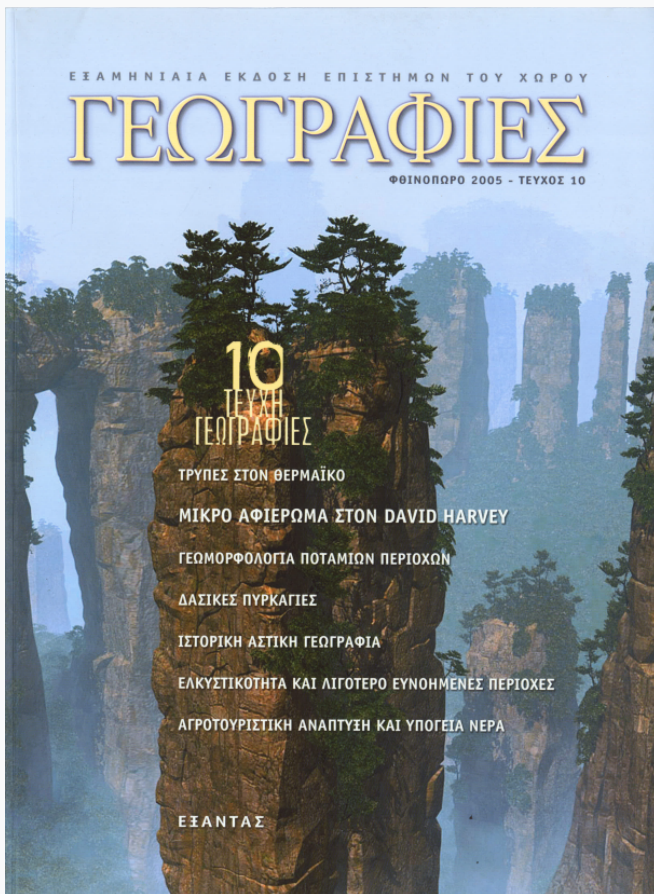


Γεωγραφίες

Αρ. 10 (2005)

Γεωγραφίες, Τεύχος 10, 2005



**ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΤΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ
ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ: ΔΥΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ
ΑΠΟ ΤΗ Ν. ΕΛΛΑΔΑ**

Κώστας Βουδούρης

ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΤΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ: ΔΥΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΝΟΤΙΑ ΕΛΛΑΔΑ

Κώστας Βουδούρης*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των επιπτώσεων της αγροτικής και τουριστικής ανάπτυξης στα παράκτια υδροφόρα συστήματα. Για τον σκοπό αυτόν χρησιμοποιούνται στοιχεία από δύο περιοχές του ελληνικού χώρου: το παράκτιο υδροφόρο σύστημα της ΒΑ Πελοποννήσου και της Β κεντρικής Κρήτης. Κοινό χαρακτηριστικό των δύο περιοχών είναι η σημαντική αύξηση του πληθυσμού σε συνδυασμό με την τουριστική ανάπτυξη και την εντατική γεωργία. Χρησιμοποιούνται δεδομένα ποιότητας υπόγειων νερών, καθώς και πιεζομετρίας. Από την αξιολόγηση αυτών προκύπτει ότι η μη ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων στις ανωτέρω περιοχές έχει οδηγήσει στην ποσοτική μείωση και την ποιοτική υποβάθμισή τους. Οι υπεραντλήσεις και ο αυξανόμενος αριθμός γεωτρήσεων με συνεχώς μεγαλύτερο βάθος έχουν μειώσει το υδραυλικό φορτίο με συνέπεια τη διείσδυση του θαλασσινού νερού. Έτσι, στην παράκτια ζώνη των δύο περιοχών έχουν προκληθεί φαινόμενα υφαλιμύρυνσης των προσχωσιγενών και καρστικών υδροφόρων οριζόντων. Επιπλέον, στην ποιοτική υποβάθμιση συμβάλλουν και η υπερβολική χρήση λιπασμάτων στις καλλιέργειες τα τελευταία χρόνια, η διάθεση αποβλήτων στους ποταμοχειμάρρους και η μετατροπή πολλών πηγαδιών σε βόθρους στις αστικές περιοχές, που αντικατοπτρίζεται στις αυξημένες συγκεντρώσεις ενώσεων του αζώτου. Τέλος, γίνεται εφαρμογή της ανάλυσης SWOT για την αξιολόγηση των επιπτώσεων και επισημαίνεται η ανάγκη εφαρμογής ολοκληρωμένου σχεδίου με στόχο τη βιώσιμη διαχείριση των υπόγειων υδατικών πόρων των περιοχών αυτών.

The Impacts of Agricultural and Tourism Development on Groundwater Sustainability: Two Examples from South Greece

Kostas Voudouris

ABSTRACT

This study deals with the impacts of agricultural and tourism development on coastal aquifer systems. For this purpose research was undertaken from two representative areas of Greece: the coastal area in NE Peloponnese (Prefecture of Korinthia) and the north central part of Crete island. Both areas are characterised by ongoing urbanisation, tourism development and intensive agriculture. Groundwater quality data and water table measurements from both areas were used. The water demands of these areas have increased during the last decades and are mainly covered by groundwater abstracted from the aquifers, via numerous wells and boreholes. As a result, a negative water balance is established in the coastal aquifer systems triggering sea water intrusion, which has negative consequences for the socio-economic development of these areas. A decline of ground water levels has been observed since the 1980s, due to overexploitation in these aforementioned coastal aquifers. In both areas water quality has deteriorated as a consequence of seawater intrusion. Quality deterioration was also detected and attributed to crop over-fertilization and the use of abandoned shallow wells as septic tanks, inducing high nitrate concentrations. Finally, SWOT analysis was applied, and the need to apply an integrated water resources management plan in both areas is pointed out, based on conjunctive use of surface and groundwater.

* Λέκτορας, Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας, Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ, e-mail: kvoudour@geo.auth.gr.

1. Εισαγωγή

Η αναλογία του πληθυσμού που ζει στις πόλεις αυξάνεται σε παγκόσμια κλίμακα συνεχώς, και υπολογίζεται ότι έως το έτος 2010 ο μισός πληθυσμός της Γης (50%) θα είναι κάτοικοι αστικών περιοχών (το αντίστοιχο ποσοστό του έτους 1950 ήταν 30%). Σύμφωνα με τα στοιχεία του FAOSTAT (1997), περισσότερο από τα 2/3 του πληθυσμού της Ευρώπης ζει σε αστικές περιοχές. Η αστικοποίηση αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του ποσοστού του αγροτικού πληθυσμού και την αύξηση του ποσοστού του αστικού και μη αγροτικού πληθυσμού, αντίστοιχα.

Ένα ποσοστό περίπου 40% του παγκόσμιου πληθυσμού ζει σε παράκτιες περιοχές, σε απόσταση μικρότερη των 50 χμ. από την ακτή. Στον ελληνικό χώρο τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται αντίστοιχα μια δημογραφική κατάρρευση των ορεινών περιοχών και συσσώρευση του πληθυσμού στις παράκτιες περιοχές. Πολλές από αυτές τις περιοχές μπορούν να χαρακτηριστούν ως αγροτουριστικά κέντρα, με την έννοια των γεωργικά εκσυγχρονισμένων και τουριστικά ανεπτυγμένων περιοχών, που περιλαμβάνουν έναν δομημένο και οικιστικά συμπυκνωμένο αστικό χώρο.

Η αστικοποίηση σε συνδυασμό με την τουριστική ανάπτυξη και την εντατική γεωργία αύξησαν τις πιέσεις που ασκούνται στους υδατικούς πόρους (Gossling 2001). Η αύξηση του πληθυσμού σε συνδυασμό με την άνοδο του βιοτικού επιπέδου οδήγησε σε αύξηση των υδρευτικών αναγκών. Η τουριστική ανάπτυξη επηρεάζει και επηρεάζεται από το περιβάλλον. Γενικά οι παράκτιες περιοχές της Μεσογείου αποτελούν πόλο έλξης για εκατομμύρια τουρίστες (Allen 2001). Έτσι, αυξάνονται οι πιέσεις στα υπόγεια νερά από την επιπλέον ζήτηση κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, καθιστώντας κρίσιμη την κατάσταση των υπόγειων νερών. Η τουριστική ανάπτυξη αυξάνει τη ζήτηση νερού, δεδομένου ότι οι τουρίστες καταναλώνουν περισσότερο νερό από τους μόνιμους κατοίκους και η ημερήσια κατανάλωση κατ' άτομο στις μεσογειακές χώρες γίνεται 280 λίτρα κατά την τουριστική περίοδο, έναντι 180 λ. των υπόλοιπων κατοίκων (Holden 2000).

Οι αλλαγές στη γεωργία (αναδιάρθρωση με δυναμικές και πολύ απαιτητικές σε νερό καλλιέργειες) οδήγησαν σε αύξηση τόσο των αρδευόμενων εκτάσεων όσο και της κατανάλωσης σε αρδευτικό νερό. Οι πιέσεις από την αστικοποίηση και τις αλλαγές στις χρήσεις γης επιφέρουν φυσικές αλλαγές στο υδρολογικό σύστημα και τη δομή του τοπίου, καθώς και αλλαγές στη χημική σύσταση των νερών και των εδαφών.

Στη Ν. Ελλάδα οι παράκτιοι υδροφορείς έχουν μικρό σχετικά πάχος, λόγω της χαμηλής τοπογραφίας. Επειδή η μεταφορά νερού ανάμεσα σε υδρολογικές λεκάνες δεν είναι πάντα εφικτή, κάθε περιοχή βασίζεται στους δικούς της υδατικούς πόρους. Η αυξανόμενη ζήτηση για την κάλυψη των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών οδηγεί σε εξάρτηση από τα υπόγεια νερά. Λόγω του ότι οι παροχές των ποταμοχειμάρρων επηρεάζονται από τις εποχιακές μεταβολές (την ξηρή περίοδο ελαττώνονται ή μηδενίζονται), τα υπόγεια νερά αποτέλεσαν τον πιο αξιόπιστο υδατικό πόρο, και γι' αυτό αυξήθηκαν προοδευτικά οι απολήψεις υπόγειων νερών σε πολλές περιοχές. Επεμβάσεις στα ποτάμια συστήματα (εγκιβωτισμοί, εκτροπές, αρδευτικά κανάλια) μειώνουν το φυσικό εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων. Η ελάττωση της ελεύθερης επιφάνειας στις αστικές περιοχές λόγω δόμησης μειώνει την απευθείας κατείδυση και συνεπώς το φυσικό εμπλουτισμό των υδροφόρων στρωμάτων.

Σε πολλές περιοχές η υπερεκμετάλλευση των υπόγειων νερών έχει ως αποτέλεσμα να υπερβαίνει ο ρυθμός απολήψεων το ρυθμό φυσικού εμπλουτισμού, και αυτό αποτελεί μια από τις αιτίες θαλάσσιας διείσδυσης στους παράκτιους υδροφόρους ορίζοντες. Η τρωτότητα των υδροφόρων συστημάτων καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τη γεωγραφία και το κλίμα της κάθε περιοχής. Λόγω της γειννίας με τη θάλασσα οι παράκτιοι υδροφόροι ορίζοντες βρίσκονται σε υψηλή διακινδύνευση θαλάσσιας διείσδυσης, όταν η εντατική εκμετάλλευση οδηγεί σε αλλαγές της διεπιφανείας θαλασσινού/γλυκού νερού. Παράλληλα παρατηρείται μια υποβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων και επιφανειακών νερών από τη διάθεση ανεπεξέργαστων οικιακών λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων στους υδάτινους αποδέκτες (Voudouris et al. 2000).

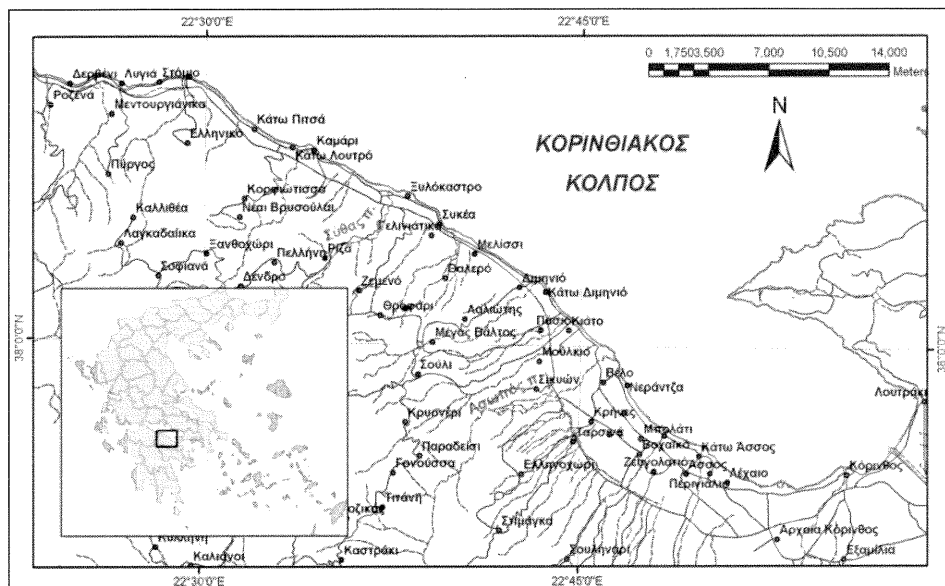
Επιπλέον, είναι πιθανό η συνεχιζόμενη αλλαγή στο βροχομετρικό καθεστώς σε ενδοετήσια και δεκαετή κλίμακα στην περιοχή της Μεσογείου (Croke et al. 2000, Kent et al. 2002, Voudouris et al. 2002, Βουδούρης & Καλλέργης 2002) κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών να αποτελέσει μια μεγάλη απειλή για την προμήθεια νερού στις περιοχές αυτές.

Στην παρούσα εργασία μελετώνται οι επιπτώσεις από την αστικοποίηση και τις αλλαγές στις χρήσεις γης στα παράκτια υδροφόρα συστήματα δύο περιοχών της Ν. Ελλάδας: του ΒΑ τμήματος της Πελοποννήσου (από Κόρινθο μέχρι Δεργβένι) και του Β κεντρικού τμήματος της Κρήτης (διοικητικά όρια των δήμων Γουβών, Χερσονήσου και Μαλίων). Οι περιοχές αυτές χαρακτηρίζονται ως αγροτουριστικά κέντρα με έντονη αστικοποίηση τις τελευταίες δεκαετίες. Στην Κορινθία ο τουρισμός λειτουργεί με τη μορφή παραθερισμού, κυρίως των κατοίκων της πρωτεύουσας, ενώ, αντίθετα, στην Κρήτη έχει τη μορφή μαζικού τουρισμού από τις χώρες της Β. Ευρώπης. Επιπλέον, οι ανωτέρω περιοχές χαρακτηρίζονται από ξηροθερμικό κλίμα που εντείνει τις πιέσεις στα υπόγεια νερά. Μέρος των εργασιών υπαίθρου (μετρήσεις στάθμης υπόγειου νερού, δειγματοληψίες, χημικές αναλύσεις) πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια εκπόνησης ερευνητικών προγραμμάτων από το Εργαστήριο Υδρογεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών (Καλλέργης κ.ά. 1999, 2000, 2002) και το ΕΜΠ (Κουμαντάκης κ.ά. 1999).

2. Γεωγραφικά στοιχεία

2.1. ΒΑ Πελοπόννησος

Η παράκτια ζώνη της ΒΑ Πελοποννήσου από Κόρινθο μέχρι Δεργβένι, στα όρια με το Νομό Αχαΐας, συγκεντρώνει το 73% του συνολικού πληθυσμού του Νομού Κορινθίας (Χάρτης 1). Στην περιοχή αυτή κατοικούν 87.800 κάτοικοι (ΕΣΥΕ 2001) και παρατηρείται μια συνεχής αύξηση τα τελευταία χρόνια (Διάγραμμα 1). Στον Πίν. 1 παρουσιάζονται τα πληθυσμιακά στοιχεία της περιοχής καθώς και τα ποσοστά αύξησης του πληθυσμού ανά δεκαετία. Η αύξηση αυτή αναμένεται να συνεχιστεί, λόγω ηλεκτροκίνησης του τρένου Αθηνών-Πατρών και περαιτέρω εγκατάλειψης της ορεινής ζώνης του νομού. Σύμφωνα με τα στοιχεία του Ελληνικού Οργανισμού Τουρισμού (Γραφείο Υποστήριξης Νομού Κορινθίας), στην παράκτια ζώνη υπάρχουν 34 τουριστικές μονάδες με 2.600 κλίνες, 89 ενοικιαζόμενα δωμάτια και διαμερίσματα με 219 κλίνες, καθώς και 3 κάμπινγκ συνολικής έκτασης 44.000 μ² (Πίν. 3). Τη δεκαετία του



Χάρτης 1.
Τοπογραφικός χάρτης
της ΒΑ Πελοποννήσου

1990 καταγράφεται μείωση των διανυκτερεύσεων των αλλοδαπών και αύξηση των διανυκτερεύσεων των ημεδαπών (Κασίμης κ.ά. 1998). Ο εσωτερικός παραθεριστικός τουρισμός τείνει να αποτελέσει την κυρίαρχη μορφή τουρισμού στην παράκτια ζώνη του Νομού Κορινθίας, με κύριες συγκεντρώσεις παραθεριστικών κατοικιών στις περιοχές Άσσο, Λέχαιο, Βραχάτι, Βέλο, Νεράντζα, Κιάτο, Διμηνίό και Ευλόκαστρο.

Στην περιοχή καλλιεργούνται εσπεριδοειδή, σουλτανίνα και αμπελοειδή, βερίκοκα, ελαιόδενδρα και οπωροκηπευτικά. Με βάση τα στοιχεία της Διεύθυνσης Γεωργίας για το σύνολο του Νομού Κορινθίας, παρατηρείται αύξηση των αρδευόμενων εκτάσεων σε σχέση με τις καλλιεργούμενες, από 25,5% το έτος 1971 σε 41% το έτος 2001.

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης σε υψόμετρο 0 είναι 407 χιλ. και η βροχοβαθμίδα είναι 55 χιλ. ανά 100 μ. Η κατανομή των βροχοπτώσεων είναι άνιση τόσο γεωγραφικά (μείωση από Δ προς Α και από Β προς Ν), όσο και εποχιακά (το 85% των βροχοπτώσεων πέφτει την υγρή περίοδο Οκτωβρίου-Απριλίου). Οι βροχοπτώσεις λαμβάνουν συχνά το χαρακτήρα ραγδαίων βροχών, όπως αυτή που συνέβη στις 12/1/1997 με συνολικό ύψος 24ωρης διάρκειας 301,8 χιλ. (Βουδούρης & Αντωνάκος 2002). Καταγράφονται επίσης και επεισόδια ξηρασίας, όπου παρατηρείται σημαντική μείωση έως και 40% των ετησίων τιμών βροχόπτωσης (Voudouris et al. 2002).

Πίνακας 1.

Εξέλιξη του πληθυσμού στα παράκτια δημοτικά διαμερίσματα της ΒΑ Πελοποννήσου (ΕΣΥΕ 2001)

Δημοτικά Διαμερίσματα	1951	1961	1971	1981	1991	2001
Κόρινθος (σύνολο δήμου)	17.728	15.892	20.773	22.658	27.412	36.555
Άσσο-Λέχαιο (σύνολο δήμου)	3.960	4.084	4.261	5.562	6.470	9.850
Βραχάτι-Ζευγολατιό	6.162	6.402	6.360	7.542	8.205	9.478
Βέλο-Κοκκώνι-Νεράντζα	3.412	3.560	3.619	4.168	4.859	4.951
Κιάτο-Μούλλι-Πιάσιο	7.386	8.375	9.733	10.735	12.463	13.256
Διμηνίό-Μελίσσι	1.297	1.236	1.319	1.507	1.722	2.015
Ευλόκαστρο-Καμάρι	4.772	5.494	5.938	6.196	7.151	6.808
Δερβένι-Λυκοποριά	2.711	2.889	2.526	2.625	3.358	4.855
Σύνολο (ποσοστό αύξησης % ανά 10ετία)	47.428	47.932	54.529	60.993	71.640	87.768
	1%	13,8%	11,8%	17,5%	22,5%	

Πίνακας 2.
Πληθυσμιακά στοιχεία των δήμων της Β κεντρικής Κρήτης (στοιχεία ΕΣΥΕ)

Δήμοι	1951	1961	1971	1981	1991	2001
Μαλίων	3.624	3.586	3.240	5.081	4.510	6.212
Χερσονήσου	4.243	4.037	3.359	5.179	7.404	8.497
Γουβών	2.256	2.889	3.042	4.071	4.918	7.761
Σύνολο (ποσοστό αύξησης % ανά 10ετία)	10.123	10.512	9.641	14.331	16.832	22.470
		-9,0%	48,6%	17,4%	3,8%	33,5%

Πίνακας 3.
Αριθμός ξενοδοχειακών μονάδων και κλινών στις περιοχές έρευνας (ΕΟΤ 2003)

ΒΑ παράκτια Πελοπόννησος	Αριθμός ξενοδοχειακών μονάδων	Αριθμός κλινών*	Β κεντρική Κρήτη (δήμος)	Αριθμός μονάδων	Ενοικιαζόμενα δωμάτια	Συνολικός αριθμός κλινών
Κόρινθος	7	456	Γουβών	101	1.182	2.380
Ίσθμια	2	458	Χερσονήσου	202	2.352	5.565
Λέχαιο	2	223	Μαλίων	314	3.574	8.235
Άσσοι	1	27				
Βραχάτι	1	66				
Κοκκώσι	2	152				
Νεράντζα	1	48				
Κιάτο	3	157				
Μελίσσι	2	188				
Λυκοποριά	1	26				
Ευλόκαστρο	11	785				
Δερβέσι	1	13				
Σύνολο	34	2.600		617	7.108	16.180

* Επιπλέον υπάρχουν 89 ενοικιαζόμενα δωμάτια και διαμερίσματα με 219 κλίνες.

2.2. Βόρεια κεντρική Κρήτη

Η παράκτια ζώνη έρευνας στη Β κεντρική Κρήτη καλύπτει τα διοικητικά όρια των Δήμων Γουβών, Χερσονήσου και Μαλίων (Χάρτης 2). Η εξέλιξη του πληθυσμού φαίνεται στον Πίν. 2 και το Διάγραμμα 1. Τη δεκαετία του 1960 παρατηρείται μια σημαντική μείωση του πληθυσμού (9%), ενώ από την επόμενη δεκαετία και μετά καταγράφεται μια ραγδαία αύξηση του πληθυσμού (33,5% μεταξύ των ετών 1991 και 2001). Ο πληθυσμός τους θερινούς μήνες τετραπλασιάζεται λόγω της μαζικής άφιξης τουριστών. Ο συνολικός αριθμός των κλινών σε ξενοδοχειακές μονάδες και ενοικιαζόμενα δωμάτια στους Δήμους Γουβών, Χερσονήσου και Μαλίων σύμφωνα με τον ΕΟΤ (Διεύθυνση Τουρισμού Κρήτης, στοιχεία 2003) είναι 2.380, 5.565 και 8.235 αντίστοιχα (Πίν. 3). Η πληρότητα κυμαίνεται σε ποσοστό 85% τους μήνες Ιούνιο και Σεπτέμβριο και 120% τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, ενώ τους χειμερινούς μήνες κυμαίνεται από 13% (Νοέμβριος) έως 44% (Απρίλιος). Οι αλλοδαποί τουρίστες επισκέπτονται την περιοχή με οργανωμένα ταξίδια, μέσω πτήσεων charters. Η διάρκεια παραμονής τους κυμαίνεται από 6 έως 9 ημέρες.

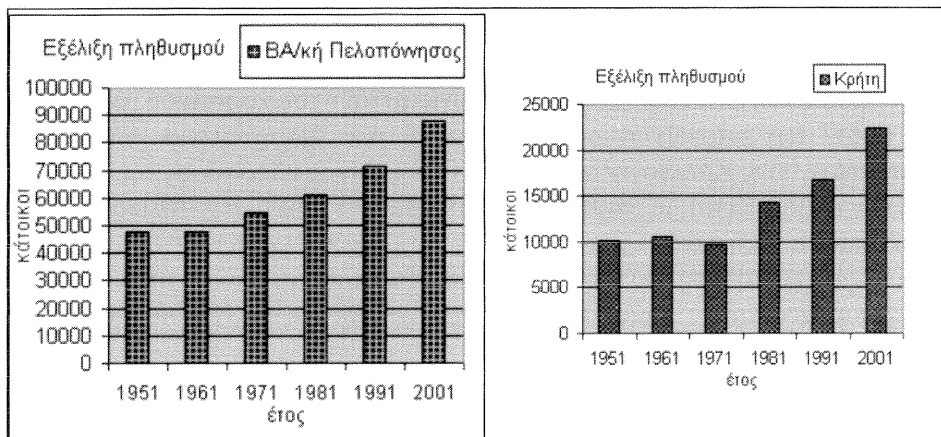
Στην περιοχή καλλιεργούνται κυρίως ελαιόδενδρα, αμπέλια, λαχανικά, πατάτες, μπανάνες θερμοκηπίου και γαρίφαλα. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό Ηρακλείου ανέρχεται σε 453 χιλ. και αυξάνεται κατά 61 χιλ. ανά 100 μ. (Καλλέργης κ.ά. 2002). Ποσοστό 92,3% του ετησίου ύψους βροχόπτωσης πέφτει την υγρή περίοδο Οκτωβρίου-Απριλίου.

3. Γεωλογία - υπόγειοι υδροφορείς

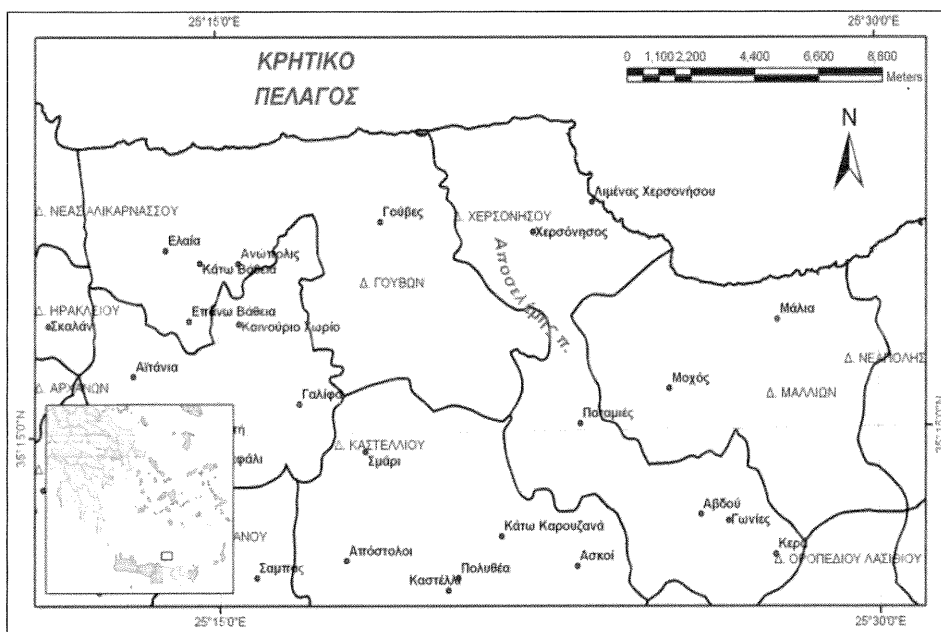
3.1. ΒΑ Πελοπόννησος

Γεωλογικά η περιοχή της ΒΑ Πελοποννήσου καλύπτεται από μεταλλικά κλαστικά ιζήματα. Οι Τεταρογενείς σχηματισμοί αντιπροσωπεύονται από παράκτιες αποθέσεις άμμων, ποταμοχερσαίες αποθέσεις, θαλάσσιες αποθέσεις Τυρρηνίας ηλικίας, πλευρικά κορημάτα και κώνους κορημάτων, ποτάμιες αναβαθμίδες και σύγχρονες προσχώσεις. Στην παράκτια ζώνη επικρατούν οι λεπτομερείς σχηματισμοί αργιλικής, πηλιτικής και ιλυοαργιλικής σύστασης. Οι Πλειο-πλειστοκαινικές αποθέσεις (μάργες, μαργαϊκά κροκαλοπαγή με ενστρώσεις μαργών και ψαμμιτών, κροκαλοπαγή) αναπτύσσονται στην ημιλοφώδη ζώνη παράλληλα προς τις ακτές (Κουμαντάκης κ.ά. 1999).

Τα αδρομερή υλικά των Τεταρογενών και Πλειο-πλειστοκαινικών αποθέσεων φιλοξενούν τους σημαντικότερους υδροφόρους ορίζοντες. Οι κύριοι υδροφορείς των Τεταρογενών αποθέσεων αναπτύσσονται κυρίως στις εξόδους των λεκανών των ποταμοχειμάρρων (Ασωπού, Σύθα κ.λπ.). Από υδρογεωλογική άπο-



Διάγραμμα 1.
Εξέλιξη του πληθυσμού στις περιοχές έρευνας



Χάρτης 2.
Τοπογραφικός χάρτης της Β κεντρικής Κρήτης

ψη, στην περιοχή εμφανίζεται ένας φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας υπερχείμενος πολλαπλών υπό πίεση υδροφόρων. Παρά την ετερογένεια, λόγω της λιθολογίας το υδροφόρο σύστημα θεωρείται ενιαίο. Στον Πίν. 4 παρουσιάζονται συνοπτικά τα κυριότερα χαρακτηριστικά των υδροφόρων. Η τροφοδοσία του υδροφόρου συστήματος γίνεται από την κατείδυση νερού της βροχής, τις διηθήσεις κατά μήκος των χειμάρρων και τις πλευρικές υπόγειες μεταγίσεις από τα ανάντη όρια.

3.2. Βόρεια κεντρική Κρήτη

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που δομούν την περιοχή της Β κεντρικής Κρήτης διακρίνονται σε (Lambrakis & Kallergis 2001, Καλλέργης κ.ά. 1999 & 2000): πλακώδεις ασβεστόλιθους της ενότητας Κρήτης-Μάνης, φυλλίτες-χαλαζίτες, ασβεστόλιθους, δολομίτες και φλύσχη της ενότητας Τρίπολης, και τέλος Μεταλπικούς σχηματισμούς (Μειοκαινικοί ασβεστόλιθοι, μάργες και Τεταρογενείς αποθέσεις).

Από τους παραπάνω γεωλογικούς σχηματισμούς υδροπερατοί είναι οι πλακώδεις ασβεστόλιθοι, οι ασβεστόλιθοι της ενότητας Τρίπολης, οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και οι Τεταρογενείς αποθέσεις. Οι κύριοι υδροφόροι στην περιοχή (Πίν. 4) είναι ο καρστικός που φιλοξενείται στους ασβεστολίθους, ο υδροφόρος των μαργαϊκών ασβεστολίθων και ο υδροφόρος των Τεταρογενών αποθέσεων. Διαπιστώνεται υδραυλική επικοινωνία μεταξύ του καρστικού υδροφορέα και αυτού των μαργαϊκών ασβεστολίθων ή των Τεταρογενών αποθέσεων (Lambrakis 1998, Καλλέργης κ.ά. 2002). Ο καρστικός υδροφόρος της περιοχής Μαλίων εκφορτίζεται με υποθαλάσσιες υφάλμυρες πηγές, π.χ. Αλμυρός Μαλίων, Γραμματικάκη κ.ά. Η τροφοδοσία των καρστικών ενοτήτων γίνεται απευθείας από την κατείδυση του νερού των βροχοπτώσεων και από τη διήθηση νερών του ποταμοχειμάρρου Αποσελέμη στην περιοχή Γούβες και Χερσόνησος.

4. Εκμετάλλευση των υπόγειων υδατικών πόρων – επιπτώσεις

Όπως προαναφέρθηκε, οι κύριοι υδροφορείς στις περιοχές έρευνας είναι αυτοί των Τεταρογενών αποθέσεων, που αναπτύσσονται κυρίως στις εξόδους των λεκανών των ποταμοχειμάρρων, και οι καρστικοί, που αναπτύσσονται στα

Πίνακας 4.

Χαρακτηριστικά των υδροφόρων οριζόντων: D =παχός υδροφόρου (m),
 Q =παροχή γεωτρήσεων (m^3/h), T =μεταβιβαστικότητα (m^2/d)

Περιοχή	Είδος υδροφόρου οριζοντα	Χαρακτηριστικά
ΒΑ Πελοπόννησος	Τεταρογενών αποθέσεων	$D=30-70$ m $Q=5-70$ m^3/h $T=2.10^1-9.10^2$ m^2/d
Κρήτη	καρστικός (ασβεστόλιθοι ενότητας Τρίπολης)	$D>50$ m $Q=20-80$ m^3/h $T=10^2-10^4$ m^2/d
	μαργαϊκών ασβεστολίθων	$D=30$ m $Q=15-50$ m^3/h $T=2,5.10^2-10^3$ m^2/d
	Τεταρογενών αποθέσεων	$D<20$ m $Q=5-20$ m^3/h $T=2,5.10^2-10^3$ m^2/d

ανθρακικά ιζήματα και των οποίων η εκμετάλλευση άρχισε τα τελευταία χρόνια στην περιοχή της Κρήτης.

Η κάλυψη των υδατικών αναγκών για όλες τις χρήσεις γίνεται κυρίως από την εκμετάλλευση των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων. Στην περιοχή της ΒΑ Πελοποννήσου μέρος των αρδευτικών αναγκών καλύπτεται από την αξιοποίηση των επιφανειακών νερών του ποταμού Ασωπού. Συγκεκριμένα, έχει κατασκευαστεί φράγμα εκτροπής απ' όπου το νερό μεταφέρεται με αρδευτικά κανάλια σε όλη την περιοχή από το Κιάτο μέχρι την Κόρινθο (λεκάνη Βόχας). Στην περιοχή αυτήν εφαρμόζεται παραδοσιακά ο τεχνητός εμπλουτισμός των υδροφόρων με τη μέθοδο της κατάκλισης, χρησιμοποιώντας το νερό των χειμερινών απορροών του ποταμού Ασωπού. Η ποσότητα αυτή ετησίως εκτιμάται σε $14 \times 10^6 \mu^3$ (Panagoroulos et al. 2002).

Οι αρνητικές συνέπειες από την υπερεκμετάλλευση των υδροφόρων σχετίζονται με:

α) Την εξάντληση του φρεάτιου υδροφόρου ορίζοντα

Η εντατική εκμετάλλευση του υδροφόρου ορίζοντα γίνεται με μεγάλο αριθμό γεωτρήσεων. Τη δεκαετία του 1970 η εκμετάλλευση γινόταν με πηγάδια, αλλά λόγω της εξάντλησης του φρεάτιου ορίζοντα άρχισε η ανόρυξη γεωτρήσεων με όλο και μεγαλύτερο βάθος για την εκμετάλλευση των βαθύτερων οριζόντων. Στην περιοχή έρευνας της Πελοποννήσου ο αριθμός των νόμιμων και παράνομων γεωτρήσεων και πηγαδιών εκτιμάται σε 6.000, ενώ στην περιοχή της Κρήτης υπερβαίνει τα 600. Σε πολλά πηγάδια έγινε ανόρυξη γεώτρησης μεγαλύτερου βάθους, ενώ στις αστικές περιοχές πολλά εξ αυτών μετατράπηκαν σε βόθρους για τη διάθεση των οικιακών λυμάτων.

β) Την ταπείνωση της στάθμης του υπόγειου νερού

Το υδρολογικό έτος στη Ν. Ελλάδα αρχίζει από τον Οκτώβριο και διαρκεί έως το τέλος του Σεπτεμβρίου της επόμενης χρονιάς. Οι χαμηλότερες στάθμες καταγράφονται στο τέλος της ξηρής περιόδου (το μήνα Οκτώβριο).

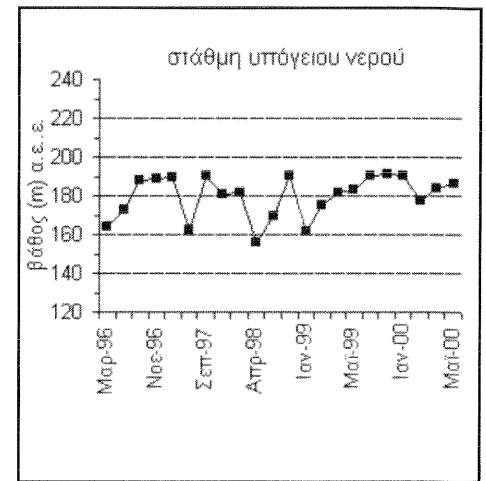
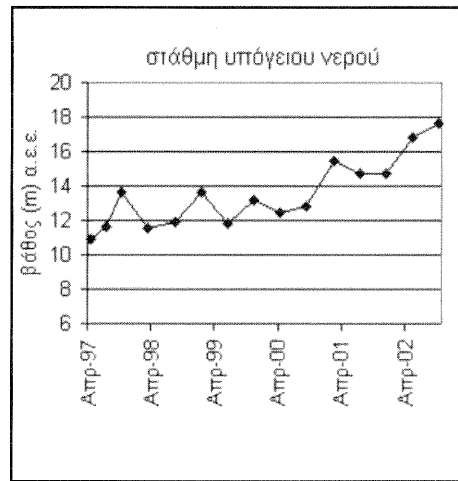
Στο Διάγραμμα 2 παρουσιάζεται η διακύμανση της στάθμης του υπόγειου νερού όπως μετρήθηκε σε δύο γεωτρήσεις των περιοχών έρευνας. Σε παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας σε συνδυασμό με τις αυξημένες αντλήσεις παρατηρείται συνεχής πτώση, λόγω «συσσωρευμένου» ελλείμματος, όπως φαίνεται στην περίπτωση του υδροφορέα του ΒΑ τμήματος της Πελοποννήσου (Διάγραμμα 2α).

Οι Croke et al. (2000) εφαρμόζοντας κατάλληλα μοντέλα εκτιμούν ότι μια μείωση της ετήσιας βροχοπτώσης στην Κρήτη από 588 χιλ. σε 435 χιλ. έως το έτος 2050 θα επιφέρει πτώση στάθμης του υπόγειου νερού κατά 10 μ. στην πεδιάδα της Μεσσαράς, στο Ν κεντρικό τμήμα της Κρήτης.

Σύμφωνα με τον Houghton (1997), σε παγκόσμια κλίμακα η θερμοκρασία αυξήθηκε κατά $0,5^\circ\text{C}$ τον περασμένο αιώνα, παράλληλα με την αύξηση των αερίων θερμοκηπίου. Με βάση τα γενικά ατμοσφαιρικά μοντέλα κυκλοφορίας (GCM) προβλέπεται μια μείωση της βροχοπτώσης της τάξης του 10% στην περιοχή της Μεσογείου, καθώς και μια αύξηση της εμφάνισης ακραίων θερμοκρασιών. Η αύξηση της στάθμης της θάλασσας εκτιμάται σε 5 εκ./10ετία (Lambrakis & Daskalaki 1999). Στην περιοχή της Κρήτης ο αριθμός των ημερών βροχοπτώσης την περίοδο 1976-1998 έχει μειωθεί σε σχέση με την περίοδο 1955-1975, και επιπλέον παρατηρείται μια τάση μείωσης των ετησίων υψών βροχοπτώσης, η οποία όμως δεν είναι στατιστικά σημαντική (Βουδούρης & Καλλέργης 2002). Παρά το ότι οι προβλέψεις για την πορεία των κλιματικών

Διάγραμμα 2.

Διακύμανση της στάθμης του υπόγειου νερού στις περιοχές έρευνας: α) από τον αλλουβιακό υδροφορέα της ΒΑ Πελοποννήσου, και β) από τον καρστικό υδροφορέα Κρήτης (Μάλια)



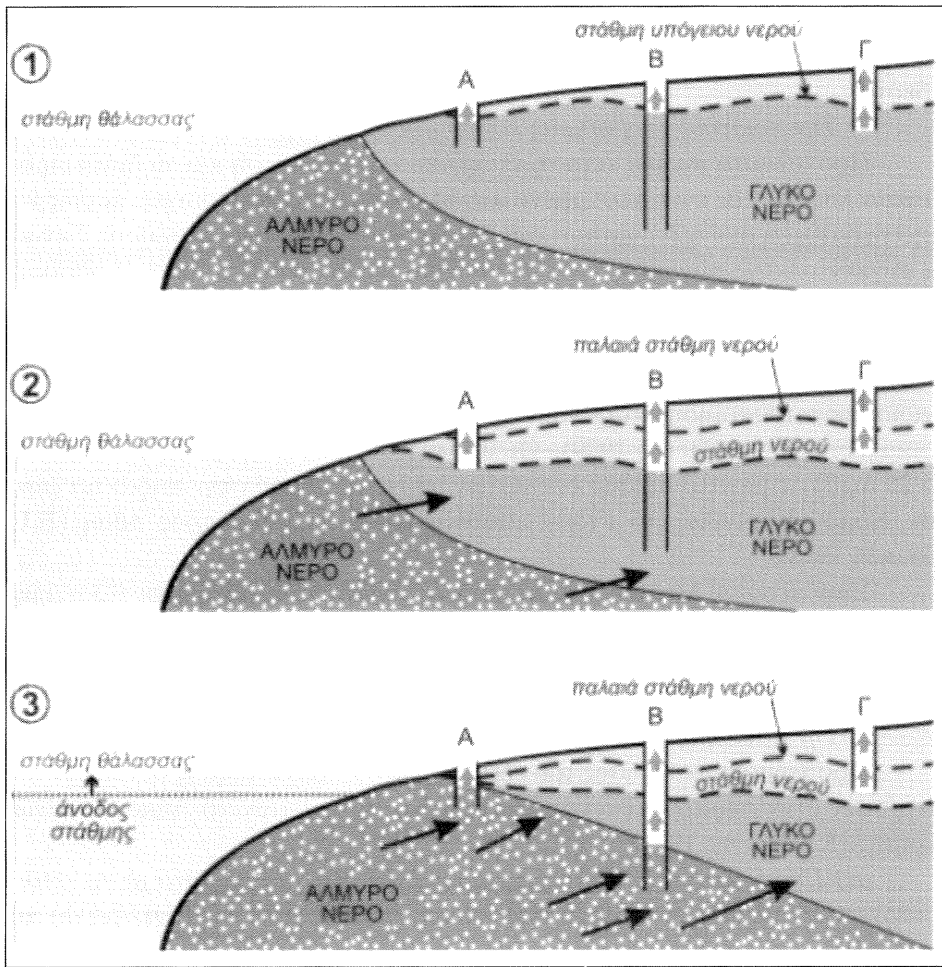
φαινομένων εμφανίζουν αστάθεια, το βέβαιο είναι ότι η πτώση της στάθμης του υπόγειου νερού θα συνεχιστεί τον 21ο αιώνα. Αυτό θα έχει σοβαρές επιπτώσεις στη διαχείριση των υδατικών πόρων (Arnell 1999, Chartzoulakis & Psarras 2004). Τέλος, μια πιθανή μείωση της χιονόπτωσης λόγω αύξησης της θερμοκρασίας του αέρα θα έχει ως συνέπεια τη μείωση του φυσικού εμπλουτισμού των υδροφόρων οριζόντων, τη μείωση της παροχής των πηγών και τη μείωση της επιφανειακής απορροής των υδρογραφικών δικτύων (Kent et al. 2002).

γ) Τη θαλάσσια διείσδυση και υφαλμύρυνση των υπόγειων νερών

Οι έντονες αντλήσεις στις παράκτιες περιοχές ελαττώνουν ή αναστρέφουν τη φυσική υδραυλική βαθμίδα προς τη θάλασσα, με συνέπεια τη διείσδυση του θαλασσινού νερού προς την ενδοχώρα. Στο Διάγραμμα 3 φαίνεται ένα εννοιολογικό μοντέλο της θαλάσσιας διείσδυσης ως αποτέλεσμα της υπεράντλησης των παράκτιων υδροφόρων οριζόντων. Στο (1) απεικονίζεται η βιώσιμη κατάσταση, όπου ο φυσικός εμπλουτισμός είναι αρκετός να ικανοποιήσει τις ανάγκες λόγω άντλησης των γεωτρήσεων και πηγαδιών. Στο (2) λόγω της υπερεκμετάλλευσης παρατηρείται πτώση της στάθμης του υπόγειου νερού και μερική διείσδυση της θάλασσας. Καθώς η υπερεκμετάλλευση συνεχίζεται (3), σε συνδυασμό με την πιθανή άνοδο της στάθμης της θάλασσας, λόγω των αναμενόμενων κλιματικών αλλαγών, προκαλείται επιπλέον προέλαση του θαλασσινού νερού, έως ότου επιτευχθεί μια νέα ισορροπία.

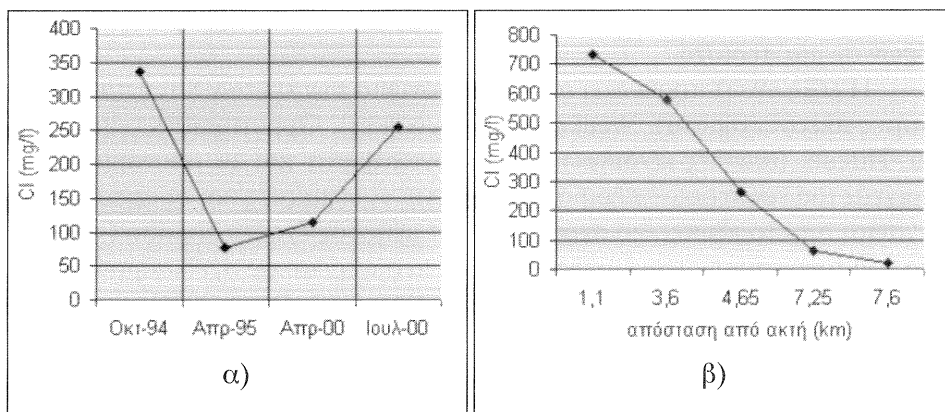
Προβλήματα υφαλμύρυνσης στη ΒΑ Πελοπόννησο έχουν καταγραφεί, με βάση τις υφιστάμενες έρευνες (Panagopoulos et al. 2001, Stamatis & Vou-douris 2003), στις περιοχές Λέχαιο, Βραχάτι, Εξαμίλια, Μελίσσι και Καμάρι. Στην περιοχή της Κρήτης έχει επηρεαστεί από τη διείσδυση της θάλασσας ο υδροφορέας των μαργαϊκών ασβεστολίθων, καθώς και ο καρστικός υδροφορέας σε απόσταση 4,5 χμ. από την ακτή στην περιοχή Χερσονήσου (τοποθεσία ΣΕΑΠ, Διάγραμμα 4β) και ως τη θέση Κόξαρη στο Δήμο Γουβών (Lambrakis & Kallergis 2001). Η περιεκτικότητα των χλωριόντων στον καρστικό υδροφορέα της περιοχής Μάλίων εμφανίζει αυξημένες τιμές (350 mg/l) στο τέλος των ξηρών περιόδων, λόγω υπερεκμετάλλευσης (Lambrakis 1998, Καλλέργης κ.ά. 2000).

Στο Διάγραμμα 4 φαίνεται η διαχρονική κύμανση των χλωριόντων σε γεώτρηση ανορυγμένη στον καρστικό υδροφορέα της περιοχής Μάλίων, καθώς και η χωρική τους διακύμανση σε σχέση με την απόσταση από την ακτή. Γενικά παρατηρείται μία τάση αύξησης της αλατότητας κατά τη μετάβαση από τις ορεινές περιοχές εμπλουτισμού προς την ακτή.



Διάγραμμα 3.
 Σχηματική αναπαράσταση της υφαλιύρυνσης παράκτιων υδροφόρων (από Kent et al. 2002 με τροποποιήσεις)

Η μακροχρόνια χρήση υφάλμυρου νερού για άρδευση ευαίσθητων καλλιιεργειών έχει αρνητικές επιπτώσεις στο έδαφος και τα φυτά. Λόγω της συσσώρευσης νατρίου προκαλείται αποκροκίδωση του εδάφους με συνέπεια τη μείωση της υδροπερατότητας και της γονιμότητας (Σταμάτης κ.ά. 2001). Η πτώση της στάθμης του υπόγειου νερού στους παράκτιους υδροφόρους ορίζοντες προκαλεί αλάτωση των γλυκών νερών και υποβάθμιση των οικοσυστημάτων. Οι Καλλέργης κ.ά. (1997) υπολόγισαν ότι ο χρόνος απορρύπανσης στην περιοχή Γουβών ανέρχεται σε 800 χρόνια, με την προϋπόθεση της πλή-



Διάγραμμα 4.
 α) Χρονική διακύμανση της περιεκτικότητας χλωριόντων στον καρστικό υδροφόρο Κρήτης, τοποθεσία Καφούρο, περιοχή Μαλίων,
 β) Χωρική διακύμανση της περιεκτικότητας χλωριόντων σε σχέση με την απόσταση από την ακτή στην περιοχή Χερσονήσου

ρους διακοπής των αντλήσεων. Ο χρόνος απορρύπανσης μπορεί να μειωθεί με την εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού με νερό πλούσιο σε ανταλλάξιμο ασβέστιο.

δ) Την ποιοτική υποβάθμιση λόγω νιτρορύπανσης

Προκαλείται κυρίως από τη γεωργική εκμετάλλευση και τη διάθεση οικιακών λυμάτων σε εγκαταλειμμένα πηγάδια στις αστικές περιοχές, καθώς και από τη διάθεση ανεπεξέργαστων αποβλήτων στους ποταμοχειμάρρους. Γενικά οι συγκεντρώσεις των νιτρικών είναι αυξημένες σε περιοχές όπου ο υδροφόρος είναι σε μικρό βάθος, λόγω εντατικής χρήσης λιπασμάτων (Αρχαία Κόρινθος και Ζευγολατιό στην Κορινθία). Το πλέον χρησιμοποιούμενο λίπασμα στις καλλιεργούμενες περιοχές είναι το θειικό αμμώνιο $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Με τη διαδικασία της νιτροποίησης παρουσία οξυγόνου το αμμώνιο μετατρέπεται σε νιτρικά (Freeze & Cherry 1979). Οι υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων ($>25 \text{ mg/l}$) σε μεγάλο αριθμό δειγμάτων υπόγειου νερού στην παράκτια ζώνη του Νομού Κορινθίας το έχουν καταστήσει ακατάλληλο προς πόση (E.U. Council 1998).

Στην περιοχή Μαλίων η διασπορά νιτρικών υπολογίστηκε σε 0,3 μ./ημέρα (Lambrikis 1998), ενώ ο χρόνος απορρύπανσης μετά την πλήρη διακοπή της λίπανσης στον παράκτιο υδροφορέα της Κορινθίας υπολογίστηκε σε 16 έτη (Voudouris et al. 2004).

ε) Την καθίζηση του εδάφους

Προβλήματα καθίζησης του εδάφους λόγω υπεράντλησης δεν έχουν καταγραφεί στην περιοχή έρευνας, παρά μόνο στον γειτονικό Δήμο Αρχαίων Κρήτης (Καλλέργης 1971).

στ) Περιβαλλοντικά προβλήματα σε άλλα υδατικά σώματα με τα οποία υπάρχει υδραυλική επικοινωνία (υγρότοποι, επιφανειακά νερά, στείρευση πηγών κ.ά.)

Επιπλέον, εκτός από τα ανωτέρω υπάρχουν και οικονομικές συνέπειες, όπως είναι η αδρανοποίηση πολλών υδρομαστευτικών έργων μικρού βάθους λόγω της πτώσης της στάθμης του υπόγειου νερού και η αύξηση του κόστους εκμετάλλευσης, λόγω κατασκευής βαθύτερων γεωτρήσεων και άντλησης του υπόγειου νερού από μεγαλύτερο βάθος.

5. Ανάλυση SWOT

Η ανάλυση SWOT είναι μια τεχνική που αξιολογεί τις επιπτώσεις και μπορεί να βοηθήσει στη χάραξη της βέλτιστης πολιτικής για τη διαχείριση των υδατικών πόρων σε μια περιοχή.

Η λέξη SWOT προκύπτει από τα ακρονύμια των λέξεων Strengths (δυνατότητες-πλεονεκτήματα), Weaknesses (αδυναμίες), Opportunities (ευκαιρίες) και Threats (απειλές-κίνδυνοι). Τα πλεονεκτήματα και οι αδυναμίες είναι στοιχεία του εσωτερικού περιβάλλοντος, ενώ οι ευκαιρίες και οι απειλές προέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον. Η μέθοδος έχει εφαρμοστεί στον τομέα του τουριστικού, επιχειρηματικού και περιφερειακού σχεδιασμού, καθώς και στη διαχείριση των υδατικών πόρων (AHRD 2001, Baser 2001).

Σύμφωνα με τους Βαγιάννη κ.ά. (2003), η ανάλυση SWOT είναι η καταλληλότερη μέθοδος ex ante αξιολόγησης, επειδή αποτελεί μεθοδολογικό εργαλείο τόσο για την ανάλυση όσο και για το σχεδιασμό. Η διαδικασία εφαρμο-

γής της μεθόδου περιλαμβάνει σχηματικά τα κάτωθι στάδια (Hill & Westbrook 1997, European Commission 1999): καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης στην περιοχή έρευνας, διερεύνηση των πιθανών δράσεων για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που εντοπίστηκαν, ανάλυση των ευκαιριών και απειλών που προέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον, ανάλυση των πλεονεκτημάτων και των αδυναμιών του συστήματος και, τέλος, κατηγοριοποίηση των προτεινόμενων δράσεων.

Με βάση τις πιέσεις που ασκούνται στους υδατικούς πόρους, το υφιστάμενο καθεστώς εκμετάλλευσης, το υδατικό δυναμικό, καθώς και τα προβλήματα και τις προοπτικές που καταγράφηκαν και προαναφέρθηκαν, τα κυριότερα χαρακτηριστικά σύμφωνα με την ανάλυση SWOT στις περιοχές έρευνας συνοψίζονται στα εξής:

Δυνατότητες (Strengths)

- Μεγάλες ποσότητες νερού από τις επιφανειακές χειμερινές απορροές, κυρίως στην Πελοπόννησο, που παραμένουν ανεκμετάλλευτες
- Διαθεσιμότητα επεξεργασμένων λυμάτων από μονάδες βιολογικού καθαρισμού
- Ευνοϊκές συνθήκες εφαρμογής τεχνητού εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφορέων
- Ύπαρξη επίκαιρων υδρογεωλογικών μελετών για τις περιοχές έρευνας.

Αδυναμίες (Weaknesses)

- Η αιχμή της ζήτησης συμβαίνει το θέρος, οπότε η προσφορά νερού είναι μικρή
- Συνεχής αύξηση της ζήτησης με συνέπεια την πτώση της στάθμης του υπόγειου νερού λόγω αύξησης των απολήψεων
- Απουσία έργων υποδομής για την αξιοποίηση των επιφανειακών και πηγαίων νερών
- Παλαιωμένα δίκτυα μεταφοράς νερού που οδηγούν σε μεγάλες απώλειες
- Έλλειψη μονάδων επεξεργασίας οικιακών λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων (κυρίως αποβλήτων ελαιουργείων) σε πολλούς παράκτιους δήμους
- Μη ικανοποιητικό επίπεδο ενημέρωσης των αγροτών στην εφαρμογή των βέλτιστων πρακτικών στη γεωργία (συστήματα άρδευσης, τρόπος λίπανσης)
- Μη συστηματική παρακολούθηση (monitoring) των ποιοτικών και ποσοτικών παραμέτρων των υπόγειων και επιφανειακών νερών (φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, στάθμη υπόγειου νερού κ.λπ.)
- Ανεπαρκής τιμολογιακή πολιτική και έλλειψη οικονομικών κινήτρων για την αποτελεσματική χρήση του νερού.

Ευκαιρίες (Opportunities)

- Υποχρεωτική εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60/Ε.Κ. για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων
- Σύνταξη και προώθηση από το Υπουργείο Γεωργίας του Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής για την προστασία των νερών από τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης

- Σχεδιασμός κατασκευής μικρών φραγμάτων ανάσχεσης και εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφορέων στη ΒΑ Πελοπόννησο
- Σχεδιασμός υλοποίησης χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων και μονάδων βιολογικού καθαρισμού των οικιακών λυμάτων, αξιοποιώντας ευρωπαϊκά προγράμματα.

Απειλές (Threats)

- Τάσεις στην τουριστική πολιτική για την κατασκευή γηπέδων γκολφ, ιδίως στην Κρήτη, με μεγάλες απαιτήσεις σε νερό
- Τάση στη γεωργία για αναδιάρθρωση με δυναμικές και υδροβόρες καλλιέργειες
- Αδυναμίες της εθνικής πολιτικής στον τομέα των υδάτων (θεσμικό πλαίσιο, διοίκηση)
- Κλιματικές αλλαγές που θα οδηγήσουν σε άνοδο της στάθμης της θάλασσας, με αποτέλεσμα την προέλασή της στην ενδοχώρα.

6. Βιώσιμη διαχείριση των υπόγειων νερών

Η βιώσιμη διαχείριση των υπόγειων νερών προϋποθέτει την ελαχιστοποίηση των πιθανών αρνητικών συνεπειών, με συνέπεια να μπορούν να αξιοποιηθούν σε ικανοποιητικό βαθμό για μια μακρά περίοδο. Με βάση και την ανάλυση SWOT, για να επιτευχθεί η βιώσιμη διαχείριση των υπόγειων υδροφόρων συστημάτων στις περιοχές έρευνας απαιτούνται αποφάσεις για τη διαχείριση των υδατικών πόρων, που σχετίζονται με τον εμπλουτισμό των υδροφόρων οριζώντων, τις απολήψεις και την ποιότητα του νερού.

Εμπλουτισμός

Στους υδροφόρους που έχουν υποστεί εξάντληση ενδείκνυται ο τεχνητός εμπλουτισμός με τη χρήση των νερών των χειμερινών χειμαρρικών απορροών. Η εφαρμογή του τεχνητού εμπλουτισμού στον παράκτιο υδροφόρο της ΒΑ Πελοποννήσου με ετήσιο όγκο νερού $3,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ θα αυξήσει τα υπόγεια αποθέματα και θα βελτιώσει την ποιότητα των υπόγειων νερών (Κουμαντάκης κ.ά. 1999). Ο τεχνητός εμπλουτισμός μπορεί να γίνει μέσω γεωτρήσεων ή πηγαδιών σε επιλεγμένες θέσεις με υψηλή υδροπερατότητα.

Στην περιοχή της Κρήτης η αξιοποίηση των χειμερινών απορροών με την κατασκευή κατάλληλων έργων για τον εμπλουτισμό του καρστικού υδροφόρου είναι η μόνη δυνατή λύση που προσφέρεται για την επιβράδυνση της εξάντλησης των αποθεμάτων υπόγειου νερού και της ποιοτικής υποβάθμισης λόγω υπαλυμύρυνσης, καθώς και την ανάκαμψη των υδροφορέων όπως επιτάσσει η Οδηγία 2000/60 της Ε.Ε.

Η προστασία της δασικής βλάστησης και η κατασκευή μικρών φραγμάτων ανάσχεσης στην ημιλοφώδη περιοχή και ορεινών υδρονομικών έργων, πέρα από την αντιπλημμυρική προστασία, θα συμβάλει και στο φυσικό εμπλουτισμό των υδροφορέων, αφού θα μειωθεί ο χρόνος που απαιτείται για να καταλήξουν τα επιφανειακά νερά στη θάλασσα.

Απολήψεις

Η μείωση των απολήψεων για την κάλυψη κυρίως των αρδευτικών αναγκών μπορεί να επιτευχθεί με την αλλαγή των συστημάτων άρδευσης σε πιο οικονομικά (στάγδην συστήματα), καθώς και αλλαγή των υδροβόρων καλλιεργειών. Ένα αμφιλεγόμενο μέτρο τουριστικής πολιτικής, ειδικά στην περιοχή της Κρήτης, είναι η ανάπτυξη γηπέδων γκολφ, επειδή απαιτούν μεγάλες ποσότητες νερού και λιπασμάτων για τη συντήρηση του γρασιδιού (Royle 1996, Marwick 2000).

Η χρήση επεξεργασμένων λυμάτων θα συμβάλει σημαντικά στην εξοικονόμηση υπόγειου νερού. Ήδη στην περιοχή του Δήμου Χερσονήσου της Κρήτης τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται τα επεξεργασμένα λύματα του βιολογικού καθαρισμού (3.000 μ³/ημέρα με προοπτική 5.000-6.000 μ³/ημέρα) για την κάλυψη μέρους των αρδευτικών αναγκών, κυρίως ελαιόδενδρων (Chartzoulakis et al. 2001).

Η αντικατάσταση των παλαιωμένων δικτύων ύδρευσης για τη μείωση των απωλειών και η εκμετάλλευση νέων υδροφόρων οριζόντων, καθώς και των πηγαιών νερών στην ημιλοφώδη και ορεινή ζώνη, ανάντη των παράκτιων υδροφόρων των περιοχών έρευνας, και η ενημέρωση των πολιτών με σκοπό την ευαισθητοποίηση στη χρήση του νερού αποτελούν επιπρόσθετα μέτρα που εντάσσονται σε μια πολιτική ορθολογικής αξιοποίησης και βιώσιμης διαχείρισης των υδατικών πόρων σε περιφερειακό επίπεδο.

Επιπλέον, πρέπει να μελετηθεί σε συνεργασία με τους ΟΤΑ η τιμολόγηση του νερού, καθώς και η εφαρμογή περιβαλλοντικού φόρου στις τουριστικές περιοχές με στόχο την προστασία και την αποκατάσταση των υδατικών πόρων (Mallorca Wed 2002).

Ποιότητα

Για τη βελτίωση της ποιότητας του αντλούμενου νερού από τις υφάλμυρες γεωτρήσεις και τον περιορισμό του φαινομένου της υφαλμύρυνσης απαιτείται (Βουδούρης 1996):

- συνεχής έλεγχος της ποιότητας των υπόγειων νερών, ειδικά στις «ευαίσθητες» περιοχές, και κατασκευή χαρτών υφαλμύρυνσης, στάθμης υπόγειου νερού κ.λπ.
- περιορισμός του συνεχούς χρόνου άντλησης καθώς και της αντλούμενης παροχής
- ανύψωση της αντλίας στις γεωτρήσεις στις οποίες εντοπίζεται πρόβλημα υφαλμύρυνσης
- επιπλέον ελάττωση της αντλούμενης παροχής στις γεωτρήσεις όπου η υδροστατική στάθμη είναι κάτω από το επίπεδο της θάλασσας
- καθορισμός της κρίσιμης παροχής άντλησης, ώστε να αποφευχθεί η υφαλμύρυνση του αντλούμενου νερού
- υπολογισμός, για μια επιλεγμένη παροχή άντλησης, της ελάχιστης απόστασης των γεωτρήσεων από την ακτή, αλλά και μεταξύ τους.

Για την αντιμετώπιση της γεωργικής προέλευσης νιτρορύπανσης εφαρμόζεται διακοπή της λίπανσης ή μείωση αυτής σύμφωνα με τους Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής. Οι κώδικες αυτοί (ΚΥΑ 16190/1335/97, ΦΕΚ 519B/25-6-1997) περιλαμβάνουν κανόνες σχετικά με τις χρονικές περιόδους

κατά τις οποίες δεν ενδείκνυται η διασπορά λιπασμάτων στο έδαφος, η διασπορά λιπασμάτων σε επικλινή ή σε κορεσμένα εδάφη, κοντά σε υδάτινα ρεύματα κ.λπ. Επιπλέον, περιλαμβάνουν την κατάρτιση σχεδίων λίπανσης ανά αγρόκτημα, την τήρηση αρχείων για τη χρήση των λιπασμάτων και τη διαχείριση της χρήσης γης.

Η χωροθέτηση χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, η επεξεργασία των αποβλήτων και η μη απόρριψή τους στους ποταμοχειμάρρους θα συμβάλει περαιτέρω στη βελτίωση της ποιότητας των υπόγειων νερών (Voudouris et al. 2000). Τέλος, η συστηματική παρακολούθηση της ποιότητας των υπόγειων και επιφανειακών νερών (monitoring) σε συνδυασμό με την καταγραφή της στάθμης του υπόγειου νερού και της παροχής των πηγών και ποταμοχειμάρρων είναι επιπρόσθετα μέτρα που εντάσσονται σε μια πολιτική ορθολογικής αξιοποίησης και βιώσιμης διαχείρισης των υδατικών πόρων στις περιοχές έρευνας.

7. Συμπεράσματα

Οι παράκτιες περιοχές της ΒΑ Πελοποννήσου και της Β κεντρικής Κρήτης χαρακτηρίζονται από έντονη αστικοποίηση, εντατική γεωργία και τουριστική ανάπτυξη. Επιπλέον, χαρακτηρίζονται από έντονες πιέσεις στα υπόγεια νερά, που αποτελούν την κυριότερη πηγή για την κάλυψη των υδατικών αναγκών. Οι απολήψεις υπόγειου νερού υπερβαίνουν το φυσικό εμπλουτισμό, ιδίως στα ξηρά υδρολογικά έτη, και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση συμπτωμάτων εξάντλησης των υδροφόρων στρωμάτων, υφαλμύρυνσης και ποιοτικής υποβάθμισης των υπόγειων νερών. Οι πιθανές μελλοντικές κλιματικές αλλαγές στην περιοχή της Μεσογείου θα επιτείνουν το πρόβλημα, προκαλώντας σημαντικές οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις.

Η μείωση των απολήψεων, η εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού και η λήψη κατάλληλων μέτρων για την αποκατάσταση της ποιότητας των υπόγειων νερών είναι απαραίτητες προϋποθέσεις για τη βιώσιμη διαχείριση των υπόγειων νερών στις περιοχές αυτές. Η ανάλυση SWOT μπορεί να αποτελέσει ένα βασικό εργαλείο ανάλυσης και σχεδιασμού κατάλληλων δράσεων για την επίτευξη του στόχου αυτού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AHRD (Academy of Human Resources Development) (2001), «Performing a SWOT analysis», <http://academyofhrd.org/clswot.htm>.
- Allen, H. D. (2001), *Mediterranean Ecogeography*, Prentice Hall.
- Arnell, N. W. (1999), «The Effect of Climate Change on Hydrological Regimes in Europe: A Continental Perspective», *Global Environmental Change*, 9: 5-23.
- Βαγιάννη, Ε., Ιωσηφίδης, Θ., Πετανίδου, Θ. (2003), «Η χρήση της ανάλυσης SWOT στο χωρικό και αναπτυξιακό σχεδιασμό: Η περίπτωση του οικοτουριστικού σχεδιασμού στον Πολιχνίτο Λέσβου», www.aegean.gr/lid/internet/elliniki-ekdosi/TEL-DIMOSI/SWOT-final.pdf.
- Baser, O. (2001), «SWOT Analysis. A Practical Guide for Young Managers», <http://www.baserler.com.tr/onur/isletme/management%20skills-swot.htm>.
- Βουδούρης, Κ. (1996), «Το πρόβλημα της υφαλμύρυνσης και δυνατότητες ορθολογικής διαχείρισης των παράκτιων υδροφόρων του Νομού Κορινθίας», *Πρακτικά Συμποσίου «Χημεία και Περιβάλλον»*, Λουτράκι, Ένωση Ελλήνων Χημικών, σ. 75-84.

- Βουδούρης, Κ., Αντωνάκος, Α. (2002), «Κατανομή των βροχοπτώσεων στο Νομό Κορινθίας», *Γεωγραφίες*, 4: 53-61.
- Βουδούρης, Κ., Καλλέργης, Γ. (2002), «Μεταβολές στο βροχομετρικό καθεστώς της Νότιας Ελλάδας και διαχείριση υδατικών πόρων», *Πρακτικά 6ου Υδρογεωλογικού Συνεδρίου, Ξάνθη 8-10/11/2002*, σ. 107-118.
- Chartzoulakis, K. S., Paranychianakis, N. V., Angelakis, A. N. (2001), «Water Resources Management in the Island of Crete, Greece, with Emphasis on the Agricultural Use», *Water Policy*, 3: 193-205.
- Chartzoulakis, K., Psarras, G. (2004), «Global Change Effects on Crop Photosynthesis and Production in the Mediterranean: The Case of Crete, Greece», *Agriculture Ecosystems & Environment*, 106: 147-157.
- Croke, B., Cleridou, N., Kolovos, A., Vardavas, I., Papamastorakis, J. (2000), «Water Resources in the Desertification-Threatened Messara Valley of Crete: Estimation of the Annual Water Budget Using a Rainfall-Runoff Model», *Environmental Modelling and Software*, 15: 387-402.
- Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας (ΕΣΥΕ), *Πληθυσμός της Ελλάδας*.
- Ελληνικός Οργανισμός Τουρισμού (ΕΟΤ) (2003), *Αφίξεις-Διανυκτερεύσεις-Πληρότητα*.
- European Commission (1999), «SWOT Analysis». *Evaluating Socio-economic Programmes: Principal Evaluation Techniques and Tools*, τόμ. Γ', Means collection, EC Structural Funds, Luxembourg, 41-45.
- E.U. Council (1998), *Council Directive 98/83 about Water Quality Intended for Human Consumption*, Official paper of the European Communities, V. L330, σ. 32-54.
- FAOSTAT (1997), «World Wide Web», <http://apps.fao.org/>
- Freeze, A., Cherry, J. A. (1979), *Groundwater*, Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Gossling, S. (2001), «The Consequences of Tourism for Sustainable Water Use on a Tropical Island: Zanzibar, Tanzania», *Journal of Environment Management*, 61: 179-191.
- Hill, T., Westbrook, R. (1997), «SWOT Analysis: It's Time for a Product Recall», *Long Range Planning*, 30(1): 46-52.
- Holden, A. (2000), *Environment and Tourism*, London: Routledge.
- Houghton, J. T. (1997), *Global Warming*, Cambridge University Press.
- Καλλέργης, Γ. (1971), «Καθιζήσεις του εδάφους κατά τις αντλήσεις αρτεσιανών υδροφόρων, λόγω περιορισμένης ελαστικότητας αυτών», *Τεχνικά Χρονικά*, 543(9): 599-602.
- Καλλέργης, Γ., Λαμπράκης, Ν., Βουδούρης, Κ. (1999), *Υδρογεωλογική έρευνα της περιοχής του πρώην δήμου Γουβών Κρήτης*, τελική έκθεση ερευνητικού προγράμματος, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωλογίας.
- Καλλέργης, Γ., Λαμπράκης, Ν., Βουδούρης, Κ. (2000), *Υδρογεωλογική έρευνα της περιοχής του δήμου Μαλλίων Κρήτης*, τελική έκθεση ερευνητικού προγράμματος, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωλογίας.
- Καλλέργης, Γ., Λαμπράκης, Ν., Βουδούρης, Κ. (2002), *Υδρογεωλογική έρευνα της περιοχής του δήμου Χερσονήσου Κρήτης*, τελική έκθεση ερευνητικού προγράμματος, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωλογίας.
- Καλλέργης, Γ., Λαμπράκης, Ν., Νόκας-Ζωγράφος, Η. (1997), «Απαιτούμενος χρόνος για την απορρύπανση υφαλιμυρισμένων υδροφόρων σε παράκτιες και ημισιωπικές περιοχές», *Πρακτικά 3ου Συνεδρίου της ΕΕΔΥΠ*, σ. 225-229.
- Κασίμης, Χ., Παπαδόπουλος, Α., Σουσουνης, Γ., Στραβοράβδης, Σ. (1998), *Συμβολή στην ανάπτυξη του Νομού Κορινθίας, κείμενο εργασίας*, Εθνικό Κέντρο Κοινωνικών Ερευνών.
- Kent, M., Newnham, R., Essex, S. (2002), «Tourism and Sustainable Water Supply in Mallorca: A Geographical Analysis», *Applied Geography*, 22: 351-374.
- Κουμαντάκης, Ι., Παναγόπουλος, Α., Σταυρόπουλος, Ξ., Βουδούρης, Κ. (1999), *Δυνατότητες τεχνητού εμπλουτισμού των υδροφόρων της παράκτιας και ημιλοφώδους ζώνης του Νομού Κορινθίας*, τελική έκθεση ερευνητικού προγράμματος, ΕΜΠ.
- Lambrakis, N. (1998), «The Impact of Human Activities in the Malia Coastal Area (Crete) on Groundwater Quality», *Environmental Geology*, 36 (1-2): 87-92.
- Lambrakis, N., Daskalaki, P. (1999), «Environmental Aspects and the Exploitation of Groundwater Resources in Greece», *Proceedings, XXIX Congress of IAH «Hydrogeology and Land Use Management»*, Bratislava, Slovakia.
- Lambrakis, N., Kallergis, G. (2001), «Reaction of Subsurface Coastal Aquifers to Climate and Land Use Changes in Greece: Modeling of Groundwater Refreshing Patterns under Natural Recharge Conditions», *Journal of Hydrology*, 245: 19-31.
- Mallorca Wed (2002), «The Balearic Public's Opinion on the Ecotax», www.mallorcaweb.com.
- Marwick, M. C. (2000), «Golf Tourism Development, Stakeholders, Differing Discourses and Alternative Agendas: The Case of Malta», *Tourism Management*, 21: 515-514.

- Panagopoulos, A., Voudouris, K., Hionidi, M., Koumantakis, J. (2002), «Irrational Water Resources Management Impacts on the Coastal Aquifer System of Korinthia», *Proceedings, International Conference «Restoration and Protection of the Environment V»*, Ιούλιος 2002, Σιάθος, τόμ. Α', σ. 419-426.
- Panagopoulos, A., Voudouris, K., Koumantakis, I., Hionidi, M. (2001), «Groundwater Evolution of the Northern Corinthian Region Coastal Aquifer System, as Indicated by Hydrochemistry», *Proceedings, 9th International Conference of the Geological Society of Greece*, Αθήνα.
- Royle, S. A. (1996), «Mallorca: The Changing Nature of Tourism», *Geography Review*, 9(3): 2-6.
- Σταμάτης, Γ., Λαμπράκης, Ν., Ψωμάδης, Ε., Γασιός, Ι. (2001), «Χωροχρονική εξέλιξη της ποιοτικής υποβάθμισης του φρεάτιου υδροφορέα από ανθρωπογενείς επιδράσεις στην περιοχή Εξαμίλια Κορίνθου», *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Υδρογεωλογικού Συνεδρίου*, Ξάνθη.
- Stamatis, G., Voudouris, K. (2003), «Marine and Human Activity Influences on the Groundwater Quality of Southern Korinthos Area (Greece)», *Hydrological Processes*, 17: 2327-2345.
- Voudouris, K., Hionidi, M., Panagopoulos, A., Koumantakis, J. (2002), «Extreme Climatic Events in the Prefecture of Korinthos (Greece) and Their Impact on Groundwater Resources», *Proceedings, 5th International Conference «Water Resources Management in the Era of Transition»*, European Water Resources Association, Αθήνα, σ. 107-114.
- Voudouris, K., Panagopoulos, A., Daniil, D. (2000), «Implications to Surface Water Quality of Korinthos Prefecture from Anthropogenic Activities», *Proceedings, International Conference «Protection and Restoration of the Environment V»*, Θάσος.
- Voudouris, K., Panagopoulos, A., Koumantakis, I. (2004), «Nitrate Pollution in the Coastal Aquifer System of the Korinthos Prefecture (Greece)», *Global Nest: The International Journal*, 6(1): 31-38.