εμφανίζονται στα αρχεία των μετρήσεων και την πολυδιάσπαση των φορέων διαχείρισης των σταθμών. Οι παράγοντες αυτοί, σε συνάρτηση με την (απαράδεκτη) ορισμένες φορές απαγόρευση πρόσβασης στα πρωτογενή δεδομένα των σταθμών, είναι πιθανό να περιορίζουν την αξιοπιστία των σχετικών αναλύσεων.

Όσον αφορά στα επιφανειακά νερά, το θέμα της δυνατότητας συλλογής τους δεν έχει αντιμετωπιστεί επαρκώς στον Νομό Χαλκιδικής, με αποτέλεσμα να μένει αναξιοποίητο ένα σημαντικό μέρος των διαθέσιμων στην περιοχή υδατικών πόρων. Ειδικά έργα τοπικής κλίμακας και μικρής έκτασης, χωρίς σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και μεγάλο κόστος, θα μπορούσαν να αποτελέσουν ιδανική λύση, τόσο από άποψη επάρκειας υδατικών πόρων όσο και αντιμετώπισης των ποιοτικών προβλημάτων που εμφανίζουν ειδικά οι παράκτιοι υδροφορείς.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα της μη επαρκούς εκμετάλλευσης των επιφανειακών νερών αποτελεί η περίπτωση της χερσονήσου της Σιθωνίας. Η σχετική έρευνα ανέδειξε πλήθος μικρού και μεσαίου μεγέθους (υπο)λεκανών απορροής (Σχήμα 5). Επίσης, η αντίστοιχη μελέτη κατέδειξε πλήρη επάρκεια των διαθέσιμων επιφανειακών πόρων στην κάλυψη των υδατικών αναγκών της Χερσονήσου, με την κατασκευή δικτύου φραγμάτων σχετικά μικρού μεγέθους.



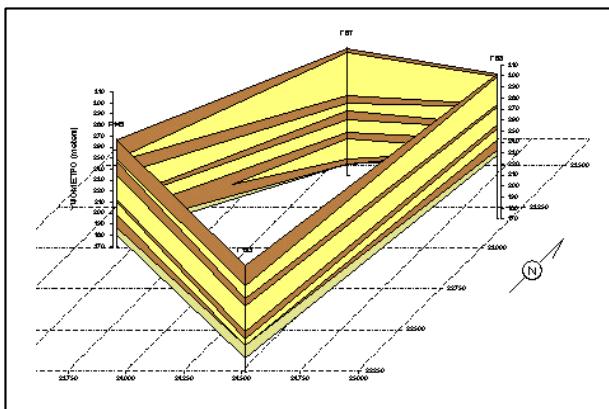
Σχήμα 5. Υπολεκάνες απορροής χερσονήσου Σιθωνίας

Σε ό,τι αφορά τους υπόγειους υδροφορείς, που όπως προαναφέρθηκε αποτελούν και τη βασική - εάν όχι την αποκλειστική στην πλειονότητα των περιπτώσεων - πηγή υδροληψίας, η μελέτη και η προσομοίωση της λειτουργίας και απόκρισής τους συνιστά ένα ιδιαίτερα σύνθετο αντικείμενο, καθόσον απαιτεί πλήθος δεδομένων διαφόρων κατηγοριών και ταυτόχρονα υψηλού επιπέδου επιστημονική ανάλυση και εμπειρία.

Στη μελέτη των υπόγειων υδατικών πόρων μια από τις σημαντικές παραμέτρους, που εμφανίζει και τον μεγαλύτερο βαθμό αβεβαιότητας, είναι η γεωλογική δομή των υδροφορέων. Συνήθη δεδομένα, όπως η περιγραφή των εδαφικών σχηματισμών που αποκτάται κατά τη διάνοιξη των γεωτρήσεων, δεν διατηρούν υψηλό βαθμό αξιοπιστίας της σχετικής πληροφορίας ούτε, φυσικά, εγγυώνται κάποια συγκεκριμένη χωρική κατανομή. Έτσι, η σύνθεσή τους, που αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την κατανόηση της δομής του υδροφορέα και, συνεπώς, πολύτιμο στοιχείο για τις οικείες μελέτες, απαιτεί ιδιαίτερη εμπειρία και χρήση εξειδικευμένων μεθόδων και προγραμμάτων Η/Υ [13].

Σχετικά με τα παραπάνω, στο Σχήμα 6 παρουσιάζεται μια τρισδιάστατη σύνθεση τεσσάρων γεωλογικών τομών στον υδροφορέα του Άνω Ανθεμούντα. Το χαρακτηριστικό της υπόψη περιοχής, που αποτελεί και τον κανόνα για τις περιπτώσεις των προσχωσιγενών υδροφορέων, είναι η κατά βάθος εναλλαγή πολλών μικρού πάχους υδροφόρων και αδιαπέρατων στρωμάτων.

Οι υδρογεωλογικές παράμετροι των υδροφορέων προσδιορίζονται βάσει επιλεγμένου δικτύου θέσεων εκτέλεσης δοκιμαστικών αντλήσεων. Η χωροθέτηση ενός τέτοιου δικτύου γίνεται τόσο με πρακτικά κριτήρια (διαθεσιμότητα, επισκεψιμότητα γεωτρήσεων, ύπαρξη πιεζομέτρου κτλ.) όσο και με επιστημονικά (ομαλή κατανομή στον χώρο, κάλυψη της έκτασης της περιοχής κτλ.). Τα αποτελέσματα των δοκιμαστικών αντλήσεων καθορίζουν το εύρος διακύμανσης των παραμέτρων (αποθηκευτικότητα, μεταφορικότητα και διαπερατότητα) και αποτελούν μια σημαντική συνιστώσα γνώσης για περαιτέρω εξειδικευμένες μελέτες.



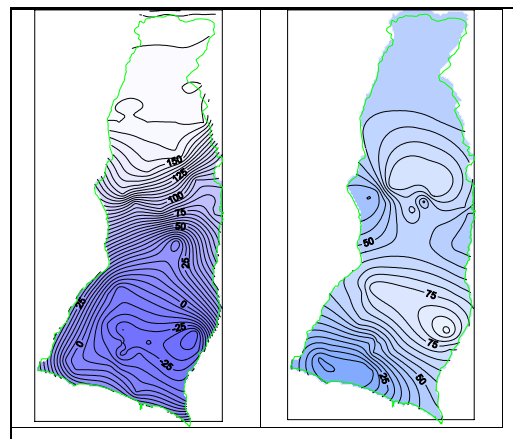
Σχήμα 6: Τρισδιάστατη σύνθεση γεωλογικών τομών στον υδροφορέα Άνω Ανθεμούντα

Η στάθμη του νερού ή το πιεζομετρικό φορτίο ενός υδροφορέα χαρακτηρίζεται ως περιοχοποιημένη μεταβλητή [14]. Θεωρείται δηλαδή ότι διατηρεί μια συνέχεια στον χώρο, βασισμένη σε μια σύνθετη μαθηματική (συναρτησιακή) σχέση, που καθορίζει την ενεργειακή χωρική συσχέτιση του υδραυλικού φορτίου. Όπως και στην περίπτωση των γεωλογικών καταγραφών, έτσι και στην περίπτωση της στάθμης ενός υδροφορέα απαιτείται η σύνθεση των επιμέρους σταθμημετρήσεων για την προσομοίωση και κατανόηση της δομής του υδροφόρου ορίζοντα. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις επιμέρους μελέτες των λεκανών της Χαλκιδικής η ευρέως διαδεδομένη μέθοδος Kriging [14, 15], η οποία δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα, ειδικά σε θέματα υπόγειων υδροφορέων.

Η μέθοδος Kriging βασίζεται, ως γνωστόν, στη διάμρφωση και προσαρμογή ενός εμπειρικού και ενός θεωρητικού ημι-μεταβλητογράμματος, το οποίο καθορίζει τη συσχέτιση μεταξύ των μετρήσεων της στάθμης (ή του φορτίου) σε σημεία με διαφορετικές μεταξύ τους αποστάσεις. Επιπλέον, η εφαρμογή αυτού του μεγέθους δίνει τη δυνατότητα επέκτασης του δικτύου παρατήρησης στον χώρο έρευνας.

Η εφαρμογή της μεθόδου Kriging παρέχει τη δυνατότητα μιας αξιόπιστης χωρο-χρονικής ανάλυσης των μετρήσεων στάθμης και, μέσω της δημιουργίας σχετικών χαρτών, της σύγκρισης και εξαγωγής χρήσιμων διαχειριστικών συμπερασμάτων.

Ενδεικτικά παρουσιάζεται στο Σχήμα 7 ένα ζεύγος χαρτών από την αντίστοιχη μελέτη του υδροφορέα των Μουδανιών. Ο πρώτος χάρτης (στο αριστερό μέρος του σχήματος) εμφανίζει την κατανομή της στάθμης του υδροφορέα ως απόλυτο υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας, ενώ ο δεύτερος (στο δεξιό μέρος) παρουσιάζει την κατανομή του βάθους του υπόγειου νερού, της διαφοράς δηλαδή μεταξύ του υψομέτρου του εδάφους και της στάθμης του υδροφορέα. Όπως είναι γνωστό, οι δύο αυτοί τύποι χαρτών είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι για πολλές πρακτικές εφαρμογές.



Σχήμα 7: Κατανομή στάθμης και βάθους νερού στον υδροφορέα Μουδανιών

5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

Το υδατικό ισοζύγιο μιας λεκάνης απορροής ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ της προσφοράς και της ζήτησης του νερού. Για μια βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων, το ισοζύγιο αυτό θα πρέπει να είναι πάντοτε θετικό. Σε ότι αφορά τον υπολογισμό του, μεγάλη προσοχή απαιτείται στην εκτίμηση των εκροών ή εισροών νερού από και προς τη λεκάνη και ειδικά στις αφανείς υπόγειες υδραυλικές επικοινωνίες. Σημειώνεται ότι, σύμφωνα με την οδηγία 2000/60, σε περίπτωση υδραυλικής επικοινωνίας μεταξύ γειτονικών λεκανών, ως βασική μονάδα διαχείρισης ορίζεται η “περιοχή λεκάνης απορροής”, η οποία περιλαμβάνει το σύνολο των υδάτων που βρίσκονται σε επικοινωνία.

Καθώς το υδραυλικό ισοζύγιο δεν μπορεί να αποτελέσει κριτήριο ελέγχου για την ύπαρξη ή μη επικοινωνίας του τύπου που προαναφέρθηκε - αφού το ίδιο αποτελεί συνήθως το ζητούμενο της διερεύνησης - μόνο η επαρκής γνώση της γεωλογικής δομής του υδροφορέα και της υδραυλικής του λειτουργίας μπορούν να οδηγήσουν τον έμπειρο ερευνητή στην αναγνώριση της επικρατούσας κατάστασης.

Στα ερευνητικά έργα του Νομού Χαλκιδικής, που περιγράφονται στην παρούσα εργασία, υπάρχουν συγκεκριμένες αναφορές σε τέτοιου είδους καταστάσεις. Για παράδειγμα, η σύνθεση και ανάλυση των στοιχείων γεωλογικών τομών κατέδειξε στην περιοχή του Άνω Ανθεμούντα ότι, παρότι η κύρια λεκάνη απορροής βρίσκεται άνω της αντίστοιχης λεκάνης του Κάτω Ανθεμούντα, δεν υπάρχει υδραυλική επικοινωνία μεταξύ των δύο. Αντίστοιχα, στην περιοχή της λεκάνης των Μουδανιών, η προσομοίωση της λειτουργίας του υδροφορέα, σε συνδυασμό με τη χρονοσειρά των σταθμημετρήσεων κατέδειξαν ότι ο αλλουβιακός υδροφορέας της περιοχής μελέτης δεν τροφοδοτείται από τον καρστικό υδροφορέα της Κατσίκας, που βρίσκεται ακριβώς πάνω από το βόρειο όριό του.

Σε κάθε περίπτωση, πάντως, δεν πρέπει να συγχέεται το υδραυλικό υδατικό ισοζύγιο μια λεκάνης απορροής με το αντίστοιχο διαχειριστικό - περιβαλλοντικό. Το διαχειριστικό υδατικό ισοζύγιο περιλαμβάνει πέραν των προαναφερθέντων και τις περιβαλλοντικές ανάγκες, οι οποίες περιορίζουν φυσικά τις διαθέσιμες προς διαχείριση ποσότητες νερού.

Τα τελευταία χρόνια το περιβάλλον αναγνωρίζεται πλέον ως “χρήστης νερού”, ισότιμος με τους υπόλοιπους παραδοσιακούς χρήστες. Η περιβαλλοντική λοιπόν θεωρηση προβλέπει - με άλλα λόγια απαιτεί - την εξασφάλιση επαρκούς ποσότητας νερού για χρήσεις όπως: η εύρυθμη λειτουργία των οικοσυστημάτων, η διατήρηση μιας ελάχιστης παροχής απορροής ρεμάτων, ο σεβασμός των δικαιωμάτων των άλλων χρηστών νερού, η προστασία των υδροφορέων από διεύδυση θαλασσινού νερού και άλλες λειτουργίες και χρήσεις του πόρου, χωρίς να

αγνοείται επίσης και η κοινωνική ή η πολιτιστική διάσταση του προβλήματος.

6. ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

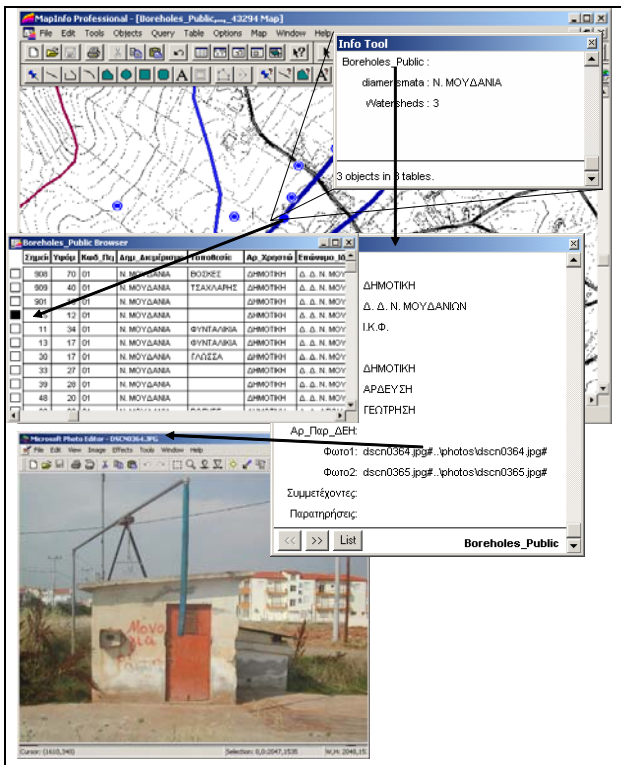
Όπως αναφέρθηκε στις προηγούμενες παραγράφους, το θέμα της διαχείρισης των υδατικών πόρων, βάσει της αναλυτικής διερεύνησης σε χωρική και χρονική κλίμακα των παραμέτρων που καθορίζουν τη ζήτηση και την προσφορά νερού και κατ' επέκταση το υδατικό ισοζύγιο, ξεφεύγει από τα πλαίσια των παραδοσιακών εμπειρικών προσεγγίσεων και απαιτεί τη χρήση σύγχρονων διαχειριστικών εργαλείων. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS).

Στο πλαίσιο της διερεύνησης και καταγραφής των πληροφοριών που σχετίζονται με τους υδατικούς πόρους στις περιοχές της Χαλκιδικής που μελετήθηκαν, αναπτύχθηκε μια γενική εφαρμογή Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών με τη χρήση ειδικού λογισμικού (MapInfo [16]). Η εφαρμογή αυτή, η οποία έχει δυναμικό χαρακτήρα, υπόκειται συνεχώς σε αναβαθμίσεις και προσαρμογές στις ιδιαιτερότητες της κάθε περιοχής, διατηρώντας όμως πάντα σταθερή τη βασική της δομή για σκοπούς συμβατότητας.

Στο Σχήμα 8 φαίνεται απόσπασμα από την εφαρμογή του GIS που χρησιμοποιήθηκε ειδικά για τη λεκάνη των Μουδανιών, με ενδεικτικές απεικονίσεις μέρους των καταγεγραμμένων και κατάλληλα διασυνδεδεμένων μεταξύ τους πληροφοριών. Από το σχήμα αυτό γίνεται φανερό το γεγονός ότι η ταυτόχρονη διάθεση χαρτών, δεδομένων μετρήσεων, αρχείων ιδιοκτησιών, αλλά και φωτογραφιών διευκολύνει πολύ το έργο του κάθε ερευνητή/μελετητή. Επιπλέον, ένα τέτοιο σύστημα, λόγω της άνετης επέκτασιμότητάς του, αποτελεί πολύτιμο εργαλείο και για τις υπεύθυνες διαχειριστικές αρχές.

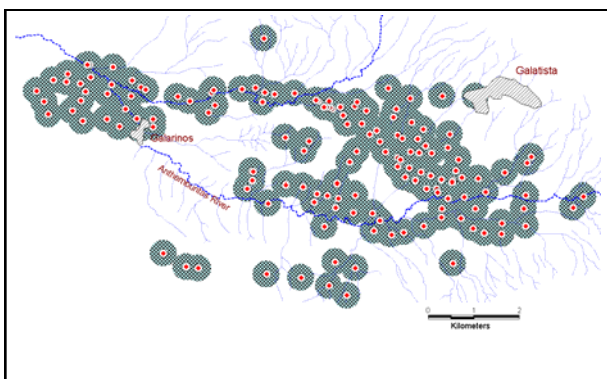
Η εφαρμογή GIS που αναπτύχθηκε δίνει τη δυνατότητα καταγραφής σε κατάλληλο χαρτογραφικό υπόβαθρο (συνήθως χάρτες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού σε κλίμακα 1:5.000) πληροφοριών όπως: θέσεις γεωτρήσεων, χρήσεις γης, χρήσεις νερού, υδρογραφικό δίκτυο κτλ. Τα στοιχεία αυτά διασυνδέονται στη συνέχεια μέσω κοινών κωδικών με κατάλληλα διαμορφωμένες βάσεις δεδομένων στις οποίες συγκεντρώνονται πληροφορίες όπως: τα στοιχεία των αδειών χρήσης νερού για κάθε γεώτρηση, γεωλογικές τομές, δοκιμαστικές αντλήσεις, φωτογραφίες κλπ. Η αξιοποίηση των δυνατοτήτων του GIS για αναζήτηση, ανάλυση και επεξεργασία των διασυνδεδεμένων πληροφοριών, με διαφορετικά κάθε φορά κριτήρια, μπορεί να αποδώσει ιδιαίτερα χρήσιμα διαχειριστικά αποτελέσματα.

Η χρήση, λοιπόν, του συστήματος GIS δεν είναι καταλυτική μόνο στη φάση συλλογής και ανάλυσης δεδομένων. Είναι επίσης χρήσιμη και σε επίπεδο προτάσεων ή/και αποφάσεων για τη διαχείριση των υδατικών πόρων.



Σχήμα 8: Εφαρμογή GIS στη λεκάνη Μουδανιών

Σχετικό με τα παραπάνω είναι το Σχήμα 9, στο οποίο απεικονίζεται η εφαρμογή νομαρχιακής απόφασης στη λεκάνη του Άνω Ανθεμούντα. Η απόφαση αυτή αφορά στη διάνοιξη νέων γεωτρήσεων, για τις οποίες καθορίζει μια ελάχιστη απόσταση από τις υφιστάμενες. Η εφαρμογή αυτή κατέδειξε ότι το μεγαλύτερο μέρος του υδροφορέα, τουλάχιστον στο παραγωγικό του τμήμα, είναι κορεσμένο και δεν επιδέχεται τη διάνοιξη νέων γεωτρήσεων.



Σχήμα 9: Εφαρμογή νομαρχιακής απόφασης περί ελάχιστης απόστασης μεταξύ γεωτρήσεων

Μια επίσης πολύ ενδιαφέρουσα εφαρμογή διαχειριστικών εργαλείων είναι και η ανάπτυξη συστημάτων μαθηματικού προγραμματισμού για τη διερεύνηση των δυνατοτήτων αναδιάρθρωσης των καλλιεργειών με στόχο την ελαχιστοποίηση της χρήσης νερού. Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για τη διερεύνηση αυτή περιλαμβάνουν παραμέτρους όπως: το κλίμα και οι εδαφολογικές συνθήκες της περιοχής, οι καλλιεργητικές πρακτικές και η υπάρχουσα υποδομή, η διαθεσιμότητα του νερού, η αγρο-

τική πολιτική, η τοπική παράδοση και οι συνθήκες της αγοράς των αγροτικών προϊόντων. Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή αυτού του εργαλείου αποδείχθηκαν πολύ χρήσιμα στις σχετικές προτάσεις των δύο ερευνητικών έργων [5,7].

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η δυνατότητα εξαγωγής λειτουργικών, δηλαδή πρακτικά χρήσιμων, και ορθολογικών, δηλαδή εφαρμόσιμων και αποτελεσματικών συμπερασμάτων κατά τη διαδικασία ανάπτυξης των προτάσεων διαχείρισης υδατικών πόρων προϋποθέτει την αξιοποίηση στο έπακρο όλων των διαχειριστικών εργαλείων που αναπτύσσονται και εφαρμόζονται, σύμφωνα με τα προαναφερθέντα.

Σε ό,τι αφορά τα ίδια τα αποτελέσματα των τεσσάρων επιμέρους ερευνητικών έργων, ισχύουν τα παρακάτω συνοπτικά συμπεράσματα και συνολικές διαπιστώσεις για την ευρύτερη περιοχή έρευνας.

Η ανάλυση του υδατικού ισοζυγίου στις περιοχές του Νομού Χαλκιδικής που διερευνήθηκαν κατέληξε σε δύο βασικές και σε μεγάλο βαθμό κοινές διαπιστώσεις:

- Κατά την τρέχουσα περίοδο υπάρχει μια υπέρβαση κατά περίπου 20% του όγκου των υδατικών πόρων που καταναλώνονται, σε σχέση με αυτούς που πραγματικά απαιτούνται, σύμφωνα με τις ανάγκες των δραστηριοτήτων που αναπτύσσονται. Η διαφορά αυτή εντοπίζεται κυρίως στη χρήση νερού για αγροτικές δραστηριότητες και οφείλεται κατά κύριο λόγο στις μη σύγχρονες και μη αποτελεσματικές μεθόδους μεταφοράς νερού και τις πρακτικές άρδευσης που εφαρμόζονται και οι οποίες περιλαμβάνουν σημαντικά ποσοστά απωλειών.
- Σε ποσοστό 35–50% οι υδατικές ανάγκες, δηλαδή η ζήτηση νερού, ξεπερνούν την υφιστάμενη προσφορά και αναγκαστικά καλύπτονται από μη ανανεώσιμα υδατικά αποθέματα. Αυτή η πρακτική, πέραν του ότι σαφώς απαγορεύεται από την οδηγία 2000/60, είναι προφανώς καταστροφική για τους υδροφορείς και αντίθετη σε κάθε έννοια βιώσιμης ανάπτυξης της ευρύτερης περιοχής.

Από τα παραπάνω καθίσταται προφανές ότι δεν εννοείται διαχειριστική πολιτική χωρίς τον περιορισμό των αντλούμενων ποσοτήτων νερού. Αυτό μπορεί να καταστεί δυνατό με την ταυτόχρονη δράση προς δύο ουσιαστικές κατευθύνσεις. Πρώτα θα πρέπει να εξασφαλιστεί η εφαρμογή - ακόμα και με αστυνόμευση - των επιτρεπόμενων αντλούμενων ποσοτήτων νερού, με βάση τις άδειες διάνοιξης γεωτρήσεων και χρήσης νερού και δεύτερον πρέπει ταυτόχρονα να καθοριστεί ένα συνολικό ανώτατο επίπεδο απολήψεων νερού από τον υδροφορέα, αντίστοιχο των ανανεώσιμων αποθεμάτων του.

Η εφαρμογή, όμως, διαχειριστικής πολιτικής, για να είναι αποτελεσματική, απαιτεί την κοινωνική συναίνεση και την αποδοχή για τη λήψη μέτρων που θα εμπνέουν στους χρήστες του νερού το αίσθημα της δικαιοσύνης.

Τέτοια μέτρα: είναι η εφαρμογή ορθολογικών προγραμμάτων με περιορισμό της άρδευσης κατά τις ώρες με μεγάλες απώλειες, η βελτιστοποίηση των συστημάτων άρδευσης, η αναδιάρθρωση των καλλιεργειών σε λιγότερο υδροβόρες, και η εφαρμογή πολιτικών που προκύπτουν από την οικονομική θεώρηση του νερού, όπως άλλωστε επιβάλλεται και από την οδηγία 2000/60.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Οδηγία 2000/60/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (2000), **Θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων**, Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων L321/1.
2. Λατινόπουλος, Π. (1996). **Υδρογεωλογική έρευνα και ποιοτική διερεύνηση υπόγειων νερών στον κάμπο της Καλαμαριάς του Νομού Χαλκιδικής**, Ερευνητικό πρόγραμμα (Φορέας ανάθεσης: Ν.Α. Χαλκιδικής).
3. Ξεφτέρης, Α. (2000). **Διερεύνηση της ποιοτικής υποβάθμισης των υπόγειων νερών στον κάμπο της Καλαμαριάς με έμφαση στη νιτρούπανση**, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Α.Π.Θ.
4. Latinopoulos, P. and N. Theodossiou, (1998). **Water resources quantity and quality investigations in Halkidiki Peninsula**, International Conference on Protection and Restoration of the Environment IV, 69-75, Sani Halkidiki.
5. Λατινόπουλος, Π. (2003). **Εκπόνηση σχεδίου διαχείρισης υδάτινου δυναμικού για ύδρευση - άρδευση**, Ερευνητικό πρόγραμμα (Φορέας ανάθεσης: Δήμος Μουδανίων).
6. Λατινόπουλος, Π., Ν. Θεοδοσίου, Α. Παπαγεωργίου, Α. Ξεφτέρης, Ε. Φωτοπούλου και Ζ. Μάλλιος, (2003). **Διερεύνηση των υδατικών πόρων στη λεκάνη του Δήμου Μουδανίων Χαλκιδικής**, 9^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ε.Υ.Ε., 401-408, Θεσσαλονίκη.
7. Λατινόπουλος, Π. (2001). **Διερεύνηση και αξιοποίηση των υδατικών πόρων της λεκάνης του Άνω Ανθεμούντα**, Ερευνητικό πρόγραμμα (Φορέας ανάθεσης: Συμβούλιο περιοχής).
8. Latinopoulos, P., N. Theodossiou, Z. Mallios, A. Xefteris and E. Fotopoulou, (2001). **Water resources management in the Upper Anthemountas basin in Chalkidiki**, 1st International Conference on Ecological Protection of the Planet Earth, 25-32, Xanthi.
9. Latinopoulos, P., N. Theodossiou, Z. Mallios, E. Fotopoulou and A. Xefteris, (2000). **Water resources investigation in the Upper Anthemountas basin in Chalkidiki**, International Conference on Protection and Restoration of the Environment V, 83-90, Thassos.
10. Λατινόπουλος, Π., Ν. Παπαχαρίσης, (1997). **Διερεύνηση, αξιοποίηση και διαχείριση των υδατικών πόρων των κοινοτήτων της Σιθωνίας Χαλκιδικής**, Ερευνητικό πρόγραμμα (Φορέας ανάθεσης: Συμβούλιο περιοχής Σιθωνίας).
11. Latinopoulos, P. and N. Theodossiou, (2001). A management framework for the efficient use of surface water resources in Sithonia peninsula (Greece), **Global Nest: The International Journal**, Vol.3, No2, pp. 145-152.
12. Λατινόπουλος Π., Ν. Θεοδοσίου, Ν. Παπαχαρίσης και Ε. Φωτοπούλου, (1997). **Διερεύνηση των υδατικών αναγκών της περιοχής Σιθωνίας Χαλκιδικής**, 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ε.Υ.Ε., 105-112, Πάτρα.
13. M-TECH Software (1998). **Geotechnical Groundwater Graphics v-5.0**, User's Guide.
14. de Marsily, G. (1986). **Quantitative Hydrogeology**, Academic Press.
15. Golden Software Inc. (1999). **Surfer v-7.0**, User's Guide.
16. MapInfo Corporation (2000). **MapInfo Professional v-6.0**, User's Guide.

Π. Λατινόπουλος, Καθηγητής, Τομέας Υδραυλικής και Τεχν. Περιβάλλοντος, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης, Θεσ/νίκη 54124. Τηλ./Fax: +302310995718, +302310995711. E-mail: latin@civil.auth.gr.

Ν. Θεοδοσίου, Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Τομέας Υδραυλικής και Τεχν. Περιβάλλοντος, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης, Θεσ/νίκη 54124. Τηλ.: +302310995660. E-mail: niktheo@eng.auth.gr.

Α. Ξεφτέρης, Δρ Γεωλόγος, Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Χαλκιδικής. Τηλ./Fax.: E-mail: xefteris@civil.auth.gr.

Ζ. Μάλλιος, Πολιτικός Μηχανικός, Υποψήφιος διδάκτωρ, Τομέας Υδραυλικής και Τεχν. Περιβάλλοντος, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης, Θεσ/νίκη 54124. Τηλ.: +302310995628. E-mail: zmallios@civil.auth.gr.

Α. Παπαγεωργίου, Πολιτικός Μηχανικός, Υποψήφιος διδάκτωρ, Τομέας Υδραυλικής και Τεχν. Περιβάλλοντος, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης, Θεσ/νίκη 54124. Τηλ.: +302310995628. E-mail: afrodite@civil.auth.gr.

Ε. Φωτοπούλου, Πολιτικός Μηχανικός, Υποψήφιος διδάκτωρ, Τομέας Υδραυλικής και Τεχν. Περιβάλλοντος, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης, Θεσ/νίκη 54124. Τηλ.: +302310995650. E-mail: lefoto@civil.auth.gr.