

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (Π.Μ.Σ.) «Θετικές Επιστήμες στη Γεωπονία»
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



Χαράλαμπος Κ. Κόλλιας

Υποβλήθηκε στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Επιβλέπων: Επίκουρος Καθηγητής Διονύσιος Καλύβας

ΑΘΗΝΑ
2011

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (Π.Μ.Σ.) «Θετικές Επιστήμες στη Γεωπονία»
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Χαράλαμπος Κ. Κόλλιας

Υποβλήθηκε στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Επιβλέπων: Επίκουρος Καθηγητής Διονύσιος Καλύβας

ΑΘΗΝΑ
2011

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Χαράλαμπος Κ. Κόλλιας

Η ανάθεση της μελέτης έγινε με απόφαση της Γενικής Συνέλευσης του Γενικού Τμήματος (Συνεδρία 13/10/2010) κατά την οποία εγκρίθηκε το θέμα.

Συμβουλευτική & Εξεταστική Επιτροπή:

Δ. Καλύβας : Επίκουρος Καθηγητής (Εισηγητής & Επιβλέπων)

Β. Κόλλια - Κουσουρή : Καθηγήτρια (Μέλος)

Γ. Παπαδόπουλος : Επίκουρος Καθηγητής (Μέλος)

Στον αδερφό μου Αναστάσιο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία διαπραγματεύεται την μελέτη της κατανάλωσης νερού στο πολεοδομικό συγκρότημα της Θεσσαλονίκης με σκοπό την χωροχρονική ανάλυσή της και την εξαγωγή συμπερασμάτων. Ετήσια και τετραμηνιαία δεδομένα κατανάλωσης νερού του πολεοδομικού συγκροτήματος Θεσσαλονίκης ψηφιοποιήθηκαν και ενσωματώθηκαν σε ψηφιοποιημένο χάρτη των υδροδοτικών ζωνών της περιοχής. Ακολούθησε χρονική και χωρική ανάλυση των δεδομένων προκειμένου να διαπιστωθεί αν υπάρχει κάποια ομαδοποίηση, ομοιογένεια ή ετερογένεια στην κατανάλωση νερού στην περιοχή της μελέτης και κατά πόσο επηρεάζονται διαχρονικά. Τέλος, μελετήθηκε η γραμμική συσχέτιση της κατανάλωσης του νερού με διάφορους δημογραφικούς παράγοντες και το υψόμετρο της περιοχής μελέτης προκειμένου να διερευνηθούν οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση νερού και να καταστεί δυνατή η μοντελοποίηση της. Συνοπτικά, διαπιστώθηκε μείωση της κατανάλωσης νερού με την πάροδο των χρόνων, διαχρονικά σταθερή ομαδοποίηση και γενικότερη ομοιογένεια αυτής. Επιπλέον, η κατανάλωση νερού φαίνεται να συσχετίζεται γραμμικά με διάφορους δημογραφικούς παράγοντες (όπως αριθμό μελών νοικοκυριού, ηλικία, είδος απασχόλησης και παλαιότητα κατοικίας) και μπορεί να μοντελοποιηθεί με βάση τον αριθμό μελών και τον λογάριθμο του ποσοστού των κατοικιών με επιφάνεια μικρότερη των 150 m².

Λέξεις κλειδιά: Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα, χρονική ανάλυση, χωρική ανάλυση, Πολεοδομικό συγκρότημα Θεσσαλονίκης, μοντέλο κατανάλωσης νερού, Γεωγραφικά Σταθμισμένη Παλινδρόμηση

ABSTRACT

This study was designed to study the water consumption in the urban agglomeration of Thessaloniki with the aim of spatial-time analysis and the extraction of conclusions. Annually and four monthly data of water consumption of the urban agglomeration of Thessaloniki digitized and incorporated into a digitized map of water supply zones in the region. Afterwards, time of the data followed to determine how the water consumption changes both annually and quarterly. Moreover spatial analysis of the data determined whether there is any clustering, homogeneity or heterogeneity of the water consumption in the study area and whether affected over time. Finally, there was a linear correlation study between the consumption of water with various demographic factors and the altitude of the study area to investigate the factors influencing the consumption of water and proceed to its modelling. In summary, it was observed a decrease in water consumption over the years, a constant clustering and homogeneity through the years. In addition, water consumption appears to be correlated linearly with various demographic factors (such as the size of household, the age, the kind of the occupation and the age of the house) and can be modeled with the size of household and the logarithm of the percentage of houses with a surface less than 150 m².

Key words: Geographic Information System, GIS, time analysis, spatial analysis, Urban Agglomeration of Thessaloniki, water consumption model, Geographically Weighted Regression

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	1
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	3
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΝΕΡΟ	5
1.2 ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ	7
1.3 Η ΥΔΡΟΔΟΤΗΣΗ ΣΤΗΝ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ.....	8
1.4 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ.....	17
1.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ	23
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	27
2.1 ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	27
2.2 ΠΗΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	29
2.3 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	30
2.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ LAYER ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΗΜΩΝ	31
2.5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΝΕΡΟΥ	31
2.6 ΧΡΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΝΕΡΟΥ	31
2.7 ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΝΕΡΟΥ.....	32
2.8 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ.....	34
2.9 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ	36
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	40
3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΝΕΡΟΥ	40
3.2 ΖΩΝΕΣ ΥΔΡΟΔΟΤΗΣΗΣ	44
3.3 ΧΡΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ.....	45
3.4 ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ.....	56

3.5	ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΤΟ 2001 ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	69
3.6	ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ	82
4.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	86
5.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	92
5.1	ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	92
5.2	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	98

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Χωροχρονική ανάλυση δεδομένων κατανάλωσης νερού από το πολεοδομικό συγκρότημα Θεσσαλονίκης» συνδυάζει τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα και την στατιστική ανάλυση δεδομένων προκειμένου να προβεί σε συμπεράσματα που αφορούν την περιοχή μελέτης. Η ιδιαιτερότητα του νερού ως αγαθό για τον άνθρωπο και η καινοτομία της χωροχρονικής ανάλυσης της κατανάλωσης νερού με την εφαρμογή τελευταίων δυνατοτήτων και μεθόδων της Πληροφορικής (GIS, μοντέλα, κ.α.) για την συγκεκριμένη περιοχή, αποτέλεσαν τα βασικότερα κριτήρια επιλογής και αποδοχής της συγκεκριμένης μελέτης.

Η ερευνητική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης «Θετικές Επιστήμες στη Γεωπονία και στο Περιβάλλον» του Γενικού τμήματος του Γ.Π.Α.

Επιθυμώ να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες:

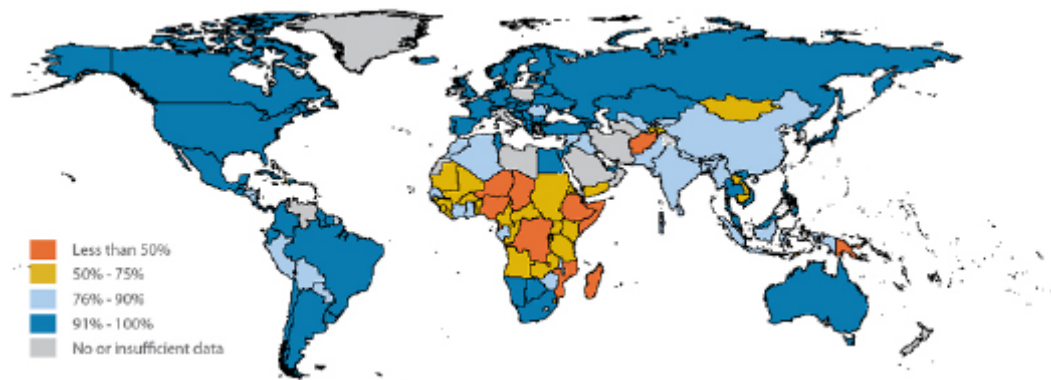
- Στον επιβλέποντα Επίκουρο Καθηγητή κ. Διονύση Καλύβα, για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου και την ουσιαστική συμβολή του. Η επιστημονική κατάρτιση, η αφοσίωση, η πολύτιμη βοήθεια, οι εύστοχες παρατηρήσεις και υποδείξεις του συνέβαλαν στη συνεχή βελτίωση και τελικό αποτέλεσμα αυτού του ερευνητικού αντικειμένου.
- Στα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, Καθηγήτρια κα. Β. Κόλλια - Κουσουρή και Επίκουρο Καθηγητή κ. Γ. Παπαδόπουλος για τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσαν για τη μελέτη της εργασίας και για τις χρήσιμες υποδείξεις τους.
- Στην Εταιρία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης Α.Ε. και τον Διευθυντή Καταναλωτών κ. Β. Παπαβασιλείου για την καλή συνεργασία.
- Στον αδερφό μου Δ/ρα Ιατρικής Α. Κόλλια που με την εποικοδομητική κριτική του συνέβαλε στην βελτίωση της παρουσίασης των αποτελεσμάτων.
- Στην σύντροφό μου Σ. Δρακοπούλου η οποία με την αμέριστη υποστήριξη και υπομονή της συνέβαλε σημαντικά στην ολοκλήρωση του συγκεκριμένου Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών και μελέτης.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά στοιχεία για το νερό

Το νερό είναι η περισσότερο διαδεδομένη χημική ένωση που είναι απαραίτητη σε όλες τις γνωστές μορφές ζωής στον πλανήτη μας. Έχει αποδειχθεί ότι το σώμα μας αποτελείται κατά τα 2/3 του από νερό. Το 95% του νερού στον πλανήτη είναι αλμυρό. Από το 5% του γλυκού νερού το 4% βρίσκεται σε μορφή πάγου στους Πόλους και έτσι τελικά μόνο το 1% μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις ανθρώπινες ανάγκες. Εξαιτίας της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού της γης, της μαζικής κατανάλωσης, της κατάχρησης και της μόλυνσης του νερού, η διαθεσιμότητα του νερού και ιδιαίτερα του πόσιμου δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες της σύγχρονης εποχής και διαρκώς χειροτερεύει (Stikker, 1998; Feitelson and Chenoweth, 2002; Feitelson, 2002). Για αυτό το λόγο, το νερό αποτελεί στρατηγικής σημασίας αγαθό σε όλη την υφήλιο. Σήμερα, υπάρχουν ακόμη πάνω από 1,1 δισεκατομμύρια άνθρωποι χωρίς πρόσβαση στο πόσιμο νερό και 2,4 δισεκατομμύρια άνθρωποι χωρίς πρόσβαση σε επαρκείς συνθήκες υγιεινής (UNESCO, 2003) (Εικόνα 1). Η διεκδίκηση για δίκαιη και ίση πρόσβαση στο νερό προβλέπεται πως θα επιφέρει αναταραχές. Σύμφωνα με την έρευνα της UNESCO που πραγματοποιήθηκε το 2003 για τα παγκόσμια αποθέματα νερού, στα επόμενα 20 χρόνια η ποσότητα του νερού που αναλογεί στον καθένα προβλέπεται να μειωθεί κατά 30%. Το γεγονός αυτό θα επιφέρει επιπτώσεις σε ένα ευρύ φάσμα της καθημερινής μας ζωής, από την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας μέχρι και την καθημερινή χρήση του νερού στα νοικοκυριά. Επιπλέον η έλλειψη νερού θα επιφέρει μείωση στην αγροτική παραγωγή που θα οδηγήσει σε αύξηση των τιμών των αγροτικών προϊόντων και των πρώτων υλών.

Οι υδατικοί πόροι σήμερα στην Ελλάδα υπόκεινται σε εκμετάλλευση η οποία χαρακτηρίζεται από μια υποτυπώδη διαχείριση, για κάλυψη κυρίως περιστασιακών αναγκών, με περιορισμένη εφαρμογή σχεδιασμών ή στρατηγικών. Αποτέλεσμα είναι το συνεχώς αυξανόμενο έλλειμμα νερού που συνοδεύεται από υποβάθμιση της ποιότητάς του.



Εικόνα 1: Χωρική απεικόνιση του επιπέδου κάλυψης αναγκών σε νερό των χωρών του πλανήτη (Πηγή: UNICEF/WHO 2010).

Σύμφωνα με την Οδηγία 60/2000 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου του το νερό δεν είναι εμπορικό προϊόν όπως όλα τα άλλα, αλλά αποτελεί κληρονομιά που πρέπει να προστατεύεται και να τυγχάνει της κατάλληλης μεταχείρισης. Επομένως το νερό θα πρέπει να:

- αποτελεί βασικό ανθρώπινο δικαίωμα
- είναι κοινό και δημόσιο αγαθό
- διαχειρίζεται με δημοκρατικές και ορθολογικές διαδικασίες

Η πρόσβαση στο νερό σε επαρκείς ποσότητες (40 λίτρα για κάθε άτομο για οικιακό σκοπό) και σε κατάλληλη ποιότητα θα πρέπει να αναγνωρίζεται ως συνταγματικό, καθολικό, αδιαίρετο και αμεταβίβαστο ανθρώπινο και κοινωνικό δικαίωμα. Επιπλέον θα πρέπει να είναι κοινό ελεύθερο αγαθό, που ανήκει σε όλους τους ανθρώπους και τα άλλα ζωντανά είδη στον πλανήτη ενώ ταυτόχρονα δημόσιοι οργανισμοί θα πρέπει να φροντίζουν να γίνονται οι κατάλληλες επενδύσεις, ώστε να διασφαλίζεται η πρόσβαση πόσιμου νερού σε όλους τους πολίτες. Τέλος η πολιτεία και οι αρμόδιοι φορείς θα πρέπει να ελέγχουν και να επιβλέπουν για την σωστή χρήση του από όλους (Συμμαχία για το νερό, 2009 ανακτήθηκε από www.waterforlife.gr).

Η αύξηση του πληθυσμού, η μόλυνση των υδάτων, η αστική ανάπτυξη, οι απαιτήσεις για γεωργικές αρδεύσεις, οι κλιματικές αλλαγές και η αύξηση της ερημοποίησης συνεισφέρουν σημαντικά στην αύξηση της κατανάλωσης νερού και την μείωση της διαθεσιμότητας ποιοτικού νερού. Θέματα σχετικά με την έλλειψη νερού και την ποιότητά του φαίνεται να απασχολούν τις αρχές ολόένα και

περισσότερων περιοχών στο πλανήτη, ψάχνοντας να βρουν λύσεις σχετικά με την εξασφάλιση νέων πηγών και σωστής διαχείρισης της κατανάλωσής του.

1.2 Νερό και αστική ανάπτυξη

Με την ολοένα αυξανόμενη αστικοποίηση, η σημασία της διαχείρισης των αστικών υδατικών συστημάτων εντείνεται. Παράλληλα, η σύγχρονη πόλη έχει «οικολογικό αποτύπωμα» που εκτείνεται σε μια πολύ ευρύτερη περιοχή από την άμεση ζώνη επιρροής της. Αυτό επιβάλλει την ανάγκη για ολοκληρωμένη προσέγγιση στη διαχείριση του νερού στις πόλεις. Η παραδοσιακή αντιμετώπιση της διαχείρισης αστικού νερού αποδείχτηκε τα τελευταία χρόνια αναποτελεσματική και προβληματική, γεγονός που επιβάλλει την αναθεώρηση και τον αναπροσανατολισμό της. Πολλές πολιτείες μαζί με τους αντίστοιχους παρόχους νερού, σχεδιάζουν και εφαρμόζουν ένα σύνολο μέτρων διαχείρισης (Chen et al., 2005; Marsden and Pickering, 2006; Kenney et al., 2008), όπως νέες τιμολογιακές πολιτικές, περιορισμοί ως προς τις χρήσεις νερού καθώς και κίνητρα για χρήση νέων τεχνολογιών-συσκευών φιλικές προς την κατανάλωση νερού (Jackson, 2005; National Water Commission and Water Services Association of Australia, 2007; Clark and Finley, 2008; Iglesias and Blanco, 2008). Στο νέο προσανατολισμό δίνεται ιδιαίτερη σημασία όχι μόνο στις τεχνολογικές αλλά και στις οικονομικές, επιχειρηματικές και ιδιαίτερα στις περιβαλλοντικές πτυχές.

Η ύδρευση είναι κοινωνικά καταξιωμένη και θεσμικά κατοχυρωμένη (N. 1739/87) ως η χρήση πρώτης προτεραιότητας. Παρόλο που στην Ελλάδα ποσοτικά αντιστοιχεί μόνο στο 12% περίπου των συνολικών καταναλωτικών χρήσεων (ή 920 hm³ ετησίως) οι ποιοτικές απαιτήσεις για την ύδρευση είναι πολύ υψηλές.

Παραδοσιακά, οι ανάγκες ύδρευσης καλύπτονταν κυρίως από υπόγεια νερά, πηγαία ή αντλούμενα μέσω γεωτρήσεων. Η υδροληψία από υπόγεια νερά είχε γενικά προτιμηθεί επειδή στις περισσότερες των περιπτώσεων απαιτούσε λιγότερο δαπανηρά έργα, ενώ παράλληλα η επεξεργασία του νερού ήταν απλούστερη (γινόταν μόνον απολύμανση). Όμως, σε μεγάλα αστικά κέντρα, με πρώτη την Αθήνα, τα υπόγεια νερά δεν είναι αρκετά για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών, οπότε επιστρατεύονται τα επιφανειακά νερά, που όμως απαιτούν σημαντικά έργα ταμίευσης και μεταφοράς. Στις σημερινές συνθήκες, η αύξηση των υδρευτικών αναγκών, η

εξάντληση των υπόγειων αποθεμάτων λόγω υπερεκμετάλλευσης, αλλά και η ποιοτική τους υποβάθμιση λόγω ρύπανσης, οδηγεί στην αξιοποίηση των επιφανειακών νερών για την ύδρευση και άλλων αστικών συγκροτημάτων.

Η βελτίωση της ποιότητας ζωής στις αστικές περιοχές οδήγησε στην ανάγκη δημιουργίας χώρων πρασίνου (ιδιόκτητους και δημοτικούς). Αυτή η τάση επιφέρει αύξηση των υδατικών αναγκών στις αστικές περιοχές, ωστόσο δεν είναι δόκιμο να χρησιμοποιείται νερό ύδρευσης για άρδευση και να δημιουργούνται και να συντηρούνται δίκτυα πόσιμου νερού για να μεταφέρεται νερό για αρδευτική χρήση. Η χρήση νερού δεύτερης ποιότητας από αποθηκευμένα όμβρια, τοπικές γεωτρήσεις και επαναχρησιμοποιημένα λύματα αποτελεί μια προφανή λύση για το πότισμα κήπων και ιδίως δημοτικών πάρκων.

Η παλαιότητα πολλών δικτύων και η περιορισμένη επιτήρηση και συντήρησή τους έχει συχνά οδηγήσει σε μεγάλα ποσοστά διαρροών. Η τεχνολογία προσφέρει σήμερα πολλές δυνατότητες (γεωγραφικές βάσεις δεδομένων, μαθηματικά μοντέλα συνεχούς προσομοίωσης δικτύων, συσκευές εντοπισμού διαρροών, ραντάρ εδάφους και κάμερες εντοπισμού και ελέγχου αγωγών, υλικά επισκευών) τόσο για την επιτήρηση των δικτύων όσο και για την ανίχνευση και αποκατάσταση των διαρροών.

Σε μεγάλης έκτασης πολεοδομικά συγκροτήματα με συνεχώς αυξανόμενη τάση κατανάλωσης νερού, η γεωγραφική επέκταση της περιοχής άντλησης υδατικών πόρων με σκοπό την κάλυψη των επιπρόσθετων μελλοντικών αναγκών θα πρέπει να θεωρείται ανέφικτη. Εναλλακτικές και ορθολογικές μεθόδους διαχείρισης νερού θα πρέπει να προγραμματιστούν και να εφαρμοστούν, όπως η κλιμακωτή τιμολόγηση του νερού, συνδυαζόμενη με την ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των καταναλωτών για τη συνετή χρήση του νερού.

1.3 Η υδροδότηση στην Θεσσαλονίκη

Οι πληροφορίες που ακολουθούν σχετικά με την υδροδότηση της Θεσσαλονίκης, ανακτήθηκαν από τον επίσημο ιστότοπο της ΕΥΑΘ (www.eyath.gr). Κατά την εποχή της Τουρκοκρατίας υπήρχε δίκτυο ύδρευσης της πόλης της Θεσσαλονίκης, το οποίο τροφοδοτούνταν από τις πηγές Χορτιάτη, Ρεντζικίου (Πεύκων) και Λεμπέτ (Σταυρούπολη). Τη διαχείριση και εκμετάλλευση του έργου της υδροδότησης της Θεσσαλονίκης είχε αναλάβει με αυτοκρατορική διαταγή το

1888 ο Τούρκος επιχειρηματίας Χαμηδή Εφέντη, ο οποίος με βελγικά κεφάλαια ίδρυσε την εταιρεία με τίτλο Οθωμανική Εταιρεία Υδάτων (Compagnie Ottomane des Eaux de Salonique), με έδρα την Κωνσταντινούπολη. Το αντλιοστάσιο κατασκευάστηκε από Βέλγους τεχνικούς στα τέλη του 19ου αιώνα (1890-94) σε απόσταση περίπου 1.500 μέτρων από τα δυτικά τείχη του ιστορικού κέντρου της Θεσσαλονίκης. Η εταιρεία λειτούργησε παράλληλα με την ύδρευση της πόλης από το Δήμο Θεσσαλονίκης μέχρι το 1939.

Η εγκατάσταση νέου, σύγχρονου δικτύου ύδρευσης αποτέλεσε ένα από τα σημαντικότερα έργα υποδομής που υλοποιήθηκαν στη Θεσσαλονίκη στα τέλη του 19ου αιώνα. Η κατασκευή του Κεντρικού Αντλιοστασίου ανήκει στα έργα της πρώτης φάσης, που περιέλαβε τα σημεία υδροληψίας από αρτεσιανά φρέατα στην πεδιάδα της Σίνδου - κοντά στο σημερινό Καλοχώρι - καθώς επίσης εγκαταστάσεις άντλησης, μεταφοράς και δικτύου ύδρευσης. Το νερό έφτανε με φυσική ροή στο Κεντρικό Αντλιοστάσιο, από όπου με τη βοήθεια μεγάλων αντλιών διοχετεύονταν αρχικά σε δύο και στη συνέχεια σε τρεις μεγάλες δεξαμενές (Βλατάδων, Κασσάνδρου, Ευαγγελίστριας). Σε αυτές προστέθηκε το 1924 και η δεξαμενή της Καλλιθέας.

Το συγκρότημα του Κεντρικού Αντλιοστασίου περιλάμβανε τρία κτίρια: την κεντρική αίθουσα μηχανημάτων, το λεβητοστάσιο και, σε συνέχεια με το λεβητοστάσιο, μια στεγασμένη αποθήκη κάρβουνου. Η κατοικία του διευθυντή, στα ανατολικά του συγκροτήματος, ολοκλήρωσε την κατασκευή. Τα κτίρια του παλιού Κεντρικού Αντλιοστασίου σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν σε μια περίοδο κατά την οποία η μεταλλική κατασκευή βρισκόταν στο απόγειό της σε όλη την Ευρώπη. Έτσι, παρόμοιες εγκαταστάσεις αντλιοστασίων με τη χρήση αντίστοιχης τεχνολογίας κατασκευάστηκαν την ίδια εποχή σε πολλές ευρωπαϊκές πόλεις. Για την πόλη της Θεσσαλονίκης το συγκρότημα αποτελεί μια από τις παλιότερες πρότυπες προκατασκευές.

Κατά τον Α΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, στη Θεσσαλονίκη είχαν στρατοπεδεύσει τα συμμαχικά στρατεύματα και για να αντιμετωπίσουν την έλλειψη νερού, κατασκεύασαν γεωτρήσεις στην περιοχή της πόλης. Το 1917 κατασκευάστηκε από Γάλλους μηχανικούς το “Υδραγωγείο Χαριλάου”, για να καλύψει τις ανάγκες ύδρευσης των γαλλικών στρατιωτικών μονάδων και ανήκε μέχρι το 1975 στην “Πρώτη Οικοδομική Εταιρεία Χαριλάου”, οπότε και αγοράστηκε από τον Οργανισμό Ύδρευσης Θεσσαλονίκης (Ο.Υ.Θ.) πλην των εγκαταστάσεων υδρομάστευσης. Η

μεγάλη πυρκαγιά του 1917 κατέστρεψε όχι μόνο μεγάλο μέρος της πόλης, αλλά και το δίκτυο ύδρευσης. Για πρώτη φορά, το 1919, ο Δήμος αποφάσισε την χλωρίωση του νερού των προαναφερθέντων υδραγωγείων. Έλλειψη νερού παρουσιάστηκε με τον ερχομό των προσφύγων το 1922, με αποτέλεσμα να ανακαινισθεί το δίκτυο, να εκτελεστούν έργα ανεύρεσης νέων ποσοτήτων νερού (Γεωτρήσεις) και να συντηρηθούν τα τρία υδραγωγεία. Συνολικά, την περίοδο αυτή (1913-1939) κατασκευάστηκαν δεξαμενές και γεωτρήσεις στις περιοχές Καλαμαριάς, Ντεπώ, Χαριλάου, Τούμπας, Χίρς, Εξοχών, Μαλακοπής, Αγ. Φανουρίου, Καλοχωρίου. Μέχρι το 1939 και με την ευθύνη βελγικής εταιρίας κατασκευάστηκε το εσωτερικό δίκτυο ύδρευσης της πόλης χρησιμοποιώντας χυτοσιδήρους σωλήνες διαμέτρου 60 έως 100 χιλιοστών. Το 1939 με τον Α.Ν.1563/1939 συστάθηκε ο Οργανισμός Ύδρευσης Θεσσαλονίκης (Ο.Υ.Θ.), ο οποίος εξαγόρασε την “Οθωμανική Εταιρεία Ύδρευσης Θεσσαλονίκης” και στη συνέχεια ανέλαβε τις εγκαταστάσεις ύδρευσης (δίκτυα, δεξαμενές κ.λ.π.) και το αντίστοιχο προσωπικό από το Δήμο Θεσσαλονίκης. Η περίοδος του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου ήταν μια πολύ δύσκολη περίοδος για τον Ο.Υ.Θ.. Μετά τον πόλεμο από το 1945 άρχισε μια titάνια προσπάθεια βελτίωσης των εγκαταστάσεων (δίκτυα, δεξαμενές, αντλιοστάσια, υ954 κ.λ.π.) του Ο.Υ.Θ. για την υδροδότηση των κατοίκων της πόλης. Η αστυφιλία δημιούργησε τεράστια προβλήματα, επειδή κατασκευάζονταν δίκτυα χωρίς μελέτες για την άμεση υδροδότηση των οικογενειών που εγκαταστάθηκαν στην πόλη. Στη συνέχεια προγραμματίστηκαν και εκτελέστηκαν από το 1950 μεγάλα έργα υδροδότησης της πόλης.

Μέχρι το 1929 το αντλιοστάσιο λειτούργησε με δύο ατμοκίνητες αντλίες. Ωστόσο, η διαρκώς αυξανόμενη κατανάλωση νερού οδήγησε στην ενίσχυση της αντλητικής ικανότητάς του με την προσθήκη πετρελαιοκίνητων μηχανών «Korting» το 1914 και το 1924. Η τοποθέτηση το 1929 ενός μεγάλου πετρελαιοκινητήρα «MAN», συνδεδεμένου συγχρόνως με δύο αντλίες, σήμανε και το τέλος της ατμοκίνησης. Μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο στο αντλιοστάσιο λειτουργούσαν πλέον ηλεκτροκίνητες αντλίες. Η τροφοδοσία τους με ηλεκτρικό ρεύμα γινόταν από τρία ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη, ένα αμερικανικής κατασκευής («Buckeye - Westinghouse») και δύο αγγλικής («Mirrlees» - «Brush»), που παραχωρήθηκαν και εγκαταστάθηκαν στα πλαίσια της βοήθειας ανασυγκρότησης της Ελλάδας. Ο νεότερος αυτός μηχανολογικός εξοπλισμός, που διατηρείται έως σήμερα, εξασφάλισε μέχρι τη δεκαετία του 1960 την κίνηση των πέντε αντλητικών συγκροτημάτων, που

στη συνέχεια τροφοδοτήθηκαν από το δίκτυο της ΔΕΗ και λειτούργησαν αδιάκοπα έως και το 1978. Το Κεντρικό Αντλιοστάσιο λειτούργησε απρόσκοπτα έως το 1978. Το 1984 το Διοικητικό Συμβούλιο του τότε Οργανισμού Υδρεύσεως Θεσσαλονίκης αποφάσισε τη μετατροπή του σε μουσείο. Το 1987, μετά από πρόταση της 4ης Εφορείας Νεωτέρων Μνημείων του Υπουργείου Πολιτισμού, χαρακτηρίστηκε διατηρητέο μνημείο. Το έργο «Αποκατάσταση του Κεντρικού Αντλιοστασίου και μετατροπή του σε Μουσείο Υδρεύσεως» εντάχθηκε το 1995 στο Περιφερειακό Επιχειρησιακό Πρόγραμμα της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας (Β' Κ.Π.Σ.) και στο Πρόγραμμα Έργων του ΟΠΠΕ-Θ '97 με ευθύνη του Υπουργείου Πολιτισμού, υλοποιήθηκε δε από την 4η Εφορεία Νεωτέρων Μνημείων και ολοκληρώθηκε το 2000.

Η εταιρεία με την επωνυμία «Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης Α.Ε.» και το διακριτικό τίτλο ΕΥΑΘ Α.Ε. ιδρύθηκε το 1998 (νόμος 2651/3.11.1998, Φ.Ε.Κ. Α' 248/3.11.1998) και προήλθε από τη συγχώνευση των ανώνυμων εταιρειών Οργανισμός Ύδρευσης Θεσσαλονίκης Α.Ε. (ΟΥΘ Α.Ε.) και Οργανισμός Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης Α.Ε. (ΟΑΘ Α.Ε.). Είχε προηγηθεί στις 25 Ιουνίου 1997 η μετατροπή των ΝΠΔΔ ΟΥΘ και ΟΑΘ σε ανώνυμες εταιρίες. Η ΕΥΑΘ Α.Ε. είναι εισηγμένη στο Χρηματιστήριο Αθηνών Α.Ε. Διέπεται από τις διατάξεις του Κ.Ν. 2190/1920 «περί ανωνύμων εταιρειών» (ΦΕΚ 135 Τ.Α.) και συμπληρωματικά από τις διατάξεις του Ν. 2937/2001 Κεφ. Β' (ΦΕΚ 169/Τ.Α.), καθώς και από το Ν. 3016/2002 όπως αυτός τροποποιήθηκε με το Ν. 3091/2002. Τελεί δε υπό την εποπτεία των υπουργείων Οικονομίας & Οικονομικών και Μακεδονίας – Θράκης, η δε διάρκεια αυτής ορίστηκε σε 99 έτη από την 3η Νοεμβρίου 1998, δηλ. μέχρι την 3η Νοεμβρίου 2097. Το αρχικό καταστατικό της εγκρίθηκε με την Αρ. ΕΓΑ/606/26-7-2001 (ΦΕΚ 989/30.07.2001) απόφαση κι είναι εγγεγραμμένη στο Μητρώο Ανωνύμων Εταιρειών (Μ.Α.Ε.) με αριθμό 41913/06/Β/98/32.

Κατά την εισαγωγή της στο Χρηματιστήριο Αθηνών Α.Ε., σύμφωνα με το άρθρο 22 του Ν. 2937/26.07.2001, το κύριο μέρος των πάγιων περιουσιακών στοιχείων της ΕΥΑΘ Α.Ε. μεταφέρθηκε κατά κυριότητα στο νεοσυσταθέν ΝΠΔΔ με την επωνυμία «ΕΥΑΘ Παγίων» άνευ ανταλλάγματος. Με σύμβαση διάρκειας 30 ετών, που υπογράφηκε στις 27.07.2001 μεταξύ του ελληνικού Δημοσίου, της ΕΥΑΘ Παγίων και της ΕΥΑΘ Α.Ε. χορηγήθηκε στην ΕΥΑΘ Α.Ε. το αποκλειστικό δικαίωμα παροχής ύδρευσης και αποχέτευσης στη γεωγραφική περιοχή της αρμοδιότητάς της.

Με την ίδια σύμβαση η ΕΥΑΘ Παγίων οφείλει να παρέχει στην ΕΥΑΘ Α.Ε. τις αναγκαίες ποσότητες νερού, έναντι τιμήματος, για την εξυπηρέτηση των καταναλωτών της, η δε ΕΥΑΘ Α.Ε. οφείλει να λαμβάνει μέριμνα για την ορθολογική χρήση του πωλούμενου ύδατος και να καταβάλλει κάθε προσπάθεια για την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη μείωση των διαρροών και απωλειών με τη βελτίωση κι ανακατασκευή του δικτύου υδροδότησης.

Η εταιρεία, μέσω του επιχειρηματικού – επενδυτικού της σχεδίου, οραματίζεται να επιτύχει την ανάπτυξη και τη μετεξέλιξή της σε έναν ισχυρό πόλο τεχνογνωσίας κι επιχειρηματικότητας στην ευρύτερη περιοχή. Στο πλαίσιο αυτό αποσκοπεί στη βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών, στη διασφάλιση της τροφοδοσίας με εξαιρετικής ποιότητας πόσιμο νερό, στη βελτίωση των οικονομικών μεγεθών της και στην αποτελεσματικότερη προστασία του περιβάλλοντος.

Η παροχή υπηρεσιών ύδρευσης περιλαμβάνει την τροφοδοσία με πόσιμο νερό κατάλληλης ποιότητας για κατανάλωση στα νοικοκυριά, στους δήμους και για κοινωφελείς χρήσεις (π.χ. πότισμα δημόσιων χώρων), την παροχή νερού για βιομηχανικές χρήσεις και την παροχή επαρκούς ποσότητας νερού για πυρόσβεση. Επιπροσθέτως, η παροχή υπηρεσιών αποχέτευσης περιλαμβάνει τη συλλογή μέσω των δικτύων υπονόμων, τη μεταφορά, τον καθαρισμό στα κέντρα επεξεργασίας λυμάτων και τη διάθεση κατόπιν στο φυσικό περιβάλλον των υγρών αστικών λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων της μείζονος περιοχής Θεσσαλονίκης.

Για την κάλυψη των αναγκών των καταναλωτών της η ΕΥΑΘ Α.Ε. διαθέτει σήμερα κατά το μέγιστο γύρω στα 290.000 m³ και κατ' ελάχιστον γύρω στα 240.000 m³ νερού ημερησίως. Η οικονομική εκμετάλλευση των δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης περιλαμβάνει την καταμέτρηση της κατανάλωσης ύδατος, την τιμολόγηση και είσπραξη των λογαριασμών ύδρευσης και την είσπραξη των τελών αποχέτευσης. Οι παροχές νερού σήμερα ανέρχονται σε 480.000 περίπου και αντιστοιχίζονται σε 1.050.000 περίπου άτομα. Το 99% των καταναλωτών είναι οικιακοί χρήστες, οι οποίοι καταναλώνουν τα 2/3 της τιμολογούμενης ποσότητας νερού, ενώ στο 1% ανέρχονται οι μεγάλοι καταναλωτές.

Η ΕΥΑΘ Α.Ε. χρησιμοποιεί για την υδροδότηση της Θεσσαλονίκης το καρστικό σύστημα του υδροφορέα του όρους Πάικου και συγκεκριμένα τη θέση εκφόρτισής του στο χώρο των πηγών Αραβησσού. Η υδροληψία των πηγών Αραβησσού περιλαμβάνει δύο φρέατα τροφοδοσίας με φυσική ροή, ένα φρέαρ (πηγάδα) τροφοδοσίας με άντληση και 11 υδρογεωτρήσεις εκμετάλλευσης, οι οποίες

με άντληση μέσω αγωγών σύνδεσης τροφοδοτούν το υδραγωγείο Αραβησσού. Η λαμβανόμενη παροχή από τις υδροληψίες στην Αραβησσό κυμαίνεται μεταξύ 65.000 και 130.000 m³ την ημέρα και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις χιονοπτώσεις και βροχοπτώσεις κάθε χρονιάς.

Η λήψη του νερού από τον Αλιάκμονα ξεκινά από τη θέση Βαρβάρες, 40 περίπου χιλιόμετρα από τις εκβολές του ποταμού. Με ενωτική διώρυγα το νερό μεταφέρεται με ελεύθερη ροή μέχρι τον Αξιό σε μήκος 50 χιλιομέτρων, για να καταλήξει στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού (δυλιστήριο).

Το καθαρό πόσιμο νερό καταλήγει σε δεξαμενή χωρητικότητας 75.000 m³ και διανέμεται μέσω δικτύου αγωγών μήκους 36 χιλιομέτρων στις υφιστάμενες δεξαμενές ύδρευσης Διαβατών, Ευόσμου, Πολίχνης, Νεάπολης, Βλατάδων, Τούμπας και Καλαμαριάς, καθώς και στη ΒΙΠΕ.

Οι γεωτρήσεις στον υδροφορέα Καλοχωρίου δε χρησιμοποιούνται λόγω επάρκειας ύδατος. Επίσης, έχουν διατεθεί δύο από αυτές στο δήμο Εχεδώρου. Όσον αφορά στην ποσότητα νερού που μπορεί να ληφθεί από τον υδροφορέα της περιοχής της Σίνδου -μέσω 26 υδρογεωτρήσεων- είναι της τάξης των 30.000 m³ ημερησίως. Στην ευρύτερη περιοχή Αξιού (περιοχές Γέφυρας, Ν. Χαλκηδόνας, Ελεούσας και Αγίου Αθανασίου) υπάρχουν συνολικά 46 υδρογεωτρήσεις εκμετάλλευσης και η συνολικά λαμβανόμενη παροχή είναι της τάξης των 70.000 m³ ημερησίως.

Η υδροληψία στην περιοχή Νάρρες βρίσκεται εντός της κοίτης του Γαλλικού ποταμού και αποτελείται από τρία φρεάτια υδροσυλλογής. Η παροχή που μπορεί να ληφθεί από την υδροληψία Νάρρες μεταβάλλεται από 5.000 m³ την ημέρα έως 25.000 m³ την ημέρα, ανάλογα με τις βροχοπτώσεις και τις χιονοπτώσεις που σημειώνονται κάθε χρονιά. Σήμερα το υδραγωγείο Νάρρες είναι σε ετοιμότητα και δε χρησιμοποιείται.

Η παροχή των πηγών της Αγίας Παρασκευής στο Χορτιάτη χρησιμοποιείται για την ενίσχυση του Δ.Δ. Χορτιάτη και ως εφεδρεία για την υδροδότηση του νοσοκομείου «Γ. Παπανικολάου».

Στην πεδινή περιοχή ανατολικά της Θεσσαλονίκης (περιοχές Μίκρας – Ν. Ρυσιού) υπάρχουν 6 υδρογεωτρήσεις, οι οποίες αποδίδουν συνολικά παροχή 4.500 m³ την ημέρα. Η παροχή αυτή χρησιμοποιείται για την ενίσχυση της δεξαμενής Καλαμαριάς. Σήμερα, οι παραπάνω υδρογεωτρήσεις βρίσκονται σε ετοιμότητα αλλά δε χρησιμοποιούνται.

Οι Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Νερού της Θεσσαλονίκης (ΕΕΝΘ) (Εικόνα 2) βρίσκονται 2 km βόρεια της βιομηχανικής περιοχής Σίνδου, κοντά στην εθνική οδό Θεσσαλονίκης - Έδεσσας. Η λειτουργία του διωλιστηρίου ξεκίνησε τον Αύγουστο του 2003. Η ΕΥΑΘ Α.Ε. είναι κύριος των εγκαταστάσεων κι έχει αναθέσει τη λειτουργία τους σε τρίτο, έχοντας υπό την επίβλεψή της τη λειτουργία των εγκαταστάσεων. Οι εγκαταστάσεις έχουν στην παρούσα φάση δυνατότητα επεξεργασίας 150.000 m³ την ημέρα. Σε εξέλιξη βρίσκεται η μελέτη επέκτασης για παραγωγή επιπλέον 150.000 m³ την ημέρα. Στην πλήρη ανάπτυξή του το διωλιστήριο θα μπορεί να επεξεργαστεί 600.000 m³ την ημέρα. Η μεταφορά του νερού από το φράγμα του Αλιάκμονα (Αγία Βαρβάρα Βέροιας) μέχρι τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας γίνεται μέσω ανοικτής διώρυγας, δίδυμου σιφώνα και κλειστών αγωγών.



Εικόνα 2: Οι Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Νερού της Θεσσαλονίκης (ΕΕΝΘ) (ΕΥΑΘ, 2010, ανακτήθηκε από www.eyath.gr).

Συνοπτικά, η επεξεργασία του νερού ακολουθεί τα παρακάτω στάδια:

- Είσοδος νερού στη δεξαμενή Δ2
- Προζόνωση – διόρθωση pH – ταχεία ανάμιξη
- Κροκίδωση – καθίζηση
- Δύλιση μέσω κλινών άμμου
- Οζόνωση
- Κλίνες ενεργού άνθρακα (GAC) – μονάδα αναγέννησης
- Χλωρίωση
- Διόρθωση pH με προσθήκη υδρασβέστου
- Έξοδος – αποθήκευση

Στις ΕΕΝΘ υπάρχουν εγκατεστημένες μονάδες αποθήκευσης, προετοιμασίας και δοσιμέτρησης των χημικών διεργασίας (θεικού οξέος, πολυηλεκτρολυτών, θεικού αργιλίου, χλωρίου και ασβέστη), γραμμή επεξεργασίας της ιλύος που παράγεται στις δεξαμενές κροκίδωσης -καθίζησης, γραμμή επεξεργασίας των νερών έκπλυσης (περιλαμβάνει και ειδική μονάδα απομάκρυνσης στερεών), δίκτυα ομβρίων, ύδρευσης, ακαθάρτων, πυρόσβεσης και λοιπές υποστηρικτικές εγκαταστάσεις. Η εγκατεστημένη ισχύς είναι περίπου 1.400 KW, τροφοδοτείται από το δίκτυο της ΔΕΗ με δύο ανεξάρτητες γραμμές, ενώ υπάρχει εγκατεστημένο και εφεδρικό ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος 450 KW.

Η διαδικασία παραγωγής είναι αυτοματοποιημένη σε μεγάλο βαθμό και περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό on-line οργάνων, που καταγράφουν συνεχώς παραμέτρους λειτουργίας και χαρακτηριστικά του νερού στα διάφορα στάδια (παροχόμετρα, pHμετρα, αγωγιμόμετρα, θολόμετρα, μετρητές υπολειμματικού χλωρίου κ.τ.λ). Τα σήματα των οργάνων αυτών στέλνονται στο κέντρο ελέγχου των εγκαταστάσεων, στο οποίο είναι εγκατεστημένο και το μιμικό διάγραμμα των λειτουργιών. Στον ίδιο χώρο υπάρχει εγκατεστημένο και το scada του αντλιοστασίου της Σίνδου.

Ο εργαστηριακός έλεγχος του παραγόμενου ύδατος καθώς και της λειτουργίας όλων των ενδιάμεσων σταδίων παραγωγής γίνεται στο εργαστήριο των εγκαταστάσεων και στο Εργαστήριο Ελέγχου Πόσιμου Νερού της ΕΥΑΘ, όπου μεγάλος αριθμός δειγμάτων εξετάζεται καθημερινά σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία για την «ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης» ΚΥΑ Υ2/2600/2001.

Η ευρύτερη περιοχή Θεσσαλονίκης υδροδοτείται σήμερα από τα υδραγωγεία Αραβησσού - Αξιού και το δυλιστήριο, ενώ τα υδραγωγεία Νάρρες, Σίνδου και Καλοχωρίου είναι σε ετοιμότητα.

Το υδραγωγείο Αραβησσού έχει μήκος 56 km περίπου και μεταφέρει με βαρύτητα το νερό του υδροφορέα περιοχής Πάικου στη Θεσσαλονίκη. Η κατασκευή του ολοκληρώθηκε το 1978 και έκτοτε λειτουργεί για την υδροδότηση της Θεσσαλονίκης και της Βιομηχανικής της Περιοχής (ΒΙ.ΠΕ.Θ.).

Το υδραγωγείο Αξιού, το οποίο άρχισε να λειτουργεί το 1976, συνδέεται με το υδραγωγείο Αραβησσού μέσω δικλείδων. Ο αγωγός μεταφοράς του υδραγωγείου συγκεντρώνει το νερό που αντλείται από τις υδρογεωτρήσεις Αξιού, Ελεούσας, Γέφυρας και Αγίου Αθανασίου Θεσσαλονίκης.

Το εξωτερικό υδραγωγείο Νάρρες τέθηκε σε λειτουργία το 1968 και η υδροληψία του κατασκευάστηκε στην κοίτη του Γαλλικού ποταμού. Το υδραγωγείο λειτουργεί με βαρύτητα και τροφοδοτεί τη δεξαμενή Διαβατών, από την οποία υδροδοτούνταν στο παρελθόν τμήμα της Δυτικής Θεσσαλονίκης κι οι εγκαταστάσεις της ΕΚΟ. Σήμερα δε χρησιμοποιείται και είναι σε αναμονή.

Το υδραγωγείο Σίνδου συγκεντρώνει τις παροχές νερού των υδρογεωτρήσεων του υδροφορέα Σίνδου και λειτουργεί με βαρύτητα. Σήμερα βρίσκεται σε ετοιμότητα για έκτακτες περιπτώσεις λειψυδρίας.

Το υδραγωγείο Καλοχωρίου συγκεντρώνει τις παροχές νερού των υδρογεωτρήσεων του υδροφορέα Καλοχωρίου κι αποτελείται σήμερα από κτιστό αγωγό μήκους 1.000 μέτρων. Το νερό του καταλήγει στο αντλιοστάσιο Καλοχωρίου, από το οποίο μπορεί με ώθηση να ενισχύσει τη δεξαμενή Διαβατών ή το αντλιοστάσιο Δενδροποτάμου. Σήμερα δε χρησιμοποιούνται οι γεωτρήσεις του.

Το νερό από το αντλιοστάσιο του Δενδροποτάμου, μέσω χαλύβδινου αγωγού υψηλής πίεσης, υδροδοτεί το κέντρο της Θεσσαλονίκης. Ειδικότερα, μέσω του αντλιοστασίου της Ευαγγελίστριας, το νερό ωθείται στη δεξαμενή Αγίου Παύλου για την υδροδότηση του κέντρου πόλεως και στη δεξαμενή 40 Εκκλησιών για την υδροδότηση περιοχών των 40 Εκκλησιών και της Τριανδρίας.

Το αντλιοστάσιο του Δενδροποτάμου, μέσω χαλύβδινου αγωγού χαμηλής πίεσης, υδροδοτεί επίσης ολόκληρη την Ανατολική Θεσσαλονίκη καθώς και τμήμα των δυτικών περιοχών. Μέσω του αγωγού χαμηλής πίεσεως τροφοδοτείται το αντλιοστάσιο Κασσάνδρου, από το οποίο το νερό προωθείται στη δεξαμενή Τούμπας. Από εκεί, μέσω αντλιοστασίου και ωθητικού αγωγού, το νερό ωθείται στη δεξαμενή Πυλαίας από την οποία υδροδοτείται απευθείας η υψηλή ζώνη Καλαμαριάς και με ώθηση η ευρύτερη περιοχή.

Τον Ιούνιο του 2007 τέθηκε σε λειτουργία το νέο αντλιοστάσιο - δεξαμενή Καλλιρράχης. Το αντλιοστάσιο κατασκευάστηκε στα πλαίσια ενίσχυσης της υδροδότησης των Δ.Δ. Χορτιάτη και Εξοχής. Το νέο αντλιοστάσιο - δεξαμενή, με δυνατότητα αποθήκευσης 80 m³ και παροχή περίπου 750 m³ ημερησίως, αποτελεί μέρος της α' φάσης του έργου, με πρόβλεψη για αύξηση της ημερήσιας παροχής σε 1.000 m³. Ο προϋπολογισμός του έργου ανήλθε στα 25.000 ευρώ.

Η ΕΥΑΘ Α.Ε. λειτουργεί και διαχειρίζεται ένα σύνολο εγκαταστάσεων και αντλιοστασίων τόσο για τη διύλιση και μεταφορά του πόσιμου νερού όσο και για την

απομάκρυνση κι επεξεργασία των λυμάτων από το Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης.

1.4 Κατανάλωση νερού

Με τον όρο κατανάλωση νερού, ορίζεται η ποσότητα νερού που αφαιρείται από ένα υδάτινο σώμα (π.χ. υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας, λίμνη κ.α.), το οποίο χάνεται είτε προς την ατμόσφαιρα με τη διεργασία της εξατμισοδιαπνοής, είτε με την αποθήκευση στο σώμα ζωντανών οργανισμών (Ναλμπάντης, 2007). Στην περίπτωση των δικτύων ύδρευσης, η κατανάλωση νερού περιλαμβάνει οποιοδήποτε σημείο διαφυγής του νερού, είτε αυτό συμβαίνει για κάλυψη αναγκών των καταναλωτών, είτε ως απώλεια. Το νερό που χρησιμοποιείται σε κάθε χώρα διανέμεται στη γεωργία, τη βιομηχανία και την οικιακή χρήση. Σε παγκόσμιο επίπεδο, υπολογίζεται ότι το 70% περίπου του γλυκού νερού που καταναλώνει ο άνθρωπος για τις καθημερινές του ανάγκες χρησιμοποιείται για την άρδευση των καλλιεργειών (ΕΥΔΑΠ, 2010). Ωστόσο, η κατανομή του νερού στις τρεις δραστηριότητες εξαρτάται από το βαθμό και το είδος της ανάπτυξης της χώρας.

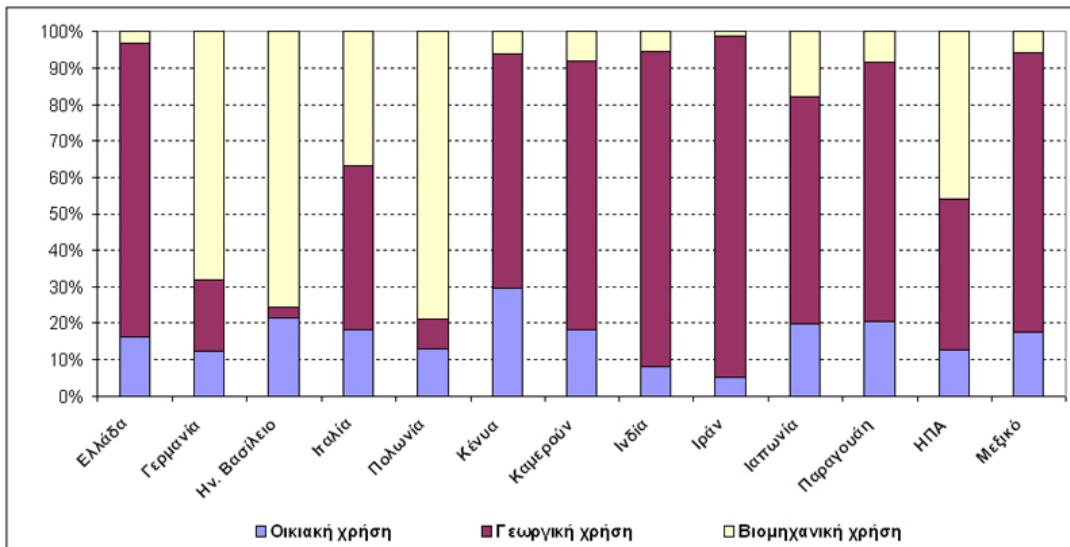
Όπως αναφέρθηκε συνοπτικά και προηγουμένως, το νερό μπορεί να καταναλωθεί για οικιακή, γεωργική-κτηνοτροφική και εμπορική-βιομηχανική, δημόσια χρήση καθώς επίσης και με την μορφή απώλειας (Steel and McGhee, 1979). Η οικιακή χρήση είναι η κυριότερη μορφή κατανάλωσης νερού στις αστικές περιοχές, όπου οι οικισμοί είναι εκτεταμένοι. Αφορά την ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται στις οικίες του μόνιμου πληθυσμού, προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες των νοικοκυριών. Πιο συγκεκριμένα, στις οικιακές χρήσεις περιλαμβάνεται το πόσιμο νερό, η προσωπική υγιεινή των μελών του νοικοκυριού (π.χ. λουτρό), οι ανάγκες της κουζίνας (π.χ. μαγείρεμα, πλύσιμο πιάτων), οι ανάγκες μπάνιου (πλύσιμο ρούχων, τουαλέτα), η καθαριότητα του σπιτιού, το πλύσιμο του αυτοκινήτου και η άρδευση των ιδιωτικών κήπων. Η γεωργική και κτηνοτροφική χρήση είναι αμελητέα στις αστικές περιοχές και περιλαμβάνει την άρδευση γεωργικών εκτάσεων καθώς και τις ανάγκες των κτηνοτροφικών μονάδων (αντίστοιχες καταναλώσεις δεν υφίστανται στην περιοχή της μελέτης). Η εμπορική και βιομηχανική χρήση περιλαμβάνει καταναλώσεις βιομηχανιών, βιοτεχνιών, επιχειρήσεων και λοιπών επαγγελματικών χώρων. Αυτή η μορφή κατανάλωσης είναι υπαρκτή σε μεγάλα αστικά κέντρα, όπως

και αποτελεί η περιοχή της μελέτης μας, όπου αποτελούν κέντρα εργατικής απασχόλησης. Τέλος, μερίδιο στην κατανάλωση νερού φέρουν η δημόσια-δημοτική χρήση που περιλαμβάνει την κατανάλωση νερού από δημόσια κτίρια (π.χ. σχολεία, νοσοκομεία κ.α.) και δημόσιες υπηρεσίες γενικότερα (π.χ. Ο.Τ.Α. για άρδευση δημοτικών κήπων, πυρόσβεση κ.α.) καθώς και η ποσότητα νερού που δεν καταναλώνεται αλλά χάνεται από το δίκτυο ύδρευσης με την μορφή απώλειας λόγω της παλαιότητας του δικτύου, των συνήθων φθορών του και διαφόρων άλλων παραγόντων όπως διαρροές ή υπερχειλίση δεξαμενών, παράνομες συνδέσεις με το δίκτυο κ.α.

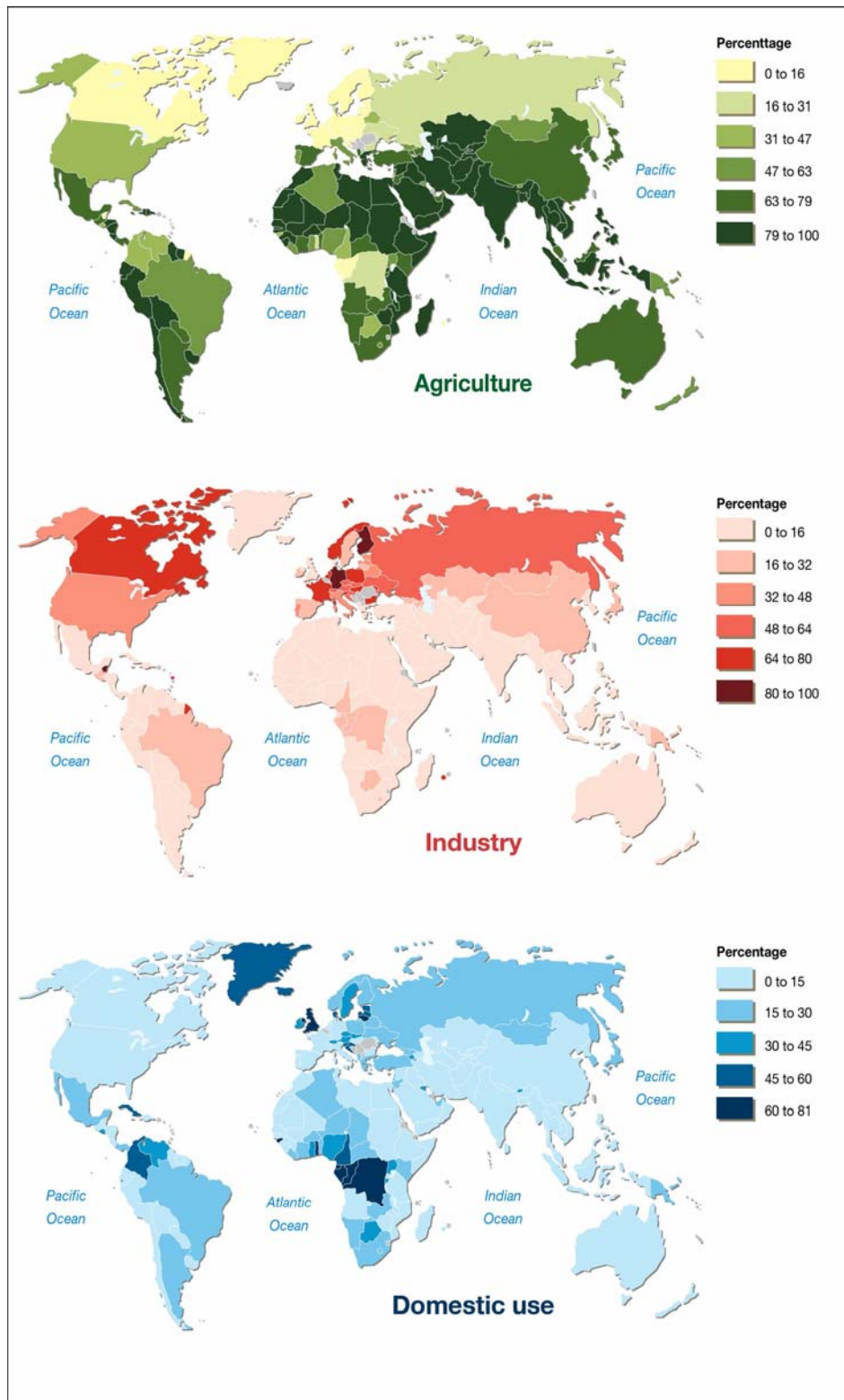
Η ύδρευση αποτελεί την σημαντικότερη παροχή και είναι τόσο κοινωνικά καταξιωμένη όσο και θεσμικά κατοχυρωμένη (Ν. 1739/87) (Κουτσογιάννης και Ευστρατιάδης, 2007). Στην Ελλάδα, το μεγαλύτερο ποσοστό νερού καταναλώνεται σε γεωργικές χρήσεις, ακολούθως σε οικιακές χρήσεις και λιγότερο οι βιομηχανικές. Στις ανεπτυγμένες βιομηχανικά χώρες, όπως η Αγγλία και η Γερμανία, το μεγαλύτερο ποσοστό του διαθέσιμου νερού διοχετεύεται στη βιομηχανία. Αντίθετα, στις χώρες που η ανεπτυγμένη γεωργία τους στηρίζεται στις αρδευόμενες καλλιέργειες, το περισσότερο νερό διοχετεύεται στη γεωργία. Η κατανάλωση του νερού για οικιακή χρήση, είναι ανάλογη με το βιοτικό επίπεδο μιας χώρας. Υψηλότερο βιοτικό επίπεδο, μεγαλύτερο κατά άτομο εισόδημα, συνεπάγεται και μεγαλύτερη κατανάλωση νερού (μεγαλύτερα σπίτια, καλύτερες συνθήκες καθαριότητας και υγιεινής, αλλαγή τρόπου ζωής κ.λπ.). Αυτό όμως δεν ισχύει πάντα.

Στην Εικόνα 3 παρουσιάζεται η κατανάλωση νερού σε διάφορες χώρες του πλανήτη κατά το έτος 2000 καθώς και τα ποσοστά χρήσης του νερού στους τρεις τομείς (αστική, γεωργική βιομηχανική). Σύμφωνα με τον FAO, το 2007 στην Αφρική το 84% (και στην Ασία και τον Ειρηνικό το 79%) του καταναλισκόμενου νερού αφορούσε αγροτικές χρήσεις ενώ στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική το αντίστοιχο ποσοστό ήταν μικρότερο του 40% (Εικόνα 4).

Χώρα	Πληθυσμός	Συνολική κατανάλωση νερού (10 ⁶ κυβ. μέτρα)	Κατανάλωση ανά άτομο (κυβ. μέτρα / άτομο)	Ποσοστό οικιακής χρήσης (%)	Ποσοστό γεωργικής χρήσης (%)	Ποσοστό βιομηχανικής χρήσης (%)
Ελλάδα	11.048.000	7.760	702	16,4	80,5	3,22
Γερμανία	82.507.000	47.000	570	12,3	19,8	67,9
Ην. Βασίλειο	59.305.000	9.540	161	21,7	2,94	75,4
Ιταλία	57.880.000	44.400	767	18,2	45,1	36,7
Πολωνία	38.612.000	16.200	420	13	8,33	78,7
Κένυα	32.040.000	1.580	49	29,7	63,9	6,33
Καμερούν	15.455.000	990	64	18,2	73,7	8,08
Ινδία	1.054.373.000	646.000	613	8,09	86,5	5,45
Ιράν	67.587.000	88.500	1.309	5,08	93,8	1,13
Ιαπωνία	127.525.000	88.400	693	19,7	62,5	17,9
Παραγουάη	5.740.000	490	85	20,4	71,4	8,16
ΗΠΑ	289.821.000	479.000	1.654	12,7	41,3	46
Μεξικό	102.946.000	78.200	760	17,4	77,1	5,48

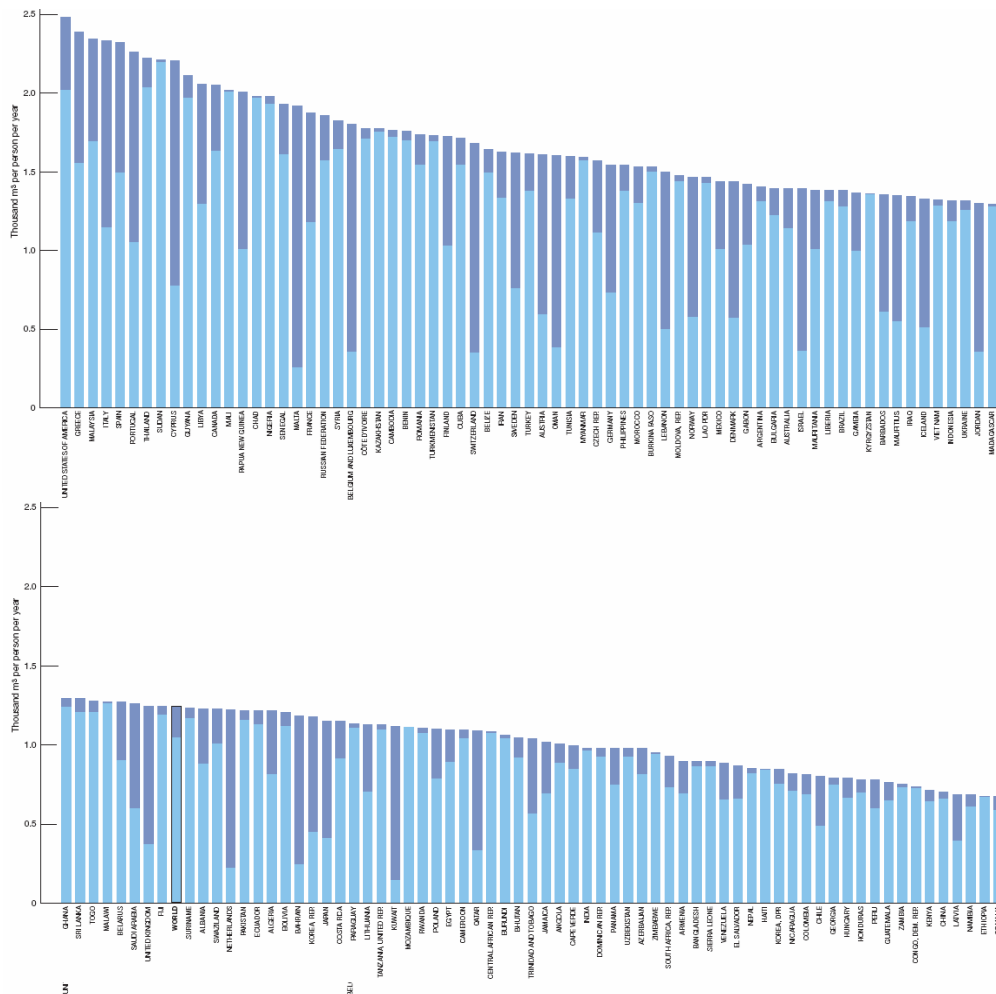


Εικόνα 3: Κατανάλωση νερού σε διάφορες χώρες του πλανήτη το 2000 ανά τομέα χρήσης (FAO-AQUASTAT, 2010).

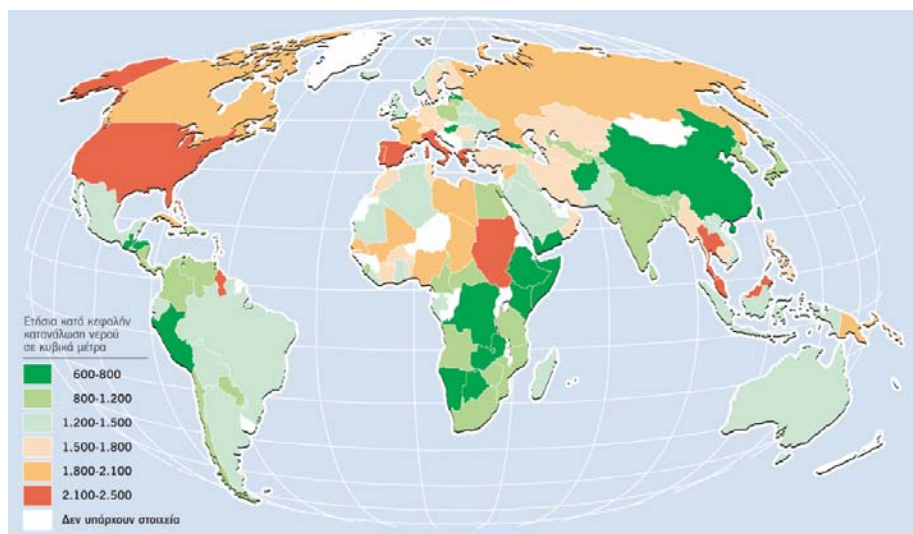


Εικόνα 4: Χωρική απεικόνιση της παγκόσμιας κατανάλωσης νερού ανά τομέα χρήσης (World Resources 2000-2001, People and Ecosystems: The Fraying Web of Life, World Resources Institute (WRI), Washington DC, 2000).

Σε περιοχές με ραγδαία αύξηση πληθυσμού, όπως αποτελεί η Ασία, η κατανάλωση νερού για οικιακή χρήση αυξάνεται ταχύτατα (Saleth and Dinar, 2000). Κάτοικοι των ανεπτυγμένων χωρών φαίνεται να καταναλώνουν πολλαπλάσιες ποσότητες νερού σε σχέση με εκείνους των αναπτυσσόμενων. Ένας μέσος καταναλωτής των ανεπτυγμένων χωρών καταναλώνει 10 πλάσια ποσότητα νερού, περίπου 500-800 l/day (300 m³ ετησίως). Στους μεγαλοαστικούς οικισμούς καταναλώνονται 300-600 l/day και αντιστοίχως στις μικρές πόλεις είναι 100-150 l/day. Σε αναπτυσσόμενες χώρες στην Ασία, Αφρική και Λατινική Αμερική η αντίστοιχη ποσότητα φτάνει μόλις 50-100 l/day (30 m³), ενώ σε περιοχές με ανεπαρκείς υδατικούς πόρους το ποσό αυτό φτάνει 10-40 λίτρα (Μεσόγειος SOS, 2008). Ιδιαίτερα δυσμενής είναι η θέση της χώρας μας και όσον αφορά την κατανάλωση νερού. Το «αποτύπωμα νερού», το οποίο άρχισε να χρησιμοποιείται ως όρος από το 2002, μπορεί να εκφραστεί σε επίπεδο ατομικής κατανάλωσης, σε επίπεδο ενός προϊόντος, ακόμα και ενός κράτους. Με τον όρο αυτό, εκφράζεται το «πραγματικό νερό» που χρησιμοποιείται, όχι μόνο άμεσα (για βρώση, καθαριότητα κ.λπ.), αλλά και έμμεσα μέσω όλων των προϊόντων που καταναλώνονται. Με μέση ετήσια κατανάλωση 2.389 κυβικών μέτρων ανά κάτοικο, έχουμε το δεύτερο μεγαλύτερο «υδατικό αποτύπωμα» μετά τις ΗΠΑ και διπλάσιο του παγκόσμιου μέσου όρου (1.243 κυβικά μέτρα/έτος/κάτοικο) (Εικόνα 5, 6). Το μεγάλο υδατικό μας αποτύπωμα αποδίδεται στην αυξημένη χρήση νερού για τη γεωργία, στις απώλειες που παρουσιάζει το απαρχαιωμένο αρδευτικό και υδρευτικό δίκτυο της χώρας, αλλά και στη συνολική κακοδιαχείριση των υδάτινων πόρων. Γενικά, στον παγκόσμιο χάρτη του αποτυπώματος νερού παρατηρείται μια εικόνα παρόμοια με τον χάρτη για τις εκπομπές αερίου του θερμοκηπίου, που δείχνει ότι η υψηλή κατανάλωση νερού συμβαδίζει με τη ζήτηση ενέργειας, απότοκο ενός μοντέλου ενεργοβόρου και υδροβόρου. Έτσι, οι ΗΠΑ, οι χώρες της Ευρώπης και η Ρωσία είναι στην πρώτη γραμμή της χρήσης νερού. Αυτό που διαφέρει -και προκαλεί εντύπωση- είναι η πολύ αυξημένη καταγραφή των μεσογειακών χωρών (Ελλάδα, Ιταλία, Ισπανία, Πορτογαλία), γεγονός που οφείλεται στον ιδιαίτερα υδροβόρο γεωργικό τομέα, τις κλιματικές συνθήκες και την υψηλή σχετικά κατανάλωση (Review of Living Planet, WWF, 2008).



Εικόνα 5: Υδατικό αποτύπωμα κατανάλωσης νερού ανά άτομο ανά χώρα (Review of Living Planet, WWF, Global Footprint Network and Zoological Society of London, 2008).



Εικόνα 6: Χωρική απεικόνιση του «υδατικού αποτυπώματος κατανάλωσης νερού ανά άτομο ανά χώρα (Charagain and Hoekstra, 2004).

1.5 Παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση νερού

Στην βιβλιογραφία υπάρχουν πολλά μοντέλα κατανάλωσης, προσφέροντας και πληροφορίες σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση νερού (Πλεξίδα, 2010). Η κατανάλωση νερού φαίνεται να επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Το μέγεθος του πληθυσμού (OFWAT, 2000; EEA, 2001), ο αριθμός μελών των νοικοκυριών (Hunnings, 1996; OFWAT, 2000; AWWArf, 2001), η ηλικία των μελών, το επίπεδο μόρφωσης και το εισόδημα (Portnov and Meir, 2008), προσωπικές συνήθειες, τοπικές και πολιτιστικές συνήθειες (Maddaus et al., 1996), το μέγεθος του νοικοκυριού, η τιμολογιακή πολιτική του νερού (Campbell et al., 2004), οι κλιματικές συνθήκες (Portnov and Meir, 2008), η πρόοδος της τεχνολογίας (Princen, 1999; EEA, 2001), καθώς και η ψυχολογική ιδιοσυγκρασία των καταναλωτών (Jorgensen et al., 2009) είναι μερικοί από αυτούς.

Τα χαρακτηριστικά του νοικοκυριού αποτελούν σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει την κατανάλωση του νερού. Το μέγεθος του νοικοκυριού φαίνεται να σχετίζεται θετικά στην κατανάλωση νερού (Nieswiadomy and Molina, 1989; Nieswiadomy, 1992; Dandy et al., 1997; Renwick et al., 1998; Nancarrow et al., 2004). Πολυμελείς οικογένειες καταναλώνουν περισσότερο νερό. Επιπλέον οι ηλικίες των μελών από τα οποία απαρτίζεται το νοικοκυριό, επηρεάζει την κατανάλωση (Nieswiadomy and Molina, 1989; Lyman, 1992). Οικογένειες με πολλά παιδιά και εφήβους παρουσιάζουν μεγαλύτερη κατανάλωση σύμφωνα με τους Nauges και Thomas (2000).

Μελέτες απέδειξαν την στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση που φαίνεται να παρουσιάζεται μεταξύ της κατανάλωσης νερού με το εισόδημα των νοικοκυριών (Jones and Morris, 1984; Moncur, 1987; Renwick and Green, 1999; Nancarrow et al., 2004). Λόγω της προστασίας της πληροφορίας του εισοδήματος σε ορισμένες χώρες, αρκετές μελέτες συσχέτισαν την κατανάλωση με την αξία των ακινήτων, δείχνοντας ότι σε περιοχές με υψηλή αξία ακινήτων, τα επίπεδα κατανάλωσης νερού ήταν υψηλά (Primeaux and Hollman, 1973; Nieswiadomy and Molina, 1989; Dandy et al., 1997). Επιπλέον έρευνες έδειξαν ότι καταναλωτές με υψηλά εισοδήματα καταναλώνουν μεγαλύτερες ποσότητες, χωρίς να επηρεάζονται και από αντίστοιχες τιμολογιακές πολιτικές για το νερό, δεδομένου ότι το κόστος του επηρεάζει ένα πολύ μικρό ποσοστό του εισοδήματός τους (Hanke and de Maré, 1982; Agthe and Billings, 1987, 1997; Renwick and Archibald 1998; Saleth and Dinar, 2000; Dube and Van der Zaag

2003). Ωστόσο, υπήρξαν μελέτες που έδειχναν πως μεγαλύτερη αντίδραση στην αύξηση της τιμής του νερού είχαν υψηλόμισθοι καταναλωτές σε σύγκριση με τους χαμηλόμισθους (Dalhuisen et al., 2003), ενώ οι Portnov and Meir (2008) ισχυρίζονται πως υψηλόμισθες κοινωνίες με ήδη υψηλές καταναλώσεις νερού εμφανίζουν με μικρότερο αριθμό αύξηση των καταναλώσεων σε αντίθεση με χαμηλόμισθες που είχαν πολύ χαμηλές καταναλώσεις και έχουν αρκετά περιθώρια να τις αυξήσουν.

Άτομα με υψηλότερα επίπεδα εκπαίδευσης φαίνεται να έχουν πιο ευαισθητοποιημένη αντίληψη σχετικά με την ορθολογική διαχείριση του νερού. Καταναλωτές υψηλού μορφωτικού επιπέδου γνωρίζουν τα προβλήματα της σύγχρονης εποχής σχετικά με την κατανάλωση νερού και την διαθεσιμότητά του και ενημερώνονται ορθότερα και γρηγορότερα σχετικά με νέες τεχνικές για ορθολογική διαχείριση, αλλάζοντας ακόμα και συνήθειες από την ζωή τους (Portnov and Meir, 2008). Ωστόσο οι Troy et al. (2005) και Keshavarzi et al. (2006) έδειξαν ότι τα νοικοκυριά σε περιοχές με μεγαλύτερα ποσοστά κατοίκων υψηλού μορφωτικού επιπέδου συνδέονται με τη μεγαλύτερη κατανάλωση νερού. Αντίστοιχα αποτελέσματα μας παρουσιάζουν οι Cheruseril και Arrowsmith (2007).

Επιπλέον η βιβλιογραφία μας δείχνει ότι ο τύπος και το μέγεθος της κατοικίας επιδρούν στην κατανάλωση νερού. Συγκεκριμένα ανεξάρτητες κατοικίες-μονοκατοικίες καταναλώνουν μεγαλύτερες ποσότητες νερού σύμφωνα με τους Troy και Holloway (2004), Cheruseril και Arrowsmith (2007). Είναι λογικό σε σπίτια με κήπους και εξωτερικούς χώρους (π.χ. πισίνες) να υφίσταται εκτεταμένη χρήση νερού από ότι σε ένα διαμέρισμα.

Το κλίμα μιας περιοχής αποτελεί μια πολυπαραγοντική μεταβλητή που επηρεάζει την κατανάλωση νερού. Η θερμοκρασία, το σύνολο των βροχοπτώσεων, η υγρασία και η εξατμισοδιαπνοή είναι μεταβλητές που έχουν μελετηθεί για να συσχετιστούν με την κατανάλωση νερού. Οι Martínez-Españeira (2001) έδειξαν ότι η κατανάλωση είναι μεγαλύτερη τις περιόδους έντονων βροχοπτώσεων, γεγονός που το ερμήνευσαν σε ψυχολογικούς παράγοντες. Μείωση της κατανάλωσης παρατηρείται τους Χειμερινούς μήνες και αύξηση τους Καλοκαιρινούς μήνες (Nieswiadomy and Molina, 1991; Troy et al., 2005). Οι Foster και Beattie (1979) και οι Reid Crowther & Partners (1992), συσχέτισαν την κατανάλωση με τα επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας μιας περιοχής. Τέλος η κατανάλωση νερού κατά τη διάρκεια του Καλοκαιριού δείχνει να είναι περισσότερο ελαστική σε ότι αφορά την αύξηση της τιμής, σε σχέση με το Χειμώνα, όπου η ζήτηση είναι λιγότερο ευαίσθητη στις πιθανές

διακυμάνσεις της τιμής (Carver and Boland, 1980, Howe, 1982, Griffin and Chang, 1990, Renzetti, 1992, Lyman, 1992, Dandy et al., 1997).

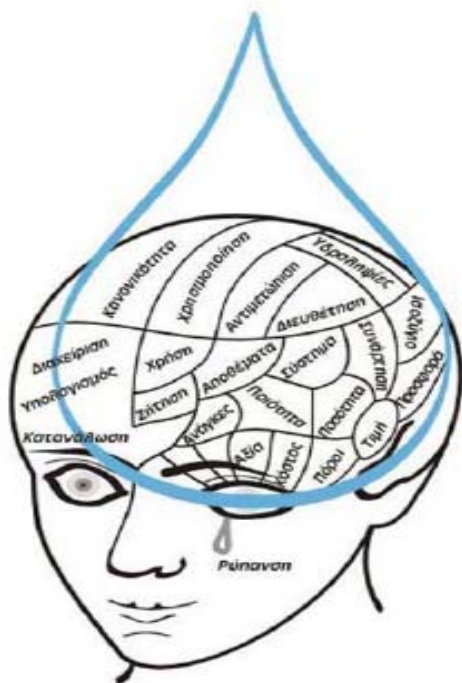
Η τιμολογιακή πολιτική του νερού μπορεί να επηρεάσει την κατανάλωσή του (Portnov and Meir, 2008). Έχει αποδειχθεί ότι οι πολιτικές τιμολόγησης μεταξύ πολιτείας και παρόχων έχουν επηρεάσει αντίστοιχα την κατανάλωση (Qdais and Nassay, 2001). Σε περιόδους λειψυδρίας η κλιμακωτή αύξηση της κατανάλωσης του νερού σε συνδυασμό με τις κατάλληλες απαγορεύσεις-περιορισμούς φαίνεται πως επιδρούν τόσο στην συνολική κατανάλωση όσο και στον ρυθμό αύξησης-μείωσης της. Ωστόσο, ο παράγοντας της τιμολογιακής πολιτικής του νερού φαίνεται να επηρεάζει διαφορετικά τις διάφορες οικονομικές τάξεις ως προς την κατανάλωση νερού, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει η τιμολόγηση του νερού να αποσκοπεί στην ισότητα, την δημόσια υγεία, την οικονομική σταθερότητα, την κοινωνική αποδοχή και τη διαφάνεια (Arbues et al., 2003).

Η πρόοδος της τεχνολογίας μπορεί να επιδράσει στην κατανάλωση νερού. Υιοθέτηση νέων τεχνολογιών, όπως η χρήση νέων αρδευτικών συστημάτων για τους κήπους, χαμηλής ροής καζανάκια και ντουζιέρες καθώς και χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικές συσκευές όπως πλυντήρια πιάτων και ρούχων διασφαλίζουν την εξοικονόμηση σημαντικής ποσότητας νερού (Decook et al., 1988; Chesnutt et al. 1992; Renwick and Archibald, 1998; Mayer et al., 2004; Syme et al., 2004). Ωστόσο και σε αυτήν την περίπτωση υπάρχουν αντικρουόμενα αποτελέσματα καθώς παρατηρήθηκε ακόμα και αύξηση κατανάλωσης με την χρήση λουτρών χαμηλής ροής λόγω της παρατεταμένης χρήσης τους, εμπλέκοντας έτσι και την σύνδεση της χρησιμοποίησης των νέων τεχνολογιών με την συμπεριφορά του ατόμου που την χρησιμοποιεί (Campbell et al., 1996; Mayer et al., 1998; Campbell et al., 2004; Davis, 2006).

Τέλος, οι ιδιαιτερότητες ως προς τον χαρακτήρα και την συμπεριφορά του κάθε καταναλωτή φαίνεται πως επηρεάζουν την κατανάλωση του νερού. Η εμπιστοσύνη μεταξύ των ατόμων μιας κοινωνίας είναι ένας παράγοντας, ο οποίος παρόλο που δεν έχει διερευνηθεί και αναλυθεί διεξοδικά φαίνεται να σχετίζεται με την κατανάλωση (Jorgensen et al., 2009). Οι καταναλωτές φαίνεται να ευαισθητοποιούνται περισσότερο σε θέματα εξοικονόμησης νερού, όταν υπάρχει εμπιστοσύνη στην πολιτεία και στις αρχές που ρυθμίζουν την παροχή του εξασφαλίζοντας την ορθολογική του χρήση αδιακρίτως προς όλους, εδραιώνοντας με αυτόν τον τρόπο την εμπιστοσύνη και μεταξύ των καταναλωτών. Επιπλέον,

στρατηγικές ενημέρωσης ορθολογικής χρήσης του νερού έδειξαν αντικρουόμενα αποτελέσματα και πολλές φορές απεδείχθησαν αναποτελεσματικές καθώς δεν λάμβαναν υπόψη την ψυχολογική ιδιοσυγκρασία των καταναλωτών (Nancarrow et al., 1995; Syme et al., 2000; Winter, 2000; Gregory and Di Leo, 2003; Barta, 2004; Campbell et al., 2004). Αντίθετα όταν η ενημέρωσή τους περιελάμβανε και αποτελέσματα βασισμένα στην συμπεριφορά τους, φαίνεται πως ευαισθητοποιούσε περισσότερο τους καταναλωτές και υπήρχε μείωση της κατανάλωσης (Aitken et al., 1994).

Πολλές μελέτες έχουν γίνει για την εύρεση των παραγόντων που επηρεάζουν την κατανάλωση νερού, ωστόσο οι περισσότερες είναι βασισμένες σε συγκεκριμένες περιοχές. Αντίστοιχα μοντέλα έχουν αναπτυχθεί απευθυνόμενα στις περιοχές αυτές. Ωστόσο αυτό δεν σημαίνει πως ισχύουν καθολικά, σε όλες τις περιοχές και κοινωνίες της υφηλίου. Το γεγονός αυτό αποδεικνύεται και από τις αντικρουόμενες απόψεις των διαφόρων μελετών σχετικά με το θέμα. Η διαχείριση και κατά συνέπεια η κατανάλωση του νερού φαίνεται να είναι μια σύνθετη και πολυπαραγοντική διαδικασία (Εικόνα 7), που βασίζεται στις ιδιαιτερότητες των καταναλωτών και της περιοχής που μελετάται.



Εικόνα 7: Αλληγορική εικόνα με τους παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη διαχείριση των υδατικών πόρων (Erhard-Cassegrain and A.-Margat J., 1983)

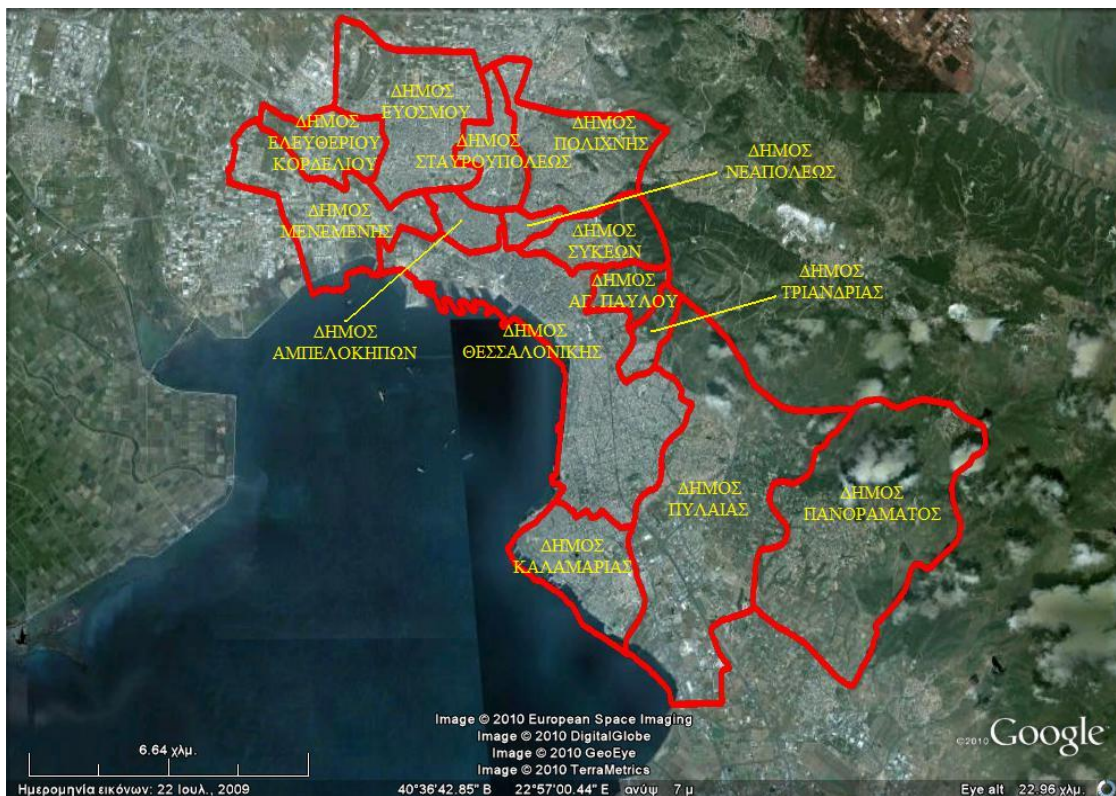
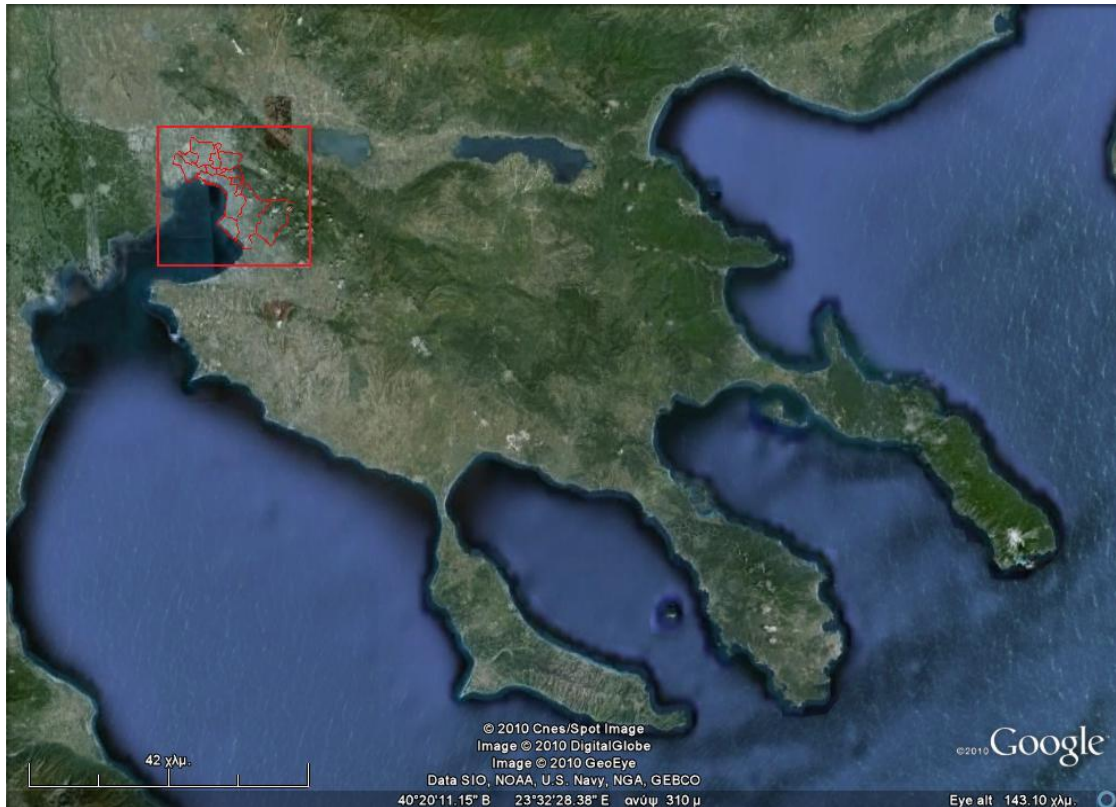
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

2.1 Περιοχή της μελέτης

Η παρούσα μελέτη εστιάζεται στην χωρο-χρονική ανάλυση της κατανάλωσης νερού για το πολεοδομικό συγκρότημα Θεσσαλονίκης. Συγκεκριμένα, το πολεοδομικό συγκρότημα Θεσσαλονίκης αποτελείται από 15 Δήμους, το Δ. Θεσσαλονίκης, Αγίου Παύλου, Αμπελοκήπων, Ελευθερίου-Κορδελιού, Ευκαρπίας, Εύοσμου, Καλαμαριάς, Μενεμένης, Νεάπολης, Πεύκων, Πολίχνης, Πυλαίας, Σταυρούπολης, Συκεών και Τριανδρίας. Από το σύνολο των 15 Δήμων του πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης, η μελέτη εστιάζεται στους 14 (εκτός του Δ. Ευκαρπίας) που υδροδοτούνται από την ΕΥΑΘ (Εταιρία Ύδρευσης Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης) (Εικόνα 8). Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι 14 Δήμοι με την έκταση, τον πραγματικό πληθυσμό (απογραφή βάση του τόπου μόνιμης κατοικίας) και την πυκνότητα του πληθυσμού τους.

ΔΗΜΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ (m ²)	%	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	%	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (κάτοικοι/ha)
ΔΗΜΟΣ ΑΓΙΟΥ ΠΑΥΛΟΥ	1852350	3	8192	1	44
ΔΗΜΟΣ ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΩΝ	1746150	3	43016	5	246
ΔΗΜΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ-ΚΟΡΔΕΛΙΟΥ	3552600	6	22349	3	63
ΔΗΜΟΣ ΕΥΟΣΜΟΥ	9961880	18	54825	7	55
ΔΗΜΟΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	1828440	3	385406	47	2108
ΔΗΜΟΣ ΚΑΛΑΜΑΡΙΑΣ	6508660	12	90096	11	138
ΔΗΜΟΣ ΜΕΝΕΜΕΝΗΣ	8351570	15	15133	2	18
ΔΗΜΟΣ ΝΕΑΠΟΛΕΩΣ	889960	2	31830	4	358
ΔΗΜΟΣ ΠΑΝΟΡΑΜΑΤΟΣ	2110160	4	14456	2	69
ΔΗΜΟΣ ΠΟΛΙΧΝΗΣ	7498240	14	37569	5	50
ΔΗΜΟΣ ΠΥΛΑΙΑΣ	2493090	4	22928	3	92
ΔΗΜΟΣ ΣΤΑΥΡΟΥΠΟΛΕΩΣ	3327610	6	43576	5	131
ΔΗΜΟΣ ΣΥΚΕΩΝ	3825920	7	42787	5	112
ΔΗΜΟΣ ΤΡΙΑΝΔΡΙΑΣ	1476130	3	11750	1	80
ΣΥΝΟΛΟ	55422760		823913		149

Πίνακα 1: Έκταση και πραγματικός πληθυσμός σε απόλυτο αριθμό και ποσοστό και πυκνότητα πληθυσμού των Δήμων του Πολεοδομικού Συγκροτήματος Θεσσαλονίκης που εξυπηρετούνται από την ΕΥΑΘ (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2001).



Εικόνα 8: Δορυφορική απεικόνιση της περιοχή μελέτης του πολεοδομικού συγκροτήματος Θεσσαλονίκης. (Google Earth, 2010, μετά από ίδια επεξεργασία).

Η περιοχή μελέτης αποτελεί το δεύτερο πολυπληθέστερο υδροδοτούμενο συγκρότημα της χώρας μετά της Αθήνας, συγκεντρώνοντας περίπου 824000 κατοίκους πραγματικό πληθυσμό, σε μια έκταση 55422760 m² σύμφωνα με τα στοιχεία της απογραφής της ΕΣΥΕ το 2001. Ο Δ. Θεσσαλονίκης αποτελεί τον πυκνότερο του συγκροτήματος (με 2108 κατοίκους/ha) με τον Δ. Νεαπόλεως, Αμπελοκήπων και Καλαμαριάς να ακολουθούν (με 358, 246 και 138 κατοίκους/ha αντίστοιχα), ενώ ο Δ. Μενεμένης αποτελεί τον πιο αραιοκατοικημένο του συγκροτήματος (με μόλις 18 κατοίκους/ha).

2.2 Πηγή δεδομένων

Τα δεδομένα που αφορούν την κατανάλωση νερού για την περιοχή ενδιαφέροντος, παραχωρήθηκαν από την Διεύθυνση Καταναλωτών της ΕΥΑΘ. Τα δεδομένα που μας κοινοποιήθηκαν είχαν τόσο την χρονική όσο και την χωρική πληροφορία. Συγκεκριμένα, τα δεδομένα αυτά αφορούσαν καταναλώσεις νερού για τα έτη 2001, 2005 και 2009. Αναλυτικότερα μας κοινοποιήθηκαν η συνολική τετραμηνιαία κατανάλωση νερού σε m³ ανά υδροδοτική ζώνη, ο αριθμός των καταναλωτών ανά υδροδοτική ζώνη (αριθμός υδρομετρικών ρολογιών) και ο μέσος αριθμός τιμολογούμενων m³ ανά καταναλωτή και ανά υδροδοτική ζώνη (αποτελούσε το πηλίκο της συνολικής κατανάλωσης νερού σε m³ ανά υδροδοτική ζώνη προς τον αριθμό των καταναλωτών ανά υδροδοτική ζώνη). Δείγμα των δεδομένων που μας παραχωρήθηκαν απεικονίζονται στον Πίνακα 2. Επιπλέον, παραχωρήθηκε αναλογικός χάρτης των 73 ζωνών υδροδότησης του δικτύου της ΕΥΑΘ, κατανέμοντας χωρικά την πληροφορία.

Α' ΤΕΤΡΑΜΗΝΟ 2005			
ΥΔΡ. ΖΩΝΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΤΑΝ.	ΧΡΕΩΣΗ M³	ΜΕΣΗ ΧΡΕΩΣΗ
1	2961	81828	28
2	5223	132077	25
3	4140	107885	26
4	2866	79707	28
5	1923	56886	30
6	4257	139599	33
7	2428	80821	33
8	5026	147667	29
9	6933	247453	36
10	8556	290488	34

Πίνακας 2: Δείγμα δεδομένων όπως μας παραχωρήθηκαν από την ΕΥΑΘ.

Οι ζώνες υδροδότησης ξεκίνησαν να χαράσσονται και να πραγματοποιούνται εδώ και 40 χρόνια χωρίς να υπάρχουν σαφή κριτήρια ή προοπτική. Ο τρόπος της χάραξης και υλοποίησης της υδροδότησης είναι καθαρά πρακτικός, από πλευράς της ΕΥΑΘ και αυτός ο τρόπος ακολουθείται από την πρώτη στιγμή σχεδιασμού των ζωνών. Αναλυτικά, το δίκτυο σχεδιάστηκε και επεκτείνεται προκειμένου να καλύπτονται υδροδοτικά ολόκληροι οικισμοί. Η προσάρτηση νέων οικισμών κάθε φορά γίνεται με τρόπο που διευκολύνεται η μετρητική διαδικασία και η διανομή των λογαριασμών από τον πάροχο. Επομένως τα βασικά κριτήρια σχεδιασμού των ζωνών υδροδότησης της ΕΥΑΘ μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Πολεοδομική επέκταση.
- Εξυπηρέτηση ολόκληρων οικισμών (επαρκές σύνολο πελατών που θα εξυπηρετούνται).
- Ευκολία και πρακτικότητα στην μετρητική διαδικασία.
- Ευκολία και πρακτικότητα στην διανομή λογαριασμών.

2.3 Ψηφιοποίηση των δεδομένων

Η μορφή των δεδομένων, όπως αυτά μας δόθηκαν, ήταν έντυπη. Για την ανάλυσή τους έπρεπε πρώτα να ψηφιοποιηθούν οι 73 υδροδοτικές ζώνες του δικτύου της ΕΥΑΘ και να πινακοποιηθούν τα δεδομένα τους. Η ψηφιοποίηση τους έγινε με την βοήθεια του λογισμικού πακέτου ArcGIS της ESRI που αποτελεί ένα λογισμικό Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων. Μετά από σάρωση του χάρτη που μας παραχωρήθηκε, ακολούθησε η δημιουργία layer βασιζομένου στο σαρωμένο χάρτη μορφής tiff. Η ψηφιοποίηση πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια τριών layers. Ο σαρωμένος χάρτης των ζωνών υδροδότησης αποτέλεσε την μήτρα για τον σχεδιασμό-ψηφιοποίηση τους, ενώ ακόμα δύο layers (μορφής shapefile σε σύστημα γεωαναφοράς ΕΓΣΑ' 87), των πολεοδομικών τετραγώνων και των δρόμων, μας βοήθησαν στην χάραξη και εντοπισμό των ορίων των ζωνών, δεδομένου (όπως και διαπιστώθηκε) ότι τα όρια των ζωνών είναι δρόμοι και όρια οικοδομικών τετραγώνων. Στο ψηφιοποιημένο πλέον layer των ζωνών υδροδότησης, εισήχθησαν όλα τα δεδομένα που μας είχαν παραχωρηθεί σε πινακοποιημένη μορφή.

2.4 Δημιουργία layer σε επίπεδο δήμων

Μετά την ψηφιοποίηση, τα δεδομένα θα έπρεπε να αναχθούν σε επίπεδο δήμων, προκειμένου να ακολουθήσει η στατιστική τους ανάλυση με βάση δημογραφικά δεδομένα που αντλήθηκαν από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΣΥΕ) τα οποία δίνονται σε επίπεδο δήμων. Κατά την αναγωγή τους, τα δεδομένα των ζωνών που διαιρούνταν από δύο ή περισσότερους δήμους χωρίστηκαν κατά προσέγγιση με βάση την ποσοστιαία αναλογία της έκτασης του κάθε τμήματος του τομέα στο κάθε δήμο. Στο layer που προέκυψε εκτός από την αναγωγή και ενσωμάτωση των δεδομένων της ΕΥΑΘ (σε επίπεδο δήμων πλέον), στους πίνακες ενσωματώθηκαν δεδομένα σε επίπεδο δήμων που ανακτήθηκαν από την ΕΣΥΕ. Αυτά τα δεδομένα περιλαμβάνουν τον πληθυσμό, την ηλικιακή κατανομή του πληθυσμού (σε κλάσεις των 5 ετών), τον αριθμό μελών των νοικοκυριών, το επίπεδο μόρφωσης των κατοίκων, το είδος της απασχόλησης και τέλος τον τομέα απασχόλησης του ενεργού εργατικού δυναμικού.

2.5 Περιγραφικά στατιστικά μέτρα κατανάλωσης νερού

Υπολογίστηκαν τα περιγραφικά στατιστικά μέτρα των δεδομένων. Τα περιγραφικά στατιστικά μέτρα αποτελούν αριθμητικές ποσότητες που συνοψίζουν τα δεδομένα και σε συνδυασμό με γραφικές περιγραφικές μεθόδους βοηθούν στην περιγραφή της κατανομής τους.

2.6 Χρονική ανάλυση κατανάλωσης νερού

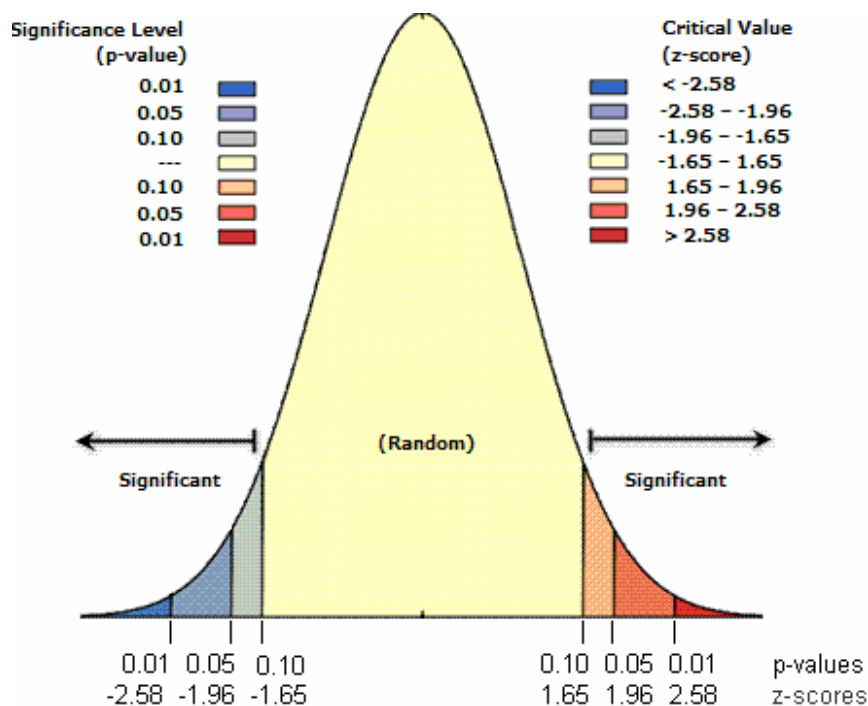
Η χρονική ανάλυση των τιμολογούμενων καταναλώσεων έγινε σε επίπεδο δήμων προκειμένου να διαπιστωθούν ευκρινέστερα οι μεταβολές ανά έτος (για τα έτη 2001, 2005, 2009) όσο και ανά τετράμηνο. Η διαχρονική σύγκριση της κατανάλωσης νερού των δήμων έγινε με ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (Repeated-measures ANOVA) με την βοήθεια του στατιστικού πακέτου SPSS, προκειμένου να διαπιστωθεί εάν οι παρατηρούμενες μεταβολές είναι στατιστικά σημαντικές. Τα αποτελέσματα παρατίθενται ως: μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση.

2.7 Χωρική ανάλυση κατανάλωσης νερού

Η χωρική ανάλυση έγινε σε επίπεδο ζωνών, καθώς τα δεδομένα μας χορηγήθηκαν ανά υδροδοτική ζώνη. Η χωρική ανάλυση των τιμολογούμενων μέσω των καταναλώσεων των ζωνών υδροδότησης, είχε πρωταρχικό σκοπό να δείξει αν υπάρχει κάποια ομαδοποίηση των καταναλώσεων και την απεικόνιση αυτής. Χρησιμοποιήθηκαν δύο δείκτες χωρικής αυτοσυσχέτισης (ο δείκτης Getis-Ord G_i^* και ο δείκτης Moran's I (γενικός και τοπικός)) και η γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση. Οι δύο δείκτες δίνουν διαφορετικής σημασίας πληροφορίες όπως περιγράφονται ακολούθως.

Η ομαδοποίηση και οπτικοποίηση της χωρικής Getis-Ord G_i^* ανάλυσης πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό πακέτο ArcGIS της ESRI. Με τον δείκτη Getis-Ord G_i^* (πρόκειται μόνο για τοπικό δείκτη) ανιχνεύτηκε η χωρική ομαδοποίηση των υψηλών και χαμηλών τιμών κατανάλωσης στην περιοχή μελέτης, εφόσον υφίστανται. Με αυτόν τον τρόπο ζώνες με υψηλή κατανάλωση που γειτνιάζουν με περιοχές με υψηλές καταναλώσεις κ.ο.κ. αποτελούν τις λεγόμενες «θερμές περιοχές» (hot spots) και αντίστοιχες ζώνες με χαμηλή κατανάλωση που γειτνιάζουν με περιοχές με χαμηλές καταναλώσεις τις «κρύες περιοχές» (cold spots). Τα αποτελέσματα της Getis-Ord G_i^* ανάλυσης επιστρέφουν μαζί με τα z-scores και p-values για κάθε ζώνη ξεχωριστά. Αυτές οι δύο τιμές μας δείχνουν εάν υφίσταται ομαδοποίηση και τον βαθμό της σημαντικότητάς της. Συγκεκριμένα, υψηλά z-scores με χαμηλά p-values τεκμηριώνουν την στατιστικά σημαντική χωρική ομαδοποίηση των υψηλών τιμών, ενώ χαμηλά αρνητικά z-scores με χαμηλά p-values τεκμηριώνουν την στατιστικά σημαντική χωρική ομαδοποίηση των χαμηλών τιμών. Τα z-scores είναι τιμές που εκφράζουν πόσες τυπικές αποκλίσεις από τον μέσο όρο απέχει η τιμή των καταναλώσεων της εξεταζόμενης ζώνης. Όσο υψηλότερη ή χαμηλότερη τιμή λαμβάνει, τόσο εντονότερη είναι η ομαδοποίηση, ενώ τιμές πλησίον του μηδενός δείχνουν πως δεν υπάρχει κάποια ομαδοποίηση. Τα κρίσιμα z-scores για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι τιμές μικρότερες του -1,96 ή μεγαλύτερες του 1,96 και για επίπεδο εμπιστοσύνης 99% είναι τιμές μικρότερες του -2.58 ή μεγαλύτερες του 2.58 (Πίνακας 3). Τα p-values δείχνουν την στατιστική σημαντικότητα της ομαδοποίησης (που δείχνουν τα z-scores), εκφράζοντας την πιθανότητα να απορρίπτουμε λανθασμένα την μηδενική υπόθεση H_0 (ότι το παρατηρούμενο χωρικό πρότυπο είναι τυχαίο). Γι' αυτό όσο μικρότερη είναι η p-value τόσο μικρότερη είναι η πιθανότητα

να κάνουμε σφάλμα τύπου I (να απορρίψουμε την H_0 ενώ είναι σωστή). Στατιστικά σημαντικά θεωρούνται τα p-values μικρότερα του 0,05 και 0,01 για επίπεδα εμπιστοσύνης 95% και 99% αντίστοιχα (Πίνακας 3). Στην εικόνα 9 απεικονίζεται η συσχέτιση των z-scores και p-values με την κανονική κατανομή.



Εικόνα 9: Συσχέτιση των z-scores και p-values με την κανονική κατανομή.

z-score (τυπικές αποκλίσεις)	p-value (πιθανότητα)	Επίπεδο εμπιστοσύνης
< -1.65 or > +1.65	< 0.10	90%
< -1.96 or > +1.96	< 0.05	95%
< -2.58 or > +2.58	< 0.01	99%

Πίνακας 3: Σχέση τιμών z-score και p-value με επίπεδα εμπιστοσύνης

Παρομοίως, τόσο η local Moran's I όσο και η Moran's I ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό πακέτο ArcGIS της ESRI. Στην πρώτη περίπτωση αναγνωρίζονται και παρουσιάζονται ομάδες ζωνών με παρόμοια (clusters) μέση ετήσια κατανάλωση καθώς και ομάδες ζωνών με ετερογενή (outliers) μέση ετήσια κατανάλωση νερού. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής επιστρέφουν τέσσερις τιμές για κάθε ζώνη:

- α) την τιμή του τοπικού δείκτη Moran's I
- β) την τιμή z-score
- γ) την τιμή p-value
- δ) τον τύπο ομαδοποίησης

Στην δεύτερη περίπτωση ο γενικός δείκτης Moran's I εκφράζει αν υπάρχει κάποιο είδος χωρικής αυτοσυσχέτισης (θετική ή αρνητική) στην περιοχή μελέτης και τον βαθμό αυτής.

Η τιμή του δείκτη Moran's I συνήθως παίρνει τιμές από -1 έως 1, χωρίς να αποκλείονται και τιμές έξω από το διάστημα αυτό. Το πρόσημο δείχνει το είδος της συσχέτισης (αρνητική ή θετική συσχέτιση των καταναλώσεων των ζωνών ως προς την απόσταση) και η απόλυτη τιμή τον βαθμό της συσχέτισης. Παρόμοια με την Getis Ord Gi ανάλυση, τα z-scores αποτελούν τυπικές αποκλίσεις από τον μέσο όρο και τα p-values την πιθανότητα να υποπέσουμε σε σφάλμα τύπου I. Στην περίπτωση της Moran's I ανάλυσης, θετικά z-scores και χαμηλά p-value (και τα δύο στατιστικά σημαντικά όπως ορίζονται από τον Πίνακα 3) μας δίνουν την πληροφορία ότι παρόμοιες καταναλώσεις (οι υψηλές μαζί ή οι χαμηλές μαζί) ομαδοποιούνται πλησίον χωρικά (κάτι που δεν θα συνέβαινε σε μια τυχαία χωρικά κατανομή), ενώ στατιστικά σημαντικά (Πίνακας 3) αρνητικά z-scores και χαμηλά p-value μας δίνουν την πληροφορία ότι υψηλές ή χαμηλές καταναλώσεις εμφανίζονται μακριά από τις αντίστοιχές τους. Επιπλέον, οι ζώνες με στατιστικά σημαντικά ευρήματα κατηγοριοποιούνται σε 4 τύπους:

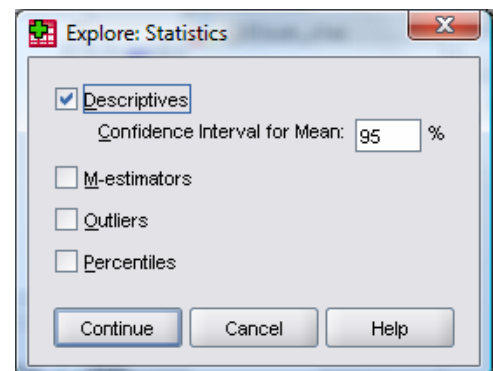
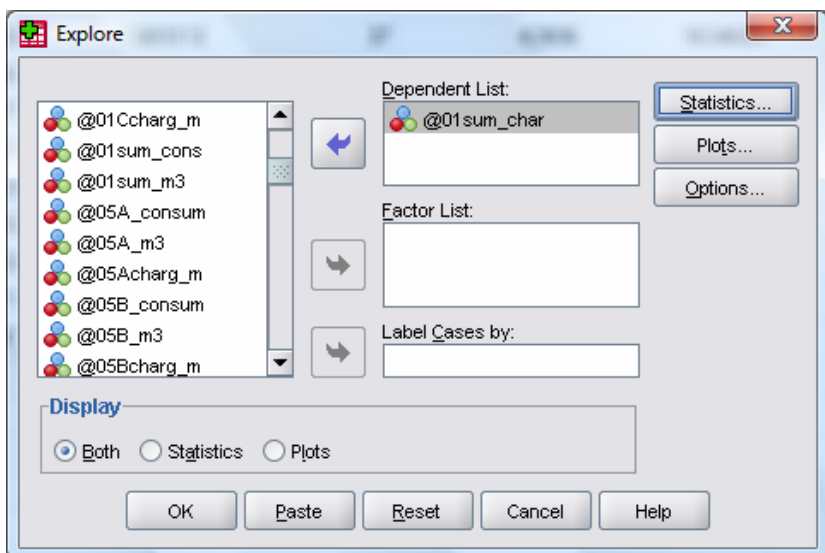
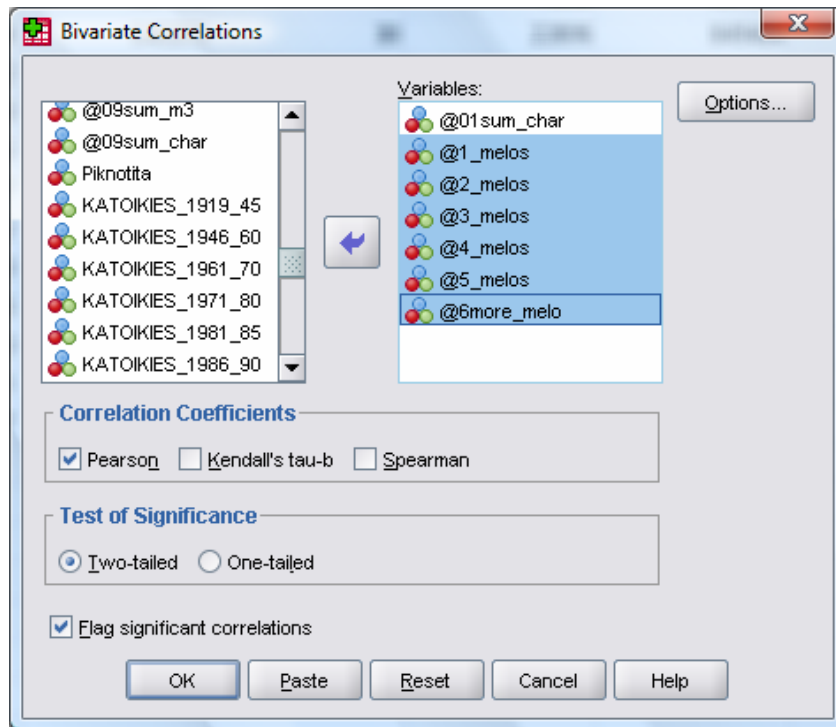
- Ομάδες ζωνών χαμηλής κατανάλωσης (LL).
- Ομάδες ζωνών υψηλής κατανάλωσης (HH).
- Ζώνες υψηλής κατανάλωσης με γειτονικά ζώνες χαμηλής κατανάλωσης (HL).
- Ζώνες χαμηλής κατανάλωσης με γειτονικά ζώνες υψηλής κατανάλωσης (LH).

2.8 Γραμμική συσχέτιση της κατανάλωσης νερού με διάφορους παράγοντες

Εκτός των χρονικών αναλύσεων των καταναλώσεων μεταξύ τους, η μέση ετήσια κατανάλωση ανά δήμο για το έτος 2001 συσχετίστηκε γραμμικά με δημογραφικά στοιχεία της ΕΣΥΕ προκειμένου να διαπιστωθούν οι στατιστικά σημαντικοί παράγοντες που επηρέασαν την κατανάλωση την δεδομένη χρονιά, να συγκριθούν με τους αντίστοιχους της βιβλιογραφίας και να εξαχθούν συμπεράσματα που αφορούν τους παράγοντες κατανάλωσης του νερού. Με δεδομένο ότι τα δημογραφικά στοιχεία της ΕΣΥΕ δίνονται σε επίπεδο δήμων, οι χρονικές αναλύσεις έγιναν σε επίπεδο δήμων καθώς θα έπρεπε να είχαμε τις ετήσιες καταναλώσεις νερού

για το 2001 σε επίπεδο δήμων. Ταυτόχρονα, τα δημογραφικά στοιχεία της ΕΣΥΕ εκφράστηκαν σε ποσοστιαία κλίμακα προκειμένου να εξαχθούν τα κατάλληλα αποτελέσματα και συμπεράσματα. Οι αντίστοιχες αναγωγές από επίπεδο ζωνών υδροδότησης σε επίπεδο δήμων πραγματοποιήθηκαν προσθέτοντας τις τιμές των πεδίων των ζωνών ή/και τμημάτων τους στους αντίστοιχους δήμους. Για να επιτευχθεί αυτό, ζώνες που τεμαχίζονταν από όρια δήμων, επιμερίζονταν αναλογικά τα δεδομένα τους στους αντίστοιχους δήμους. Τέλος, πραγματοποιήθηκε ανάλυση της κατανάλωσης νερού ανά ζώνη με βάση το μέσο υψόμετρο της κάθε μιας με την βοήθεια του ArcGIS της ESRI για ανάδειξη του μέσου υψομέτρου της κάθε ζώνης.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι οι γραμμικές συσχετίσεις μελετήθηκαν μέσω του λογισμικού πακέτου SPSS (analyze-correlations-bivariate). Για την εξέταση της γραμμικής συσχέτισης μεταβλητών πραγματοποιήθηκε αμφίπλευρος έλεγχος κατά Pearson, αφού προηγουμένως ελέγχθηκε η κανονικότητα των προς εξέταση μεταβλητών με την βοήθεια των δύο γνωστότερων δοκιμών ελέγχου, του Kolmogorov-Smirnov και του Shapiro-Wilk. Η κανονικότητα ελέγχθηκε με τη βοήθεια του SPSS (analyze-descriptive statistics-explore). Τα αποτελέσματα εξέρχονται τόσο σε πινακοποιημένη μορφή όσο και σε γραφική μορφή (Normal Q-Q plot). Οι μεταβλητές που ακολουθούν κανονική κατανομή θα πρέπει να εμφανίζουν σημαντικότητα (significant value) μεγαλύτερη του 0,05 σε μία τουλάχιστον εκ των δύο δοκιμών ελέγχου. Στην γραφική μορφή η κανονική κατανομή ελέγχεται με την γραμμικότητα των τιμών κοντά στην διαγώνιο του διαγράμματος Q-Q plot. Ακολούθως, απεικονίζεται το γραφικό περιβάλλον των διεργασιών που χρησιμοποιήθηκαν (Εικόνα 10). Ακολούθως, ο έλεγχος γραμμικής συσχέτισης κατά Pearson πραγματοποιείται στην περίπτωση που οι μεταβλητές που ελέγχονται ακολουθούν κανονική κατανομή. Ο βαθμός της γραμμικής συσχέτισης δυο μεταβλητών εκφράζεται με την βοήθεια μιας τιμής, που μπορεί να πάρει τιμές από -1 έως 1, ενώ ταυτόχρονα δίνεται και η αντίστοιχη στατιστική σημαντικότητα αυτής (significant value). Το πρόσημο μας δείχνει το είδος της γραμμικής συσχέτισης των μεταβλητών (αρνητική ή θετική αντίστοιχα), ενώ η απόλυτη τιμή μας δείχνει το βαθμό αυτής (ισχυρότερο πλησίον του -1/1 με σταδιακή μείωση πλησιάζοντας το μηδέν).



Εικόνα 10: Το γραφικό περιβάλλον για έλεγχο τόσο των γραμμικών συσχετίσεων (πρώτο παράθυρο) όσο και της κανονικότητας διαφόρων μεταβλητών (τελευταία δύο παράθυρα) με την βοήθεια SPSS.

2.9 Γραμμική και γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση

Με τον όρο «παλινδρόμηση» αναφέρεται η μέθοδος καθορισμού μίας σχέσης μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών. Μπορεί να αναφέρεται στην σχέση δύο μεταβλητών, μιας εξαρτημένης και μιας ανεξάρτητης, ή και περισσότερων. Στην

περίπτωση αυτή, πολλές ανεξάρτητες μεταβλητές μελετώνται για να οδηγήσουν στη πρόβλεψη της τάσης της εξαρτημένης μεταβλητής. Η εκτίμηση μιας τυχαίας μεταβλητής, όταν δίνεται η τιμή μιας άλλης είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος, αυτή της πολλαπλής παλινδρόμησης. Ο σκοπός της είναι να περιγράψει και να συνδέσει την εξαρτημένη μεταβλητή Y με k ανεξάρτητες μεταβλητές X_1, X_2, \dots, X_k μέσω μιας εξίσωσης της μορφής:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \dots + \alpha_k X_k + \varepsilon$$

με α_0 μια σταθερά, $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k$ συντελεστές παλινδρόμησης που περιγράφουν την επίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών και ε το σφάλμα ή υπολειπόμενη τιμή δηλαδή η διαφορά μεταξύ της πραγματικής τιμής της Y και της τιμής της πρόβλεψης του μοντέλου.

Στην παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε βηματική μέθοδος γραμμικής παλινδρόμησης και Γεωγραφικά Σταθμισμένη Παλινδρόμηση (Geographically Weighted Regression – GWR) μέσω του λογισμικού SPSS. Η βηματική μέθοδος γραμμικής παλινδρόμησης εκτελεί βηματικά την διαδικασία ελέγχοντας μια προς μια τις ανεξάρτητες μεταβλητές με όλους τους συνδυασμούς των, ώστε να παραμείνουν μόνο οι στατιστικά σημαντικές μεταβλητές στο τελικό μοντέλο. Για τον αποκλεισμό και απαλοιφή μιας μεταβλητής από το μοντέλο σε κάθε βήμα της παλινδρόμησης, πρέπει το επίπεδο σημαντικότητας του συντελεστή μιας μεταβλητής να είναι μεγαλύτερο από το επίπεδο εμπιστοσύνης που επιλέγουμε. Με τον τρόπο αυτό προκύπτει η δημιουργία ενός «καθολικού μοντέλου παλινδρόμησης» δηλαδή στην απλή γραμμική παλινδρόμηση γίνεται η υπόθεση ότι η σχέση που μοντελοποιείται βρίσκεται εφαρμογή σε ολόκληρη την περιοχή μελέτης, δηλαδή οι συντελεστές παλινδρόμησης αφορούν ολόκληρο τον χώρο εφαρμογής των μεταβλητών και ότι η συσχέτιση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών είναι σταθερή σε όλη την υπό εξέταση περιοχή. Σε πολλές περιπτώσεις, καθώς γίνεται η απεικόνιση των αποτελεσμάτων διαφαίνεται εντονότερα η διαφορά μεταξύ των παρατηρηθέντων και των προβλεφθέντων τιμών. Σε αυτήν την περίπτωση, η Γεωγραφικά Σταθμισμένη Παλινδρόμηση (Geographically Weighted Regression – GWR) είναι μια τεχνική για τη διερεύνηση της χωρικής ανάλυσης στοιχείων. Αυτή η σχέση μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη χρήση της τοπικής παλινδρόμησης καθώς εμπεριέχει και την χωρική πληροφορία. Η μέθοδος GWR επεκτείνει το παραδοσιακό πλαίσιο παλινδρόμησης (γραμμική παλινδρόμηση) επιτρέποντας την εκτίμηση τοπικών παρά ολικών παραμέτρων (Fotheringham και Brunson, 1999). Είναι εξέλιξη της μεθόδου

επέκτασης του Casetti (1972) όπως εξηγείται από τους Fotheringham et al. (1998). Κάνοντας την υπόθεση ότι ένα σημείο της εφαρμογής είναι το (u,v) , όπου u και v οι συντεταγμένες της θέσεως του, το μοντέλο μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$Y(u,v) = \alpha_0(u,v) + \alpha_1 X_1(u,v) + \alpha_2 X_2(u,v) + \dots + \alpha_k X_k(u,v) + \varepsilon(u,v)$$

Αυτή η αλλαγή μπορεί να δώσει μια εκτίμηση για την τιμή των συντελεστών λαμβάνοντας υπόψη και τη θέση (u,v) κι έτσι προκύπτει ένα γεωγραφικά σταθμισμένο πρότυπο, το οποίο λειτουργεί έτσι ώστε ο κοντινότερος γείτονας του σημείου (u,v) να φέρει το μεγαλύτερο βάρος σε σχέση με τα πιο απομακρυσμένα σημεία. Στη βαθμονόμηση του μοντέλου GWR υποτίθεται ότι παρατηρηθέντα στοιχεία πλησίον του σημείου i (με συντεταγμένες) έχουν μεγαλύτερη επιρροή στην εκτίμηση του από στοιχεία που βρίσκονται μακρύτερα από το i . Στη μέθοδο GWR μια παρατήρηση είναι σταθμισμένη σύμφωνα με την εγγύτητά της στο σημείο i έτσι ώστε η στάθμιση μιας παρατήρησης δεν είναι πλέον σταθερή στη βαθμονόμηση αλλά διακυμαίνεται σύμφωνα με το i . Τα στοιχεία των παρατηρήσεων κοντά στο i έχουν μεγαλύτερο βάρος από τα στοιχεία των παρατηρήσεων που είναι μακρύτερα. Η διακύμανση των βαρών με το i διακρίνει τη GWR από την παραδοσιακή μέθοδο σταθμισμένων ελαχίστων τετραγώνων όπου ο πίνακας στάθμισης είναι σταθερός. Χαρακτηριστικά, τα βάρη ορίζονται ως συνεχείς συναρτήσεις της απόστασης (Fotheringham and Brunson, 1999).

Η GWR ουσιαστικά ελέγχει την ύπαρξη χωρικής αστάθειας στη σχέση που προκύπτει ανάμεσα στην εξαρτημένη και καθεμία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές, επιτρέποντας στις παραμέτρους των ανεξάρτητων μεταβλητών να μεταβάλλονται στο χώρο (De Smith et al., 2007). Επεκτείνει το παραδοσιακό πλαίσιο της γραμμικής παλινδρόμησης, επιτρέποντας την εκτίμηση τοπικών παραμέτρων.

Η GWR είναι μια επέκταση της ολικής παλινδρόμησης, καθώς εφαρμόζεται τοπικά στις επιμέρους οντότητες. Ωστόσο, τόσο το γενικό μοντέλο παλινδρόμησης όσο και το τοπικό μοντέλο παλινδρόμησης αξιολογούνται μέσα από κάποια διαγνωστικά αποτελέσματα που προκύπτουν για τα δύο μοντέλα. Τα διαγνωστικά αυτά στοιχεία είναι ο δείκτης συμμεταβλητότητας R^2 και ο δείκτης AIC (Akaike Information Criterion). Το ποσοστό ερμηνείας που παρέχεται από τις επιλεγμένες ανεξάρτητες μεταβλητές αντιστοιχεί στον δείκτη συμμεταβλητότητας R^2 και επομένως αναζητείται η υψηλότερη τιμή του δείκτη. Ο δείκτης παίρνει τιμές από 0 έως 1, με τιμές κοντά στο 1 να δείχνουν ότι το μοντέλο έχει πολύ καλή προσαρμογή. Ένας επιπλέον δείκτης που μεταφράζει και αυτός τον βαθμό καλής προσαρμογής του

μοντέλου στα δεδομένα και επομένως είναι εργαλείο επιλογής ή απόρριψης του μοντέλου είναι ο δείκτης AIC. Συγκεκριμένα, μεταξύ δύο μοντέλων που χρησιμοποιούν κοινές ανεξάρτητες μεταβλητές καλύτερη προσαρμογή εμφανίζει το μοντέλο που φέρει τον υψηλότερο δείκτη R^2 και τον χαμηλότερο δείκτη AIC. Για το τοπικό μοντέλο παλινδρόμησης, εκτός από τους τοπικούς συντελεστές για τις ανεξάρτητες μεταβλητές, η εφαρμογή διαθέτει επιλογές που σχετίζονται με την απόσταση πέραν της οποίας οι περιοχές παύουν να θεωρούνται "γείτονες" (kernel bandwidth). Η παράμετρος εύρους γειτνίασης (kernel bandwidth) έχει επιλεγθεί να είναι η σταθερή τιμή (fixed) έναντι της προσαρμοσμένης τιμής της παραμέτρου (adaptive) καθώς με την επιλογή αυτή το εύρος γειτνίασης για κάθε οντότητα παραμένει σταθερό χωρίς να προσαρμόζεται στην κατανομή των γειτόνων. Να σημειωθεί ότι τόσο για την γενική όσο και την τοπική παλινδρόμηση, χρησιμοποιήθηκαν μεταβλητές με κανονική κατανομή, ενώ οι μεταβλητές χωρίς κανονική κατανομή λογαριθμοποιήθηκαν προ της χρησιμοποίησής τους στην ανάλυση.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Περιγραφικά στατιστικά μέτρα για τις ετήσιες καταναλώσεις νερού

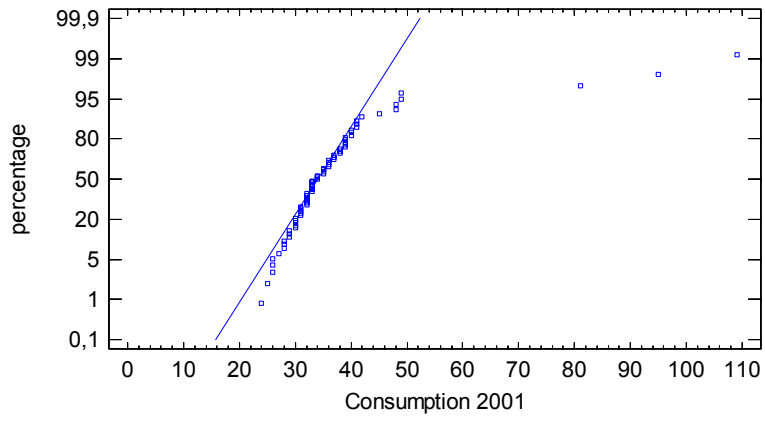
Υπολογίστηκαν και παρουσιάζονται ο μέσος όρος (Mean), η διάμεσος (Median), η επικρατούσα τιμή (Mode), η τυπική απόκλιση (Std. Deviation), η διασπορά (Variance), ο συντελεστής μεταβλητότητας (Coeff. of variation), το εύρος (Range), η ελάχιστη/μέγιστη τιμή (Minimum and Maximum) και τα ποσοστημόρια (Percentiles) (Πίνακας 4). Ακολούθως παρουσιάζονται η κανονικότητα, το θηκόγραμμα και η συχνότητα των καταναλώσεων για κάθε έτος χωριστά (Εικόνα 11).

Κατανάλωση		2001	2005	2009
N	Valid	73	73	73
	Missing	0	0	0
Mean		36,99 m ³	34,67 m ³	32,1 m ³
Median		34 m ³	32 m ³	30 m ³
Mode		32 ^a m ³	29 ^a m ³	35 m ³
Std. Deviation		13,52 m ³	10,87 m ³	10,48 m ³
Variance		182,93 m ³	118,17 m ³	109,84 m ³
Coeff. of variation		36,57%	31,35%	32,64%
Range		85 m ³	75 m ³	71 m ³
Minimum		24 m ³	24 m ³	21 m ³
Maximum		109 m ³	99 m ³	92 m ³
Percentiles	25	31 m ³	29 m ³	26 m ³
	50	34 m ³	32 m ³	30 m ³
	75	39 m ³	37 m ³	35 m ³

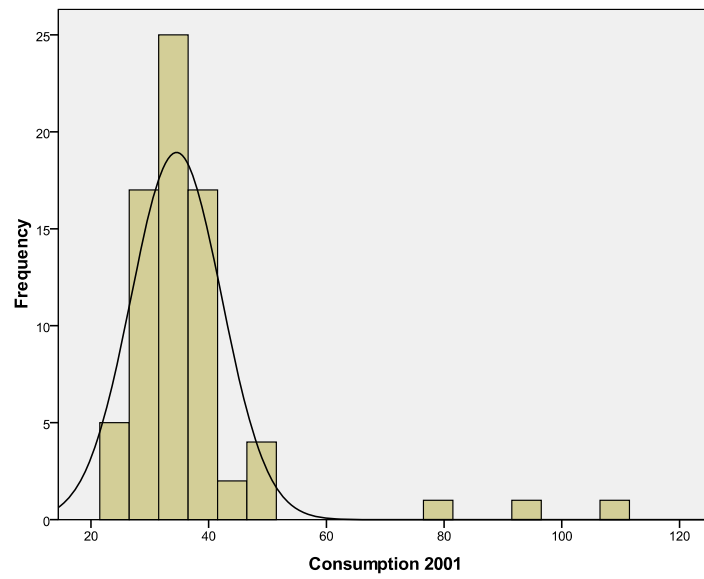
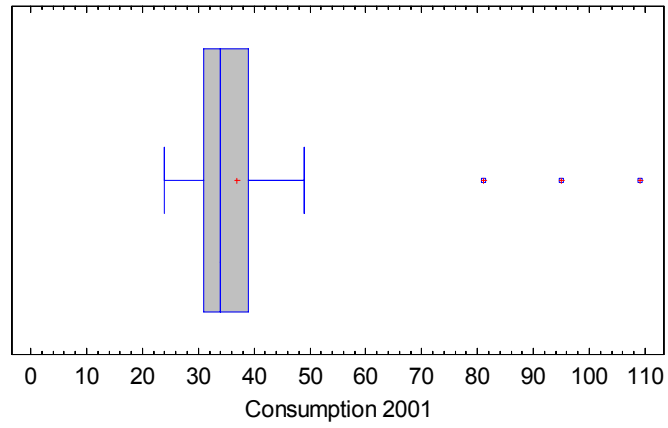
a. Πολλαπλές επικρατούσες τιμές ισχύουν. Η μικρότερη τιμή παρουσιάζεται.

Πίνακας 4: Περιγραφικά στατιστικά μέτρα για τις ετήσιες καταναλώσεις νερού (2001, 2005, 2009) ανά υδροδοτική ζώνη.

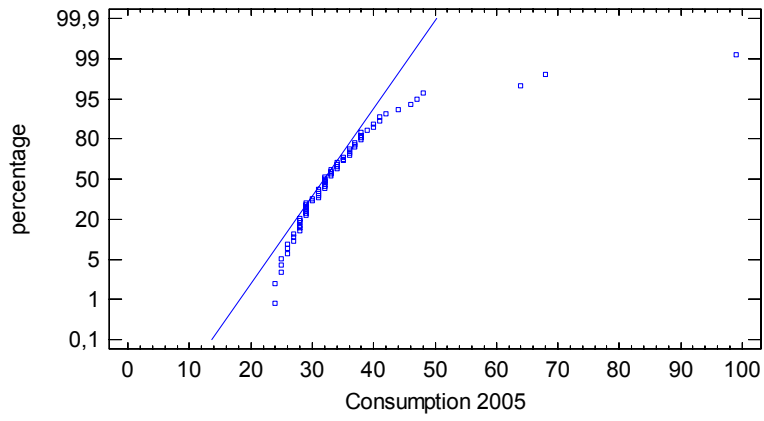
Normal Probability Plot



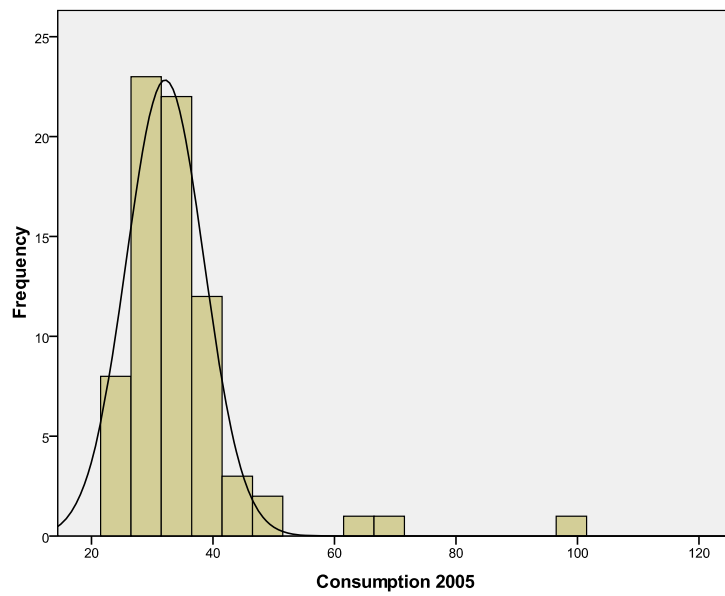
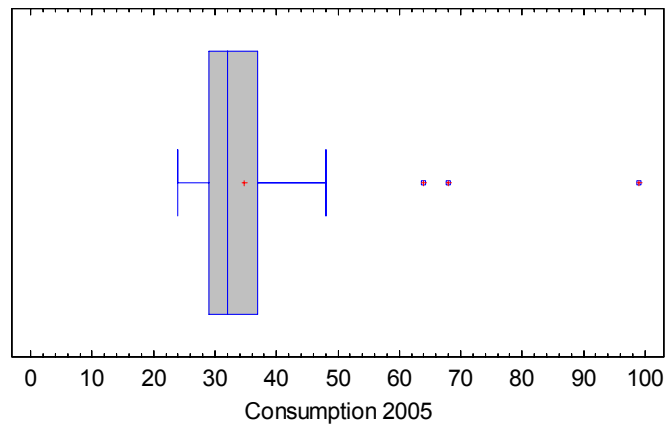
Box-and-Whisker Plot

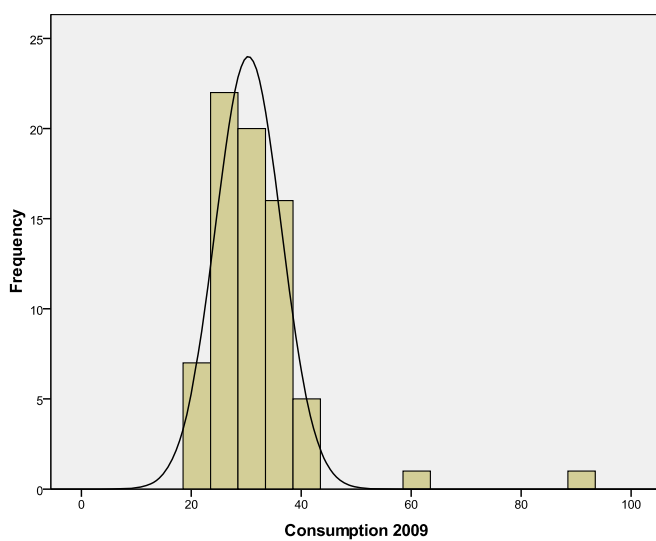
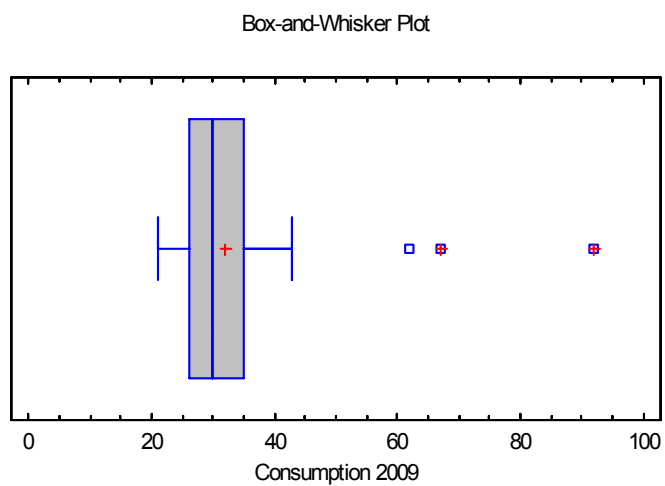
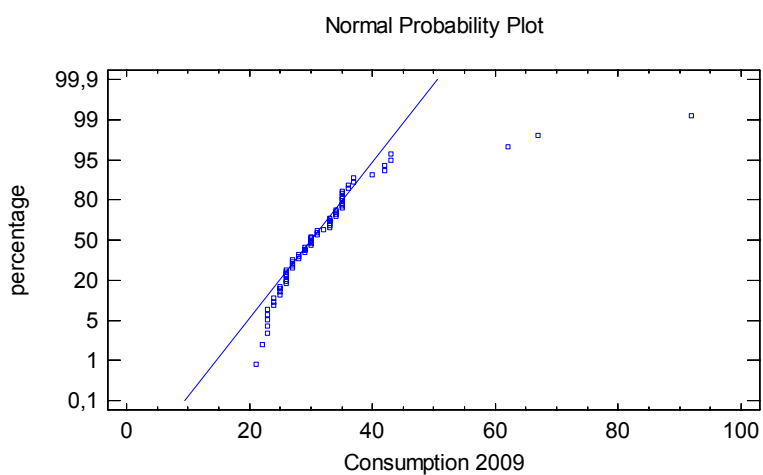


Normal Probability Plot



Box-and-Whisker Plot

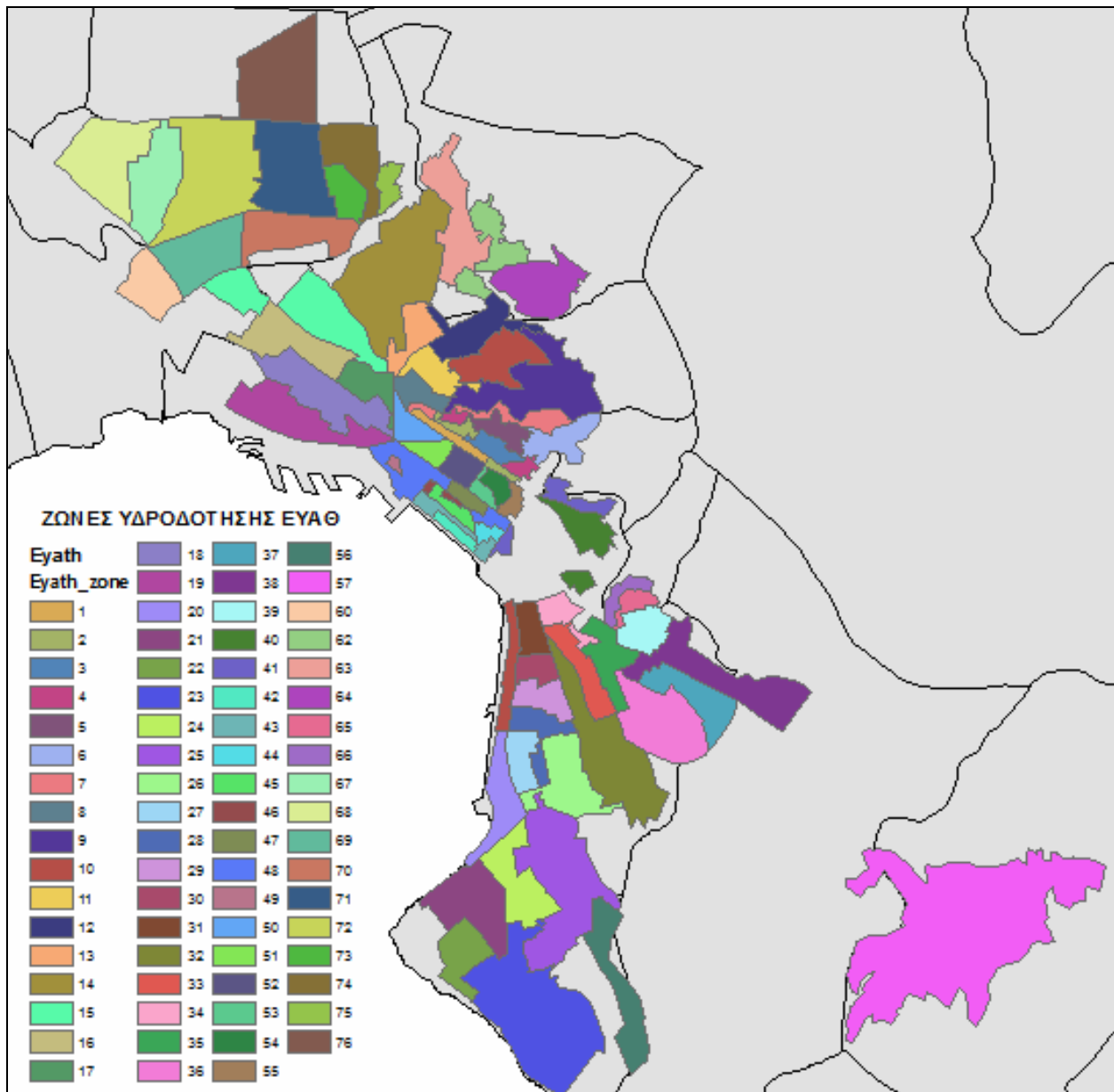




Εικόνα 11: Διάγραμμα κανονικότητας, θηκόγραμμα και συχνότητες της ανά υδροδοτικής ζώνης μέσης κατανάλωσης για τα έτη 2001, 2005, 2009.

3.2 Ζώνες υδροδότησης

Το υδροδοτικό δίκτυο της ΕΥΑΘ αποτελείται από 73 ζώνες. Τα όρια των ζωνών συμπίπτουν με όρια πολεοδομικών τετραγώνων και εφάπτονται σε αντίστοιχους δρόμους. Με την βοήθεια του αναλογικού χάρτη υδροδότησης, του χάρτη των πολεοδομικών τετραγώνων και των δρόμων της Θεσσαλονίκης ψηφιοποιήθηκαν οι ζώνες υδροδότησης δίνοντας το αποτέλεσμα της εικόνας 12.



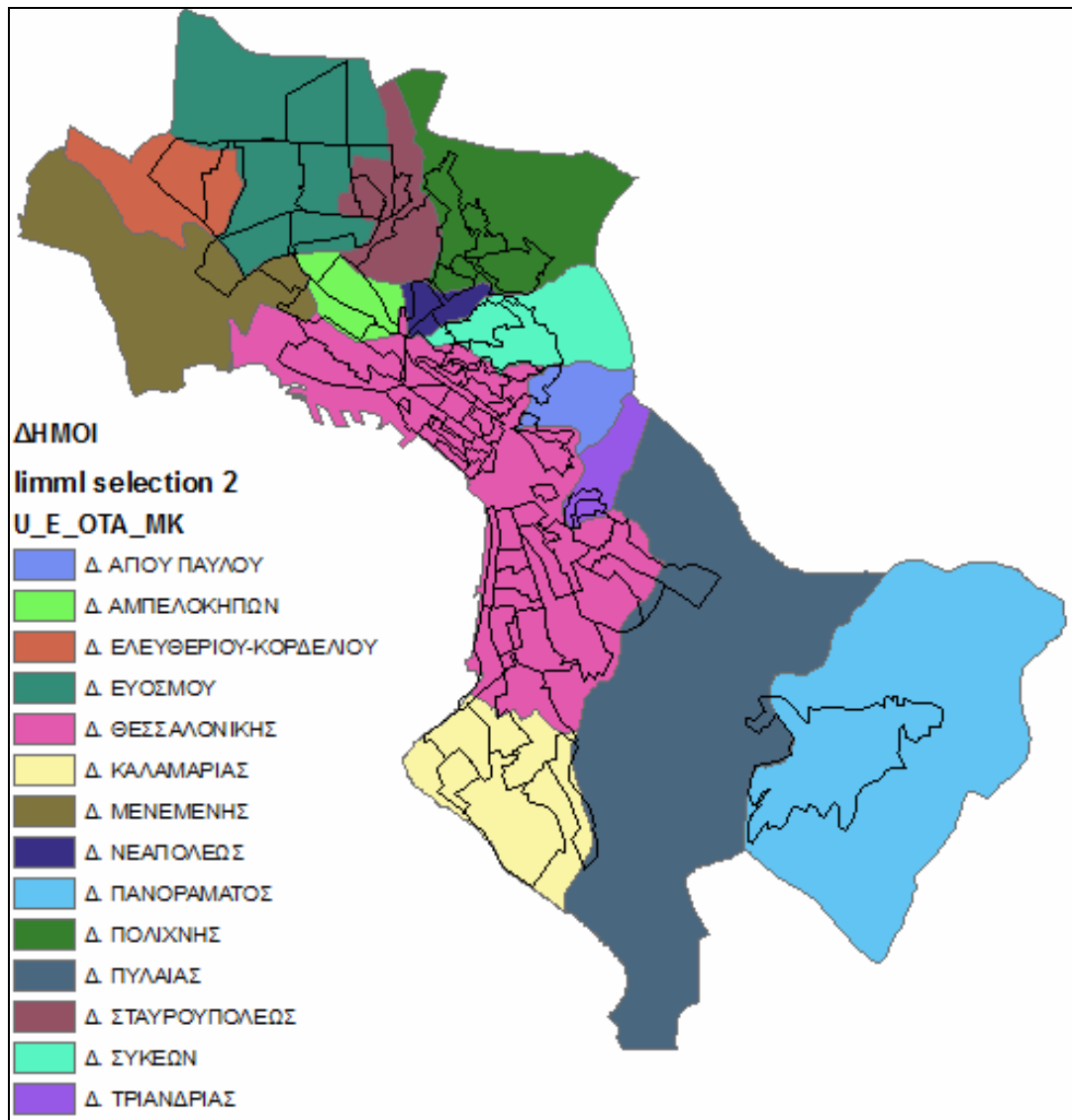
Εικόνα 12: Οι ψηφιοποιημένες 73 διαφορετικές ζώνες υδροδότησης της ΕΥΑΘ απεικονισμένες με διαφορετικό χρωματισμό.

3.3 Χρονική ανάλυση της κατανάλωσης νερού στο πολεοδομικό συγκρότημα της Θεσσαλονίκης

Η χρονική ανάλυση των τιμολογούμενων καταναλώσεων έγινε σε επίπεδο δήμων (όπως ήδη έχει αναφερθεί), προκειμένου να διαπιστωθούν μεταβολές τόσο ανά έτος όσο και ανά τετράμηνο. Η αναγωγή των ζωνών σε επίπεδο δήμων έγινε με συγχώνευση των ζωνών υδροδότησης ή/και τμημάτων τους ανά δήμο. Στη περίπτωση που μια ζώνη επιμερίζεται σε περισσότερους από έναν δήμους, έγινε επιμερισμός αναλογικά της επιφάνειας όσο και των δεδομένων, ώστε τα δεδομένα να αντιστοιχηθούν στους δήμους. Η διαδικασία βασίστηκε στα πρωτογενή δεδομένα του αναλογικού χάρτη που μας χορηγήθηκε από την ΕΥΑΘ (Εικόνα 13). Το αποτέλεσμα που προέκυψε βασίστηκε σε ήδη υπάρχον layer των δήμων της Ελλάδας, στο οποίο προστέθηκαν τα δεδομένα των ζωνών υδροδότησης (Εικόνα 14).



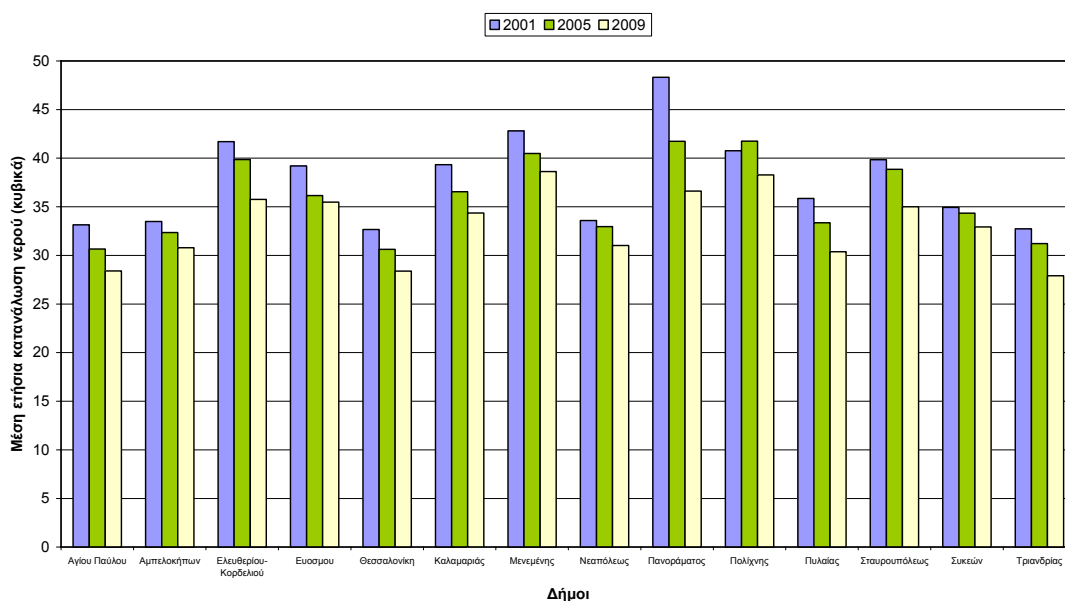
Εικόνα 13: Ο αναλογικός χάρτης της ΕΥΑΘ με τις ζώνες υδροδότησης ανά δήμο.



Εικόνα 14: Ο χάρτης των δήμων της μελέτης σε αντιπαράθεση με τις ψηφιοποιημένες ζώνες της ΕΥΑΘ.

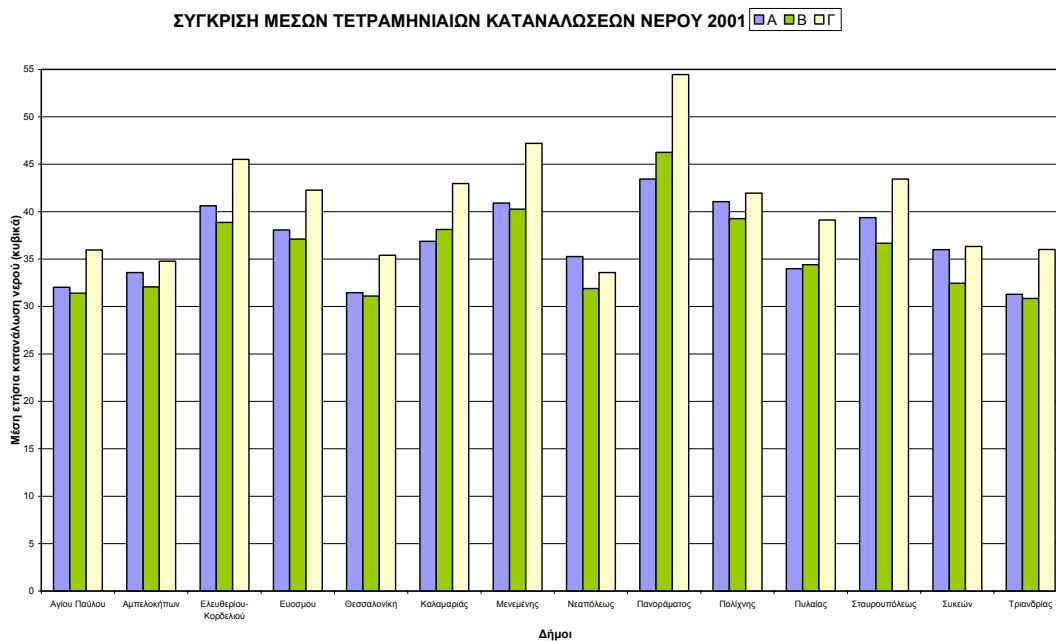
Τα δεδομένα της ΕΥΑΘ αναφέρονται σε τετραμηνιαίες και ετήσιες καταναλώσεις για τα έτη 2001, 2005 και 2009. Μια γραφική προσέγγιση τόσο των ετήσιων (Εικόνα 15) όσο και των τετραμηνιαίων καταναλώσεων (Εικόνα 16, 17, 18) ανά δήμο, μπορεί να μας δώσει μια πρώτη εικόνα μεταβολής των καταναλώσεων ανά έτος και τετράμηνο.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ ΝΕΡΟΥ

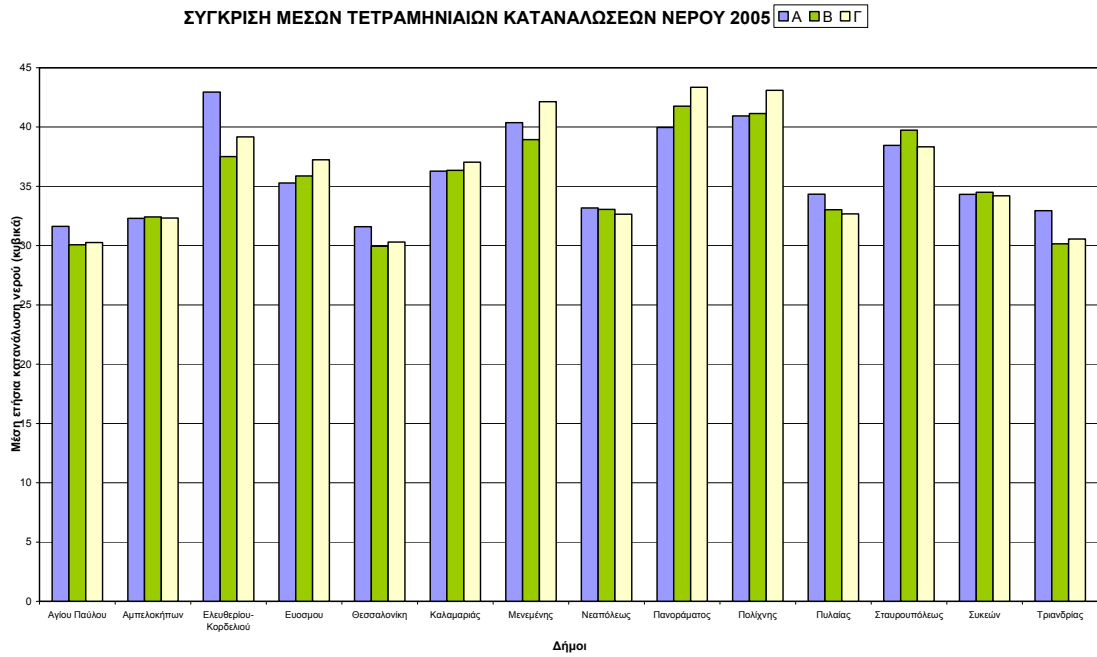


Εικόνα 15: Γραφική απεικόνιση των μέσων ετήσιων καταναλώσεων για το 2001 (μπλε), 2005 (πράσινο) και 2009 (κίτρινο) ανά δήμο.

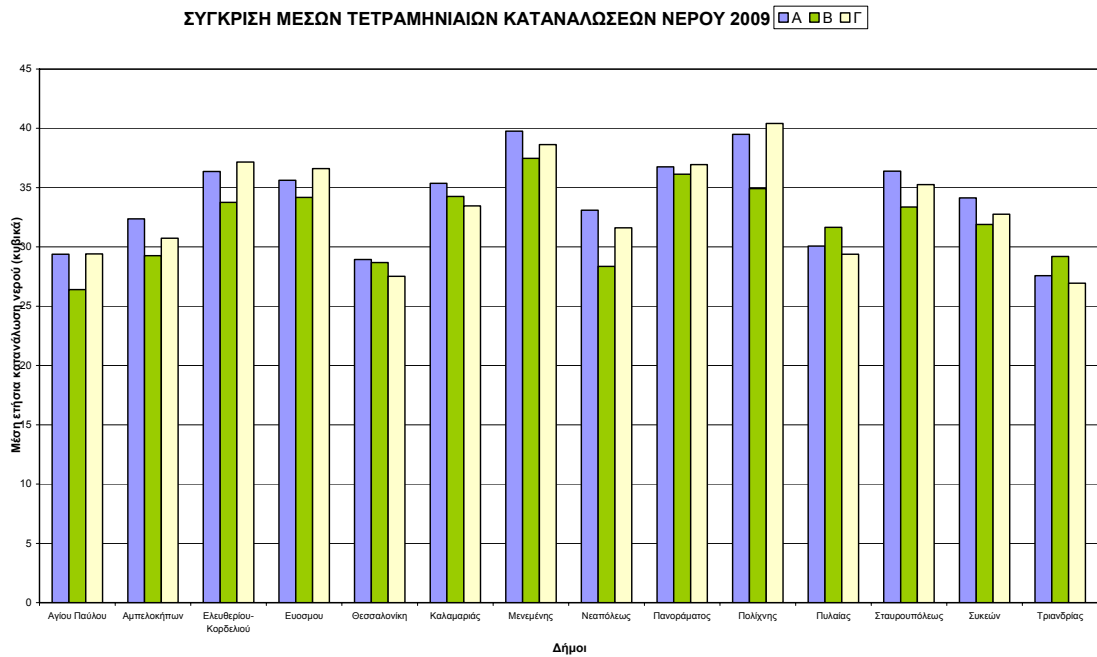
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΣΩΝ ΤΕΤΡΑΜΗΝΙΑΙΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ ΝΕΡΟΥ 2001



Εικόνα 16: Γραφική απεικόνιση των τετραμηνιαίων καταναλώσεων για το 2001 ανά δήμο.



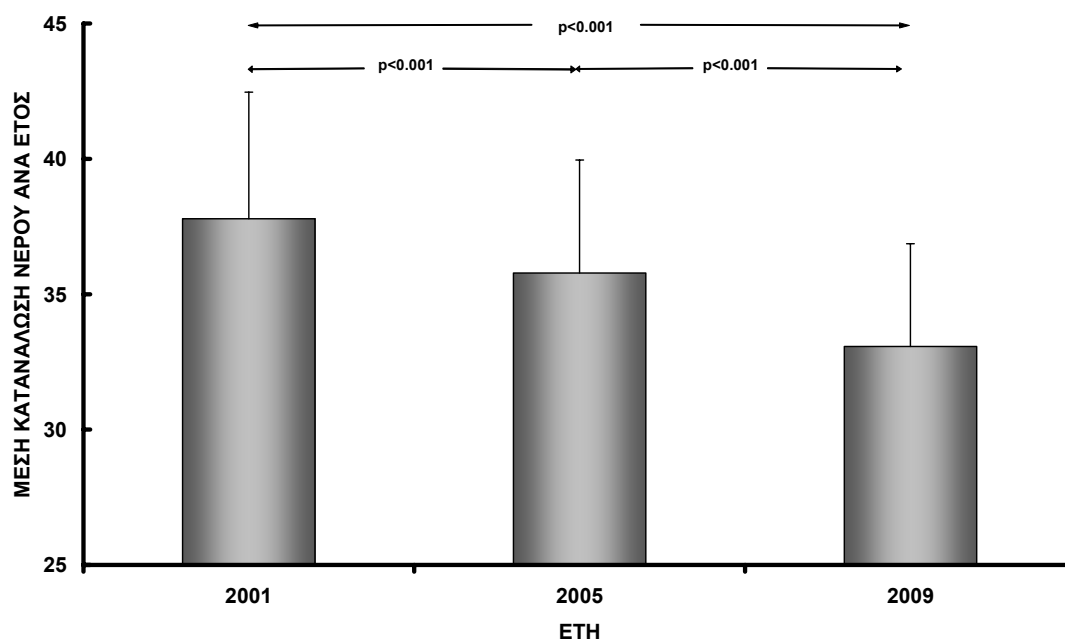
Εικόνα 17: Γραφική απεικόνιση των τετραμηνιαίων καταναλώσεων για το 2005 ανά δήμο.



Εικόνα 18: Γραφική απεικόνιση των τετραμηνιαίων καταναλώσεων για το 2009 ανά δήμο.

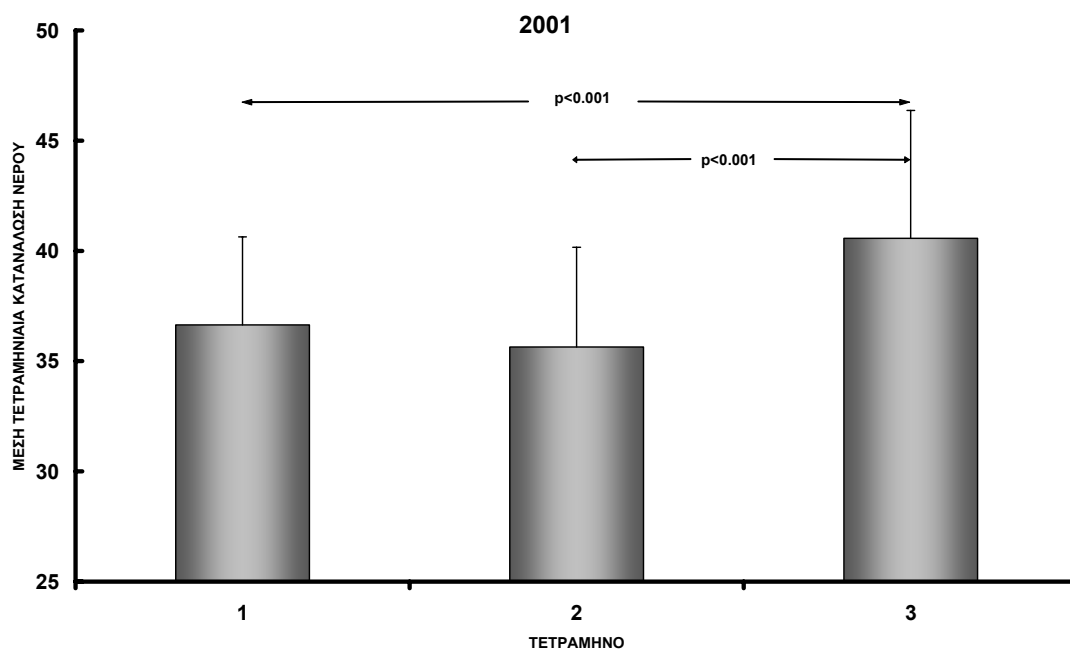
Από την γραφική απεικόνιση των ετήσιων καταναλώσεων παρατηρείται μια συνεχής και κλιμακούμενη μείωση της μέσης ετήσιας κατανάλωσης νερού για τον

κάθε δήμο του πολεοδομικού συγκροτήματος Θεσσαλονίκης με την πάροδο των ετών. Η μείωση αυτή φαίνεται να είναι στατιστικά σημαντική (με $p < 0.001$) σύμφωνα με την ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (Repeated-measures ANOVA) (Εικόνα 19).

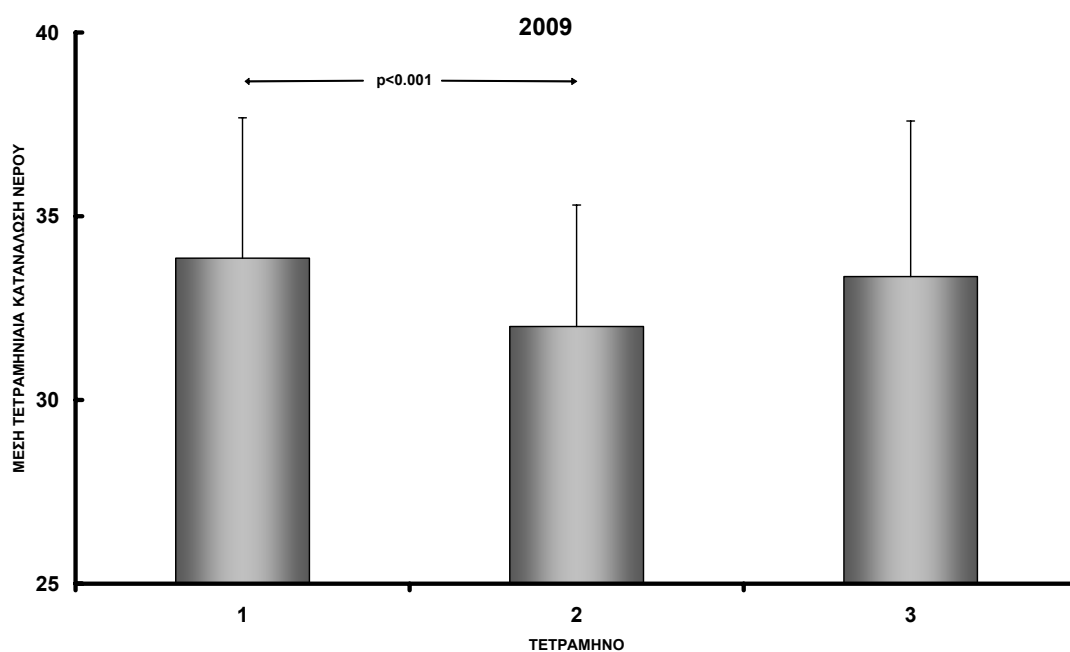


Εικόνα 19: Μείωση της μέσης κατανάλωσης νερού ανά έτος.

Για τις τετραμηνιαίες καταναλώσεις η εικόνα που μας δίνουν οι γραφικές απεικονίσεις δεν είναι απόλυτα ξεκάθαρες. Η ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (Repeated-measures ANOVA) βοήθησε στο να μας ξεχωρίσει τόσο τις διαφορές όσο και το επίπεδο της στατιστικής σημαντικότητας αυτών. Συγκεκριμένα, η μέση τετραμηνιαία κατανάλωση νερού για το 2001 στους δήμους του πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης φαίνεται να αυξάνει στατιστικά σημαντικά (με $p < 0.001$, Ανονα, Εικόνα 20) μεταξύ 1^{ου} και 3^{ου} καθώς και 2^{ου} με 3^{ου} τετραμήνου. Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ 1^{ου} και 2^{ου} τετραμήνου το 2001 ($p = 0.158$, Ανονα). Για το 2005 δεν προκύπτει κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά στις μέσες τετραμηνιαίες καταναλώσεις, ενώ για το 2009 προκύπτει στατιστικά σημαντική μείωση (με $p < 0.001$, Ανονα, Εικόνα 21) της μέσης κατανάλωσης νερού από το 1^ο τετράμηνο στο 2^ο.



Εικόνα 20: Αύξηση της μέσης τετραμηνιαίας κατανάλωσης νερού το 2001 το 3^ο τετράμηνο σε σχέση με το 1^ο και 2^ο.



Εικόνα 21: Μείωση της μέσης τετραμηνιαίας κατανάλωσης νερού το 2009 το 2^ο τετράμηνο σε σχέση με το 1^ο.

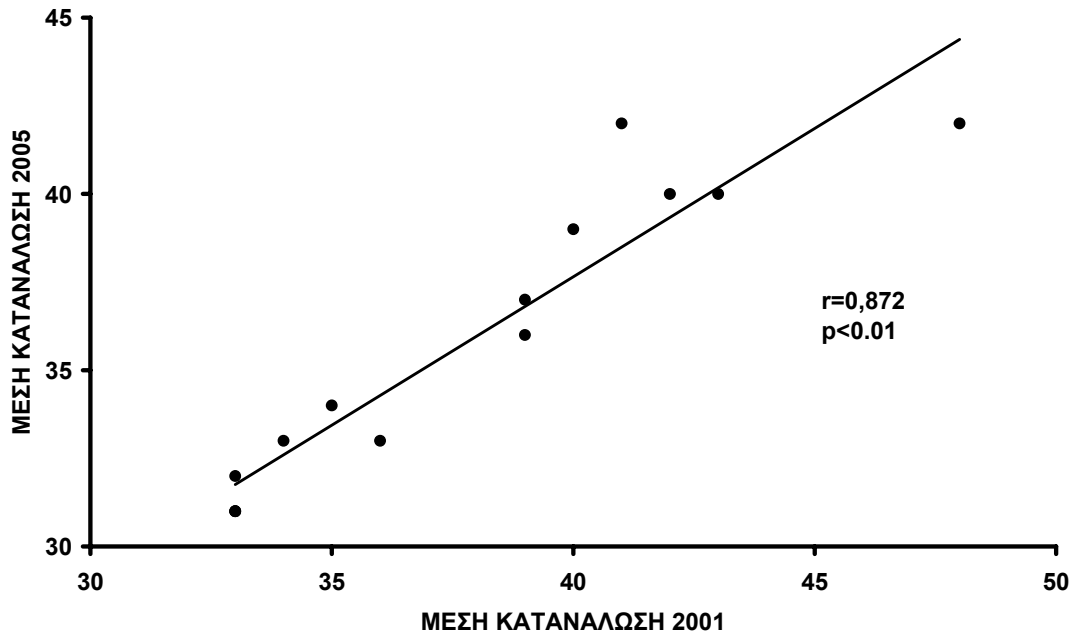
Για να εξεταστούν οι γραμμικές συσχετίσεις των μέσων καταναλώσεων χρονικά μεταξύ τους πρέπει πρώτα απ' όλα να ελεγχθεί η κανονικότητα των μεταβλητών. Ο πίνακας 5 παρουσιάζει την κανονικότητα των μεταβλητών των μέσων

ετήσιων και τετραμηνιαίων καταναλώσεων. Επιπλέον παρατηρήθηκαν ισχυρές και στατιστικά σημαντικές γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ των μέσων καταναλώσεων τόσο στα διάφορα έτη (Εικόνα 22, Εικόνα 23, Εικόνα 24) όσο και στα αντίστοιχα τετράμηνα των διαφόρων ετών (Πίνακας 6, Πίνακας 7).

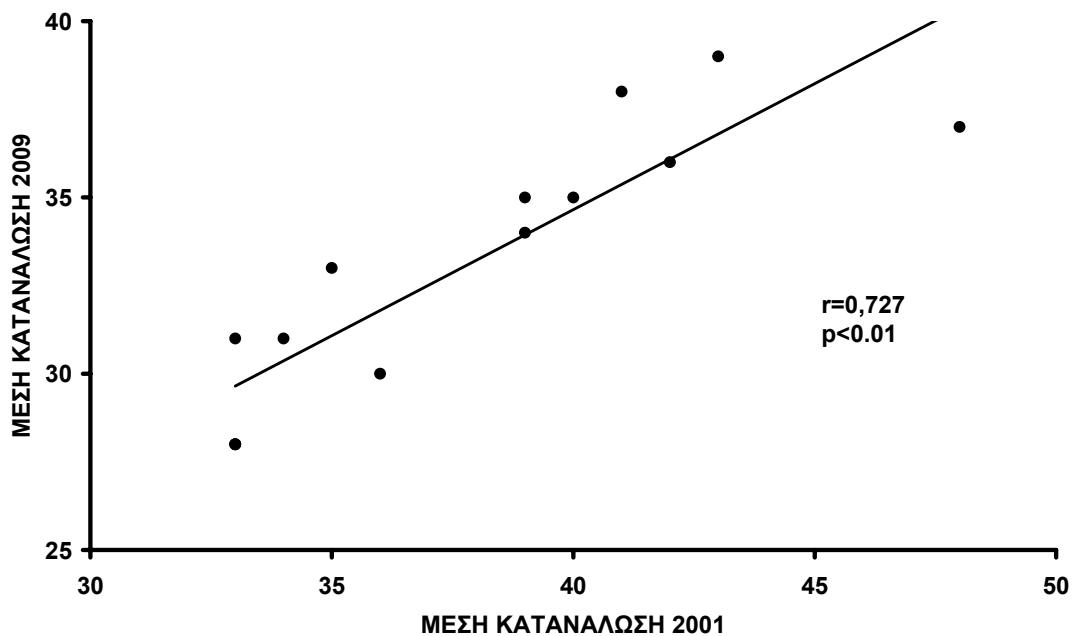
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Μέση κατανάλωση 2001	0,153	14	0,200	0,895	14	0,097
Μέση κατανάλωση Α 2001	0,148	14	0,200	0,940	14	0,418
Μέση κατανάλωση Β 2001	0,219	14	0,068	0,879	14	0,057
Μέση κατανάλωση Γ 2001	0,213	14	0,084	0,899	14	0,108
Μέση κατανάλωση 2005	0,195	14	0,153	0,883	14	0,065
Μέση κατανάλωση Α 2005	0,136	14	0,200	0,926	14	0,268
Μέση κατανάλωση Β 2005	0,158	14	0,200	0,912	14	0,171
Μέση κατανάλωση Γ 2005	0,176	14	0,200	0,886	14	0,072
Μέση κατανάλωση 2009	0,141	14	0,200	0,947	14	0,520
Μέση κατανάλωση Α 2009	0,175	14	0,200	0,947	14	0,517
Μέση κατανάλωση Β 2009	0,162	14	0,200	0,945	14	0,491
Μέση κατανάλωση Γ 2009	0,136	14	0,200	0,932	14	0,326

Πίνακας 5: Κανονικότητα των μέσων ετήσιων και τετραμηνιαίων καταναλώσεων νερού (κανονικές όλες οι μεταβλητές, $p > 0,05$).

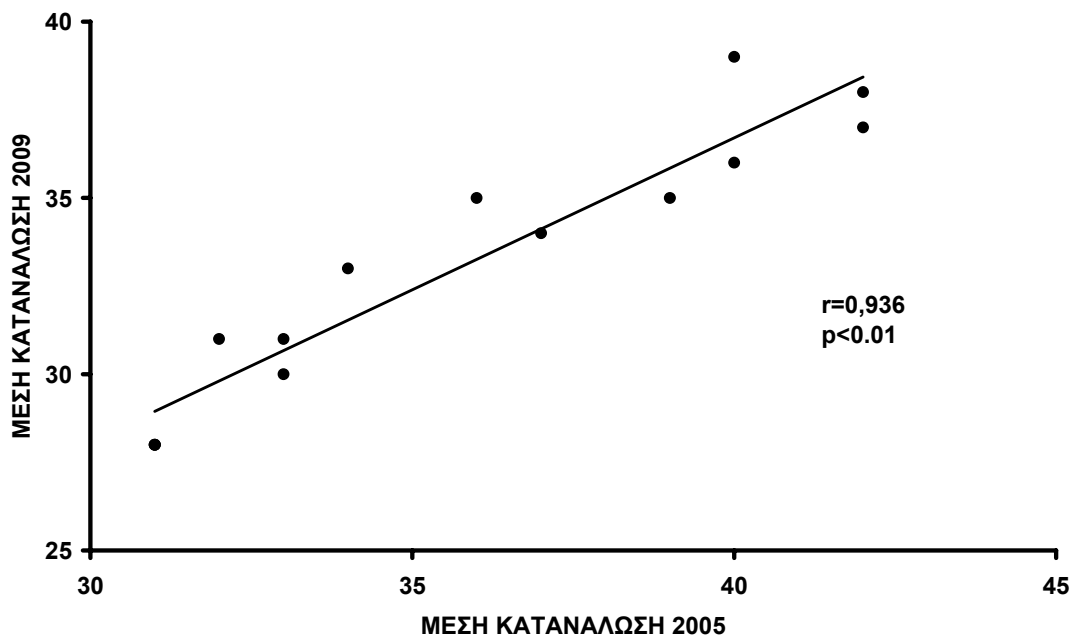
Οι γραμμικές συσχετίσεις των μέσων ετήσιων καταναλώσεων είναι ισχυρά θετικές και στατιστικά σημαντικές σε όλους τους συνδυασμούς, όπως απεικονίζεται και στις ακόλουθες τρεις εικόνες (Εικόνα 22, Εικόνα 23, Εικόνα 24).



Εικόνα 22: Γραφική απεικόνιση της στατιστικά ισχυρά θετικής γραμμικής συσχέτισης των μέσων ετήσιων καταναλώσεων νερού μεταξύ 2001 και 2005.



Εικόνα 23: Γραφική απεικόνιση της στατιστικά ισχυρά θετικής γραμμικής συσχέτισης των μέσων ετήσιων καταναλώσεων νερού μεταξύ 2001 και 2009.



Εικόνα 24: Γραφική απεικόνιση της στατιστικά ισχυρά θετικής γραμμικής συσχέτισης των μέσων ετήσιων καταναλώσεων νερού μεταξύ 2005 και 2009.

Αντίστοιχα και οι τετραμηνιαίες καταναλώσεις νερού εμφανίζουν ισχυρά θετικές γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ τους στα διάφορα έτη. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται πινακοποιημένα στους πίνακες 5 και 6. Αναλυτικότερα, ισχυρά θετικές και στατιστικά σημαντικές γραμμικές συσχετίσεις παρουσιάζουν οι μέσες καταναλώσεις νερού των πρώτων τετραμήνων για όλα τα έτη και αντίστοιχα τα δεύτερα τετράμηνα και τρίτα τετράμηνα (Πίνακας 5). Παρομοίως, ισχυρά θετικές και στατιστικά σημαντικές γραμμικές συσχετίσεις εμφανίζουν και οι τρεις διαφορετικές μέσες τετραμηνιαίες καταναλώσεις του 2005 και 2009 (Πίνακας 6). Για το 2001 θετική γραμμική συσχέτιση εμφανίζεται μόνο στην μέση κατανάλωση του Α τετραμήνου με του Β (Πίνακας 6).

		Μέση κατανάλωση A 2001	Μέση κατανάλωση A 2005	Μέση κατανάλωση A 2009
Μέση κατανάλωση A 2001	Pearson Correlation	---	0,913	0,940
	Sig. (2-tailed)	---	0	0
	N	---	14	14
Μέση κατανάλωση A 2005	Pearson Correlation	0,913	---	0,821
	Sig. (2-tailed)	0	---	0
	N	14	---	14
Μέση κατανάλωση A 2009	Pearson Correlation	0,940	0,821	---
	Sig. (2-tailed)	0	0	---
	N	14	14	---
		Μέση κατανάλωση B 2001	Μέση κατανάλωση B 2005	Μέση κατανάλωση B 2009
Μέση κατανάλωση B 2001	Pearson Correlation	---	0,915	0,876
	Sig. (2-tailed)	---	0	0
	N	---	14	14
Μέση κατανάλωση B 2005	Pearson Correlation	0,915	---	0,876
	Sig. (2-tailed)	0	---	0
	N	14	---	14
Μέση κατανάλωση B 2009	Pearson Correlation	0,876	0,876	---
	Sig. (2-tailed)	0	0	---
	N	14	14	---
		Μέση κατανάλωση Γ 2001	Μέση κατανάλωση Γ 2005	Μέση κατανάλωση Γ 2009
Μέση κατανάλωση Γ 2001	Pearson Correlation	---	0,872	0,727
	Sig. (2-tailed)	---	0	0,003
	N	---	14	14
Μέση κατανάλωση Γ 2005	Pearson Correlation	0,872	---	0,936
	Sig. (2-tailed)	0	---	0
	N	14	---	14
Μέση κατανάλωση Γ 2009	Pearson Correlation	0,727	0,936	---
	Sig. (2-tailed)	0,003	0	---
	N	14	14	---

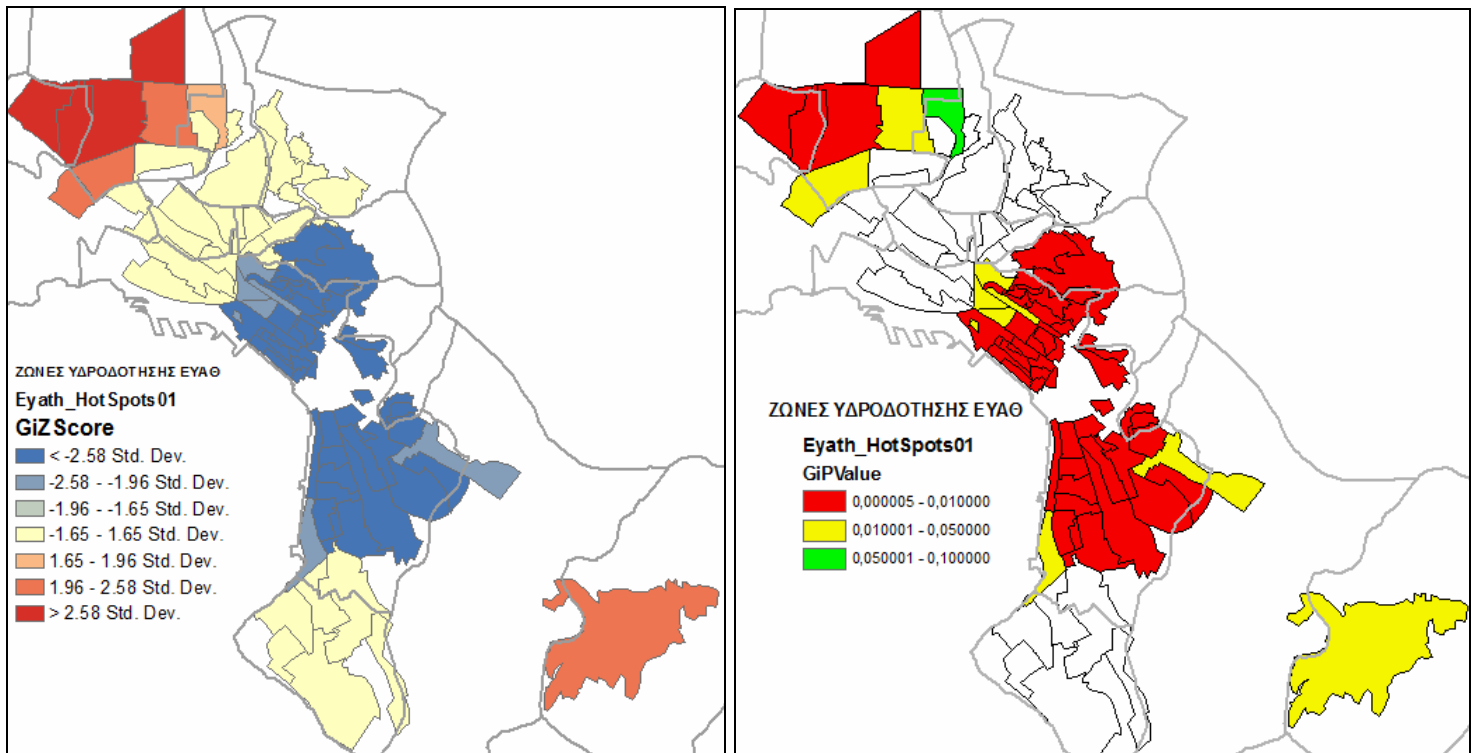
Πίνακας 6: Συσχετίσεις των ίδιων τετραμηνιαίων μέσων καταναλώσεων στα έτη.

		Μέση κατανάλωση A 2001	Μέση κατανάλωση B 2001	Μέση κατανάλωση Γ 2001
Μέση κατανάλωση A 2001	Pearson Correlation	---	0,922	-0,379
	Sig. (2-tailed)	---	0	0,182
	N	---	14	14
Μέση κατανάλωση B 2001	Pearson Correlation	0,922	---	-0,268
	Sig. (2-tailed)	0	---	0,354
	N	14	---	14
Μέση κατανάλωση Γ 2001	Pearson Correlation	-0,379	-0,268	---
	Sig. (2-tailed)	0,182	0,354	---
	N	14	14	---
		Μέση κατανάλωση A 2005	Μέση κατανάλωση B 2005	Μέση κατανάλωση Γ 2005
Μέση κατανάλωση A 2005	Pearson Correlation	---	0,891	0,912
	Sig. (2-tailed)	---	0	0
	N	---	14	14
Μέση κατανάλωση B 2005	Pearson Correlation	0,891	---	0,972
	Sig. (2-tailed)	0	---	0
	N	14	---	14
Μέση κατανάλωση Γ 2005	Pearson Correlation	0,912	0,972	---
	Sig. (2-tailed)	0	0	---
	N	14	14	---
		Μέση κατανάλωση A 2009	Μέση κατανάλωση B 2009	Μέση κατανάλωση Γ 2009
Μέση κατανάλωση A 2009	Pearson Correlation	---	0,865	0,978
	Sig. (2-tailed)	---	0	0
	N	---	14	14
Μέση κατανάλωση B 2009	Pearson Correlation	0,865	---	0,835
	Sig. (2-tailed)	0	---	0
	N	14	---	14
Μέση κατανάλωση Γ 2009	Pearson Correlation	0,978	0,835	---
	Sig. (2-tailed)	0	0	---
	N	14	14	---

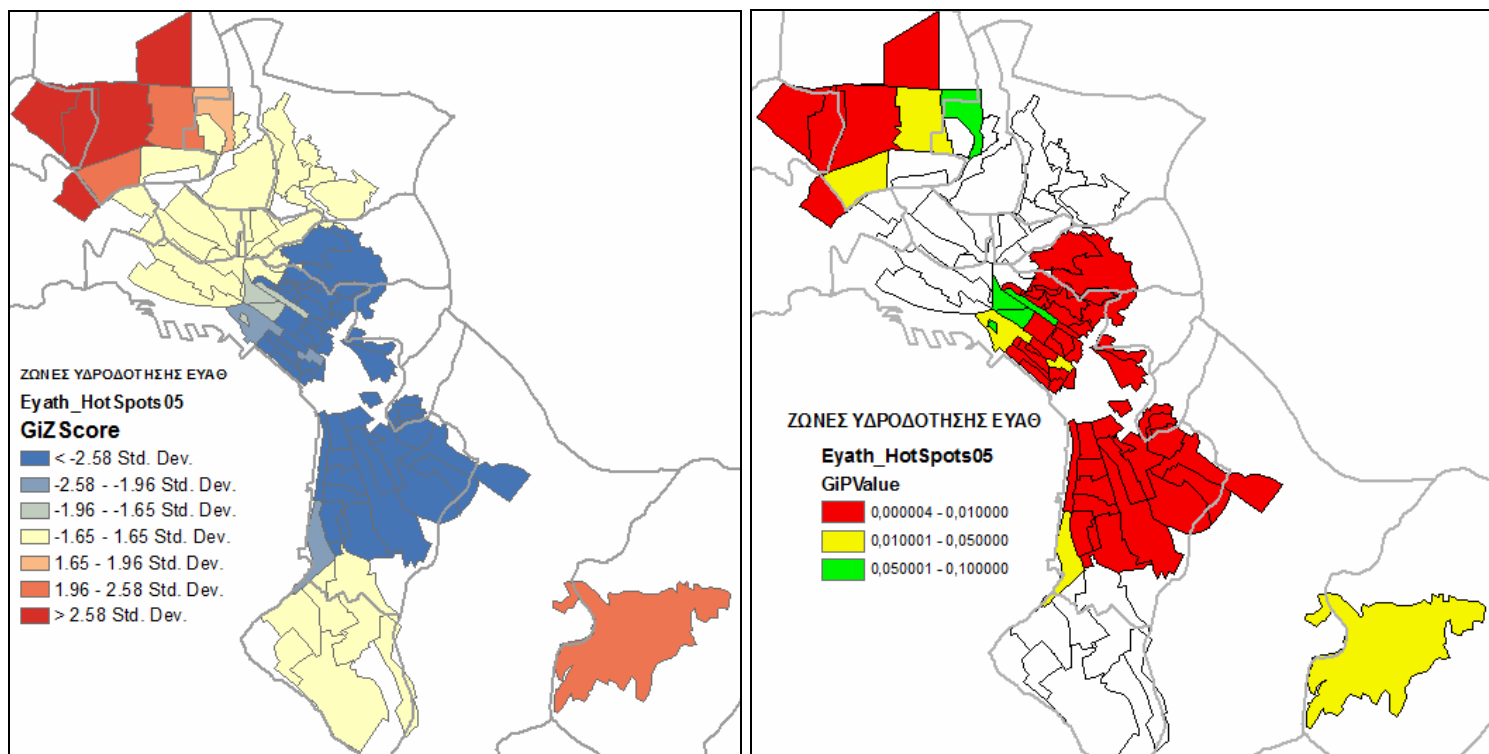
Πίνακας 7: Συσχετίσεις των τετραμηνιαίων μέσων καταναλώσεων ανά έτος (με γκρι οι μη στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις).

3.4 Χωρική ανάλυση της κατανάλωσης νερού στο πολεοδομικό συγκρότημα της Θεσσαλονίκης

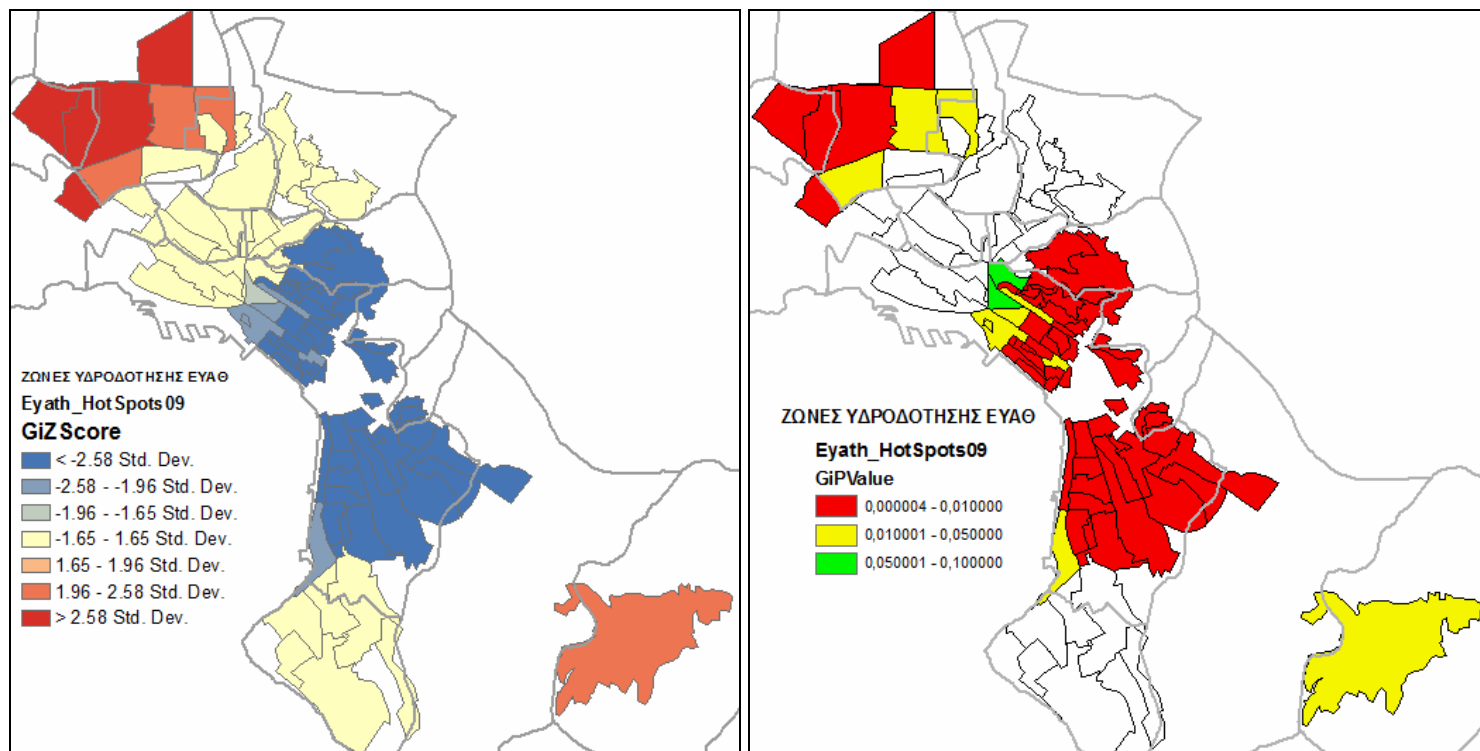
Οι χωρικές αναλύσεις των τιμολογούμενων μέσων καταναλώσεων των ζωνών υδροδότησης, πραγματοποιήθηκε με την Getis-Ord Gi (Hot-Cold Spot analysis) στατιστική χωρική ανάλυση μέσω του λογισμικού πακέτου ArcGIS της ESRI με σκοπό να παρουσιασθεί η όποια ομαδοποίηση υψηλών/χαμηλών καταναλώσεων νερού στον χώρο. Με αυτόν τον τρόπο ομάδες ζωνών με υψηλή κατανάλωση χαρακτηρίζονται ως «θερμές περιοχές» (hot spots) και αντίστοιχες ομάδες ζωνών με χαμηλές ως «κρύες περιοχές» (cold spots) (Εικόνες 25, 26, 27 και Πίνακες 8, 9, 10).



Εικόνα 25: Απεικόνιση των στατιστικά σημαντικών hot spots (αποχρώσεις κόκκινου) και cold spots (αποχρώσεις μπλε) υδροδοτικών ζωνών για το 2001 στα αριστερά και το επίπεδο σημαντικότητάς τους (δεξιά, p-values).



Εικόνα 26: Απεικόνιση των στατιστικά σημαντικών hot spots (αποχρώσεις κόκκινου) και cold spots (αποχρώσεις μπλε) υδροδοτικών ζωνών για το 2005 στα αριστερά και το επίπεδο σημαντικότητάς τους (δεξιά, p-values).



Εικόνα 27: Απεικόνιση των στατιστικά σημαντικών hot spots (αποχρώσεις κόκκινου) και cold spots (αποχρώσεις μπλε) υδροδοτικών ζωνών για το 2009 στα αριστερά και το επίπεδο σημαντικότητάς τους (δεξιά, p-values).

ΖΩΝΗ ΕΥΑΘ	M ³ 2001	z-score	p-value	α
52	30	-4,57	0,00	1%
42	36	-4,47	0,00	1%
43	39	-4,47	0,00	1%
46	25	-4,47	0,00	1%
41	31	-4,46	0,00	1%
44	26	-4,46	0,00	1%
3	28	-4,46	0,00	1%
4	29	-4,46	0,00	1%
10	35	-4,46	0,00	1%
45	32	-4,44	0,00	1%
47	30	-4,44	0,00	1%
53	24	-4,44	0,00	1%
54	26	-4,44	0,00	1%
66	32	-4,40	0,00	1%
2	26	-4,40	0,00	1%
31	29	-4,39	0,00	1%
6	34	-4,38	0,00	1%
5	32	-4,37	0,00	1%
34	28	-4,31	0,00	1%
55	27	-4,30	0,00	1%
65	33	-4,19	0,00	1%
40	35	-4,17	0,00	1%
30	29	-4,10	0,00	1%
39	34	-4,09	0,00	1%
33	31	-3,99	0,00	1%
35	32	-3,99	0,00	1%

ΖΩΝΗ ΕΥΑΘ	m ³ 2001	z-score	p-value	α
7	34	-3,84	0,00	1%
29	31	-3,84	0,00	1%
28	30	-3,64	0,00	1%
9	36	-3,48	0,00	1%
27	30	-3,41	0,00	1%
37	35	-3,26	0,00	1%
32	33	-3,00	0,00	1%
36	35	-3,00	0,00	1%
48	48	-2,90	0,00	1%
26	33	-2,70	0,01	1%
38	37	-2,50	0,01	5%
1	28	-2,46	0,01	5%
49	32	-2,46	0,01	5%
51	31	-2,46	0,01	5%
20	39	-2,31	0,02	5%
50	30	-2,28	0,02	5%
8	31	-2,09	0,04	5%
74	38	1,67	0,09	10%
69	41	1,96	0,05	5%
71	37	2,13	0,03	5%
57	81	2,33	0,02	5%
60	109	2,48	0,01	5%
72	39	2,73	0,01	1%
67	39	3,00	0,00	1%
76	95	3,06	0,00	1%
68	45	3,56	0,00	1%

Πίνακας 8: Στατιστικές μεταβλητές της Getis-Ord Gi ανάλυσης για μέσες ετήσιες καταναλώσεις νερού 2001.

ΖΩΝΗ ΕΥΑΘ	M ³ 2001	z-score	p-value	α
31	26	-4,60	0,00	1%
66	30	-4,44	0,00	1%
30	27	-4,42	0,00	1%
39	32	-4,40	0,00	1%
34	26	-4,36	0,00	1%
43	41	-4,32	0,00	1%
42	37	-4,32	0,00	1%
44	29	-4,32	0,00	1%
41	28	-4,32	0,00	1%
35	30	-4,28	0,00	1%
33	28	-4,28	0,00	1%
65	32	-4,26	0,00	1%
52	28	-4,26	0,00	1%
46	25	-4,20	0,00	1%
54	24	-4,18	0,00	1%
53	24	-4,18	0,00	1%
47	29	-4,18	0,00	1%
45	33	-4,18	0,00	1%
10	34	-4,16	0,00	1%

ΖΩΝΗ ΕΥΑΘ	m ³ 2001	z-score	p-value	α
5	28	-4,05	0,00	1%
28	28	-3,97	0,00	1%
27	29	-3,75	0,00	1%
37	32	-3,65	0,00	1%
7	33	-3,52	0,00	1%
32	31	-3,27	0,00	1%
36	33	-3,27	0,00	1%
9	36	-3,11	0,00	1%
38	34	-2,94	0,00	1%
26	31	-2,90	0,00	1%
20	36	-2,44	0,01	5%
48	47	-2,34	0,02	5%
49	29	-1,93	0,05	10%
51	29	-1,93	0,05	10%
1	27	-1,93	0,05	10%
50	29	-1,75	0,08	10%
74	37	1,90	0,06	10%
57	68	2,15	0,03	5%
69	38	2,25	0,02	5%

4	27	-4,16	0,00	1%
3	25	-4,16	0,00	1%
29	28	-4,15	0,00	1%
6	32	-4,12	0,00	1%
40	31	-4,11	0,00	1%
55	26	-4,07	0,00	1%
2	25	-4,06	0,00	1%

71	35	2,44	0,01	5%
60	99	2,62	0,01	1%
72	36	2,86	0,00	1%
67	40	3,10	0,00	1%
76	64	3,42	0,00	1%
68	40	3,57	0,00	1%

Πίνακας 9: Στατιστικές μεταβλητές της Getis-Ord Gi ανάλυσης για μέσες ετήσιες καταναλώσεις νερού 2005.

ΖΩΝΗ ΕΥΑΘ	M ³ 2001	z-score	p-value	α
66	28	-4,61	0,00	1%
31	24	-4,51	0,00	1%
34	23	-4,48	0,00	1%
43	40	-4,42	0,00	1%
42	34	-4,42	0,00	1%
30	25	-4,42	0,00	1%
65	28	-4,41	0,00	1%
44	25	-4,41	0,00	1%
41	25	-4,41	0,00	1%
52	26	-4,40	0,00	1%
39	28	-4,40	0,00	1%
46	23	-4,36	0,00	1%
40	27	-4,34	0,00	1%
54	21	-4,33	0,00	1%
53	22	-4,33	0,00	1%
47	26	-4,33	0,00	1%
45	32	-4,33	0,00	1%
10	35	-4,30	0,00	1%
4	23	-4,30	0,00	1%
3	24	-4,30	0,00	1%
35	27	-4,30	0,00	1%
33	26	-4,30	0,00	1%
6	30	-4,28	0,00	1%
55	23	-4,24	0,00	1%
2	23	-4,19	0,00	1%
29	26	-4,18	0,00	1%

ΖΩΝΗ ΕΥΑΘ	m ³ 2001	z-score	p-value	α
5	25	-4,16	0,00	1%
28	26	-4,00	0,00	1%
27	27	-3,75	0,00	1%
37	30	-3,65	0,00	1%
7	30	-3,63	0,00	1%
32	29	-3,25	0,00	1%
36	30	-3,25	0,00	1%
9	33	-3,23	0,00	1%
38	31	-2,99	0,00	1%
26	29	-2,87	0,00	1%
48	43	-2,50	0,01	5%
20	34	-2,49	0,01	5%
49	27	-2,10	0,04	5%
51	26	-2,10	0,04	5%
1	24	-2,10	0,04	5%
50	26	-1,89	0,06	10%
57	62	1,97	0,05	5%
74	35	1,98	0,05	5%
69	35	2,29	0,02	5%
71	34	2,44	0,01	5%
60	92	2,81	0,00	1%
72	35	3,11	0,00	1%
67	35	3,36	0,00	1%
76	67	3,50	0,00	1%
68	37	3,68	0,00	1%

Πίνακας 10: Στατιστικές μεταβλητές της Getis-Ord Gi ανάλυσης για μέσες ετήσιες καταναλώσεις νερού 2009.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτά φαίνεται να υπάρχει μια ομαδοποίηση υψηλών και χαμηλών καταναλώσεων για τις ζώνες υδροδότησης, η οποία μάλιστα παραμένει ουσιαστικά σταθερή στις τρεις χρονοσειρές των αποτελεσμάτων (Πίνακας 11). Εξαιρέση αποτελεί η όγδοη (8) ζώνη υδροδότησης και το επίπεδο της στατιστικής σημαντικότητας του αποτελέσματος στις τρεις χρονοσειρές. Τα αποτελέσματα οπτικοποιούνται από τις εικόνες 25, 26 και 27 και τεκμηριώνονται

μέσω των πινάκων 7, 8 και 9 όπου παρουσιάζονται οι στατιστικά σημαντικές ζώνες για διάφορα επίπεδα σημαντικότητας ($\alpha=1\%$ ή 5% ή 10%) με αντίστοιχες αποχρώσεις μπλε-cold-spots και κόκκινου-hot-spots, μετά από Getis-Ord Gi ανάλυση για τις μέσες ετήσιες καταναλώσεις νερού.

Ζώνες 2001	Ζώνες 2005	Ζώνες 2009	Ζώνες 2001	Ζώνες 2005	Ζώνες 2009
1	1	1	40	40	40
2	2	2	41	41	41
3	3	3	42	42	42
4	4	4	43	43	43
5	5	5	44	44	44
6	6	6	45	45	45
7	7	7	46	46	46
8	---	---	47	47	47
9	9	9	48	48	48
10	10	10	49	49	49
20	20	20	50	50	50
26	26	26	51	51	51
27	27	27	52	52	52
28	28	28	53	53	53
29	29	29	54	54	54
30	30	30	55	55	55
31	31	31	57	57	57
32	32	32	60	60	60
33	33	33	67	67	67
34	34	34	68	68	68
35	35	35	69	69	69
36	36	36	71	71	71
37	37	37	72	72	72
38	38	38	74	74	74
39	39	39	76	76	76

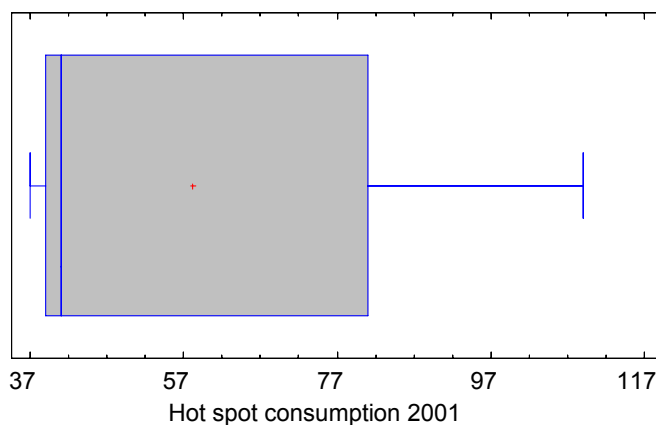
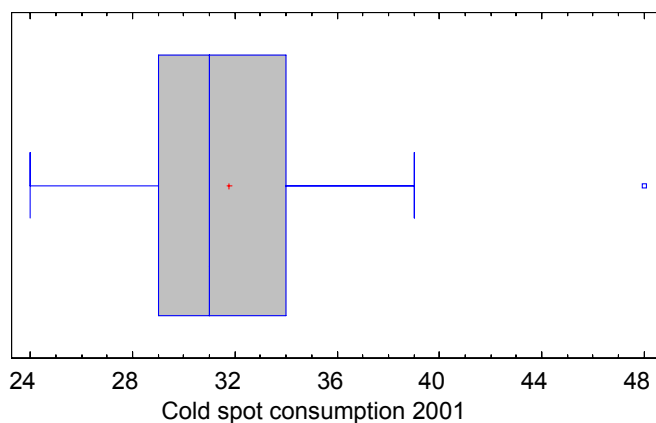
Πίνακας 11: Σύγκριση της Getis-Ord Gi ανάλυσης για τις τρεις χρονοσειρές (το χρώμα δείχνει τον τύπο ομάδας και η απόχρωση το επίπεδο σημαντικότητας).

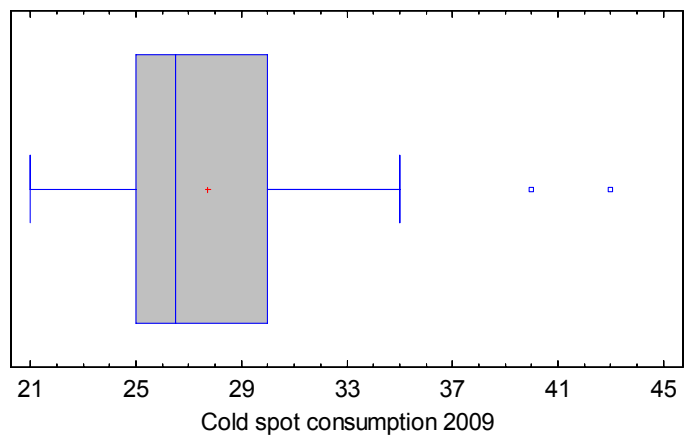
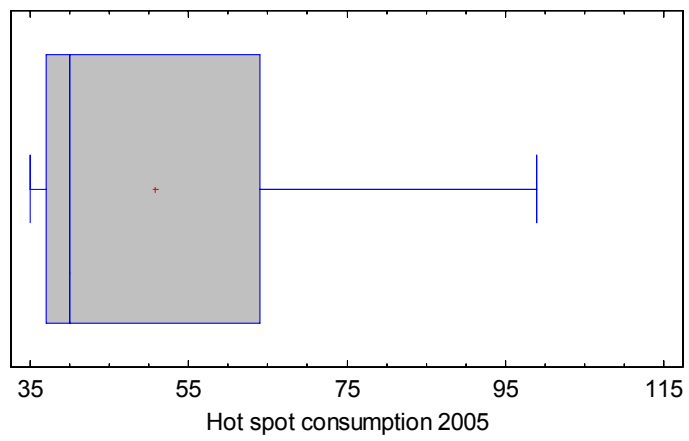
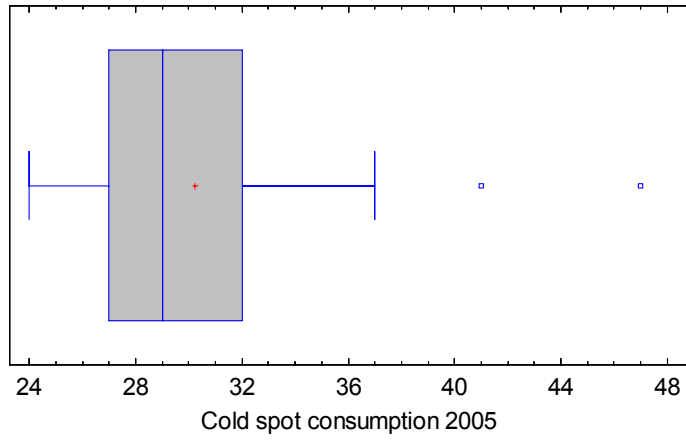
Ορισμένα βασικά περιγραφικά στατιστικά μέτρα των ομαδοποιημένων περιοχών παρουσιάζονται στον πίνακα 12 και την εικόνα 28. Σύμφωνα με αυτόν προκύπτει ότι ο μέσος όρος των ζωνών χαμηλής κατανάλωσης είναι 31.8 m^3 το 2001, 30.2 m^3 το 2005 και 27.7 m^3 το 2009 με ένα ουσιαστικά σταθερό διαχρονικά εύρος τιμών, το οποίο κυμαίνεται από 24 m^3 έως 48 m^3 το 2001, 24 m^3 έως 47 m^3 το 2005 και 21 m^3 έως 43 m^3 το 2001. Σαφώς υψηλότερο μέσο όρο εμφανίζεται στις υψηλής κατανάλωσης ζώνες 58.2 m^3 το 2001, 50.8 m^3 το 2005 και 48 m^3 το 2009, με εύρη

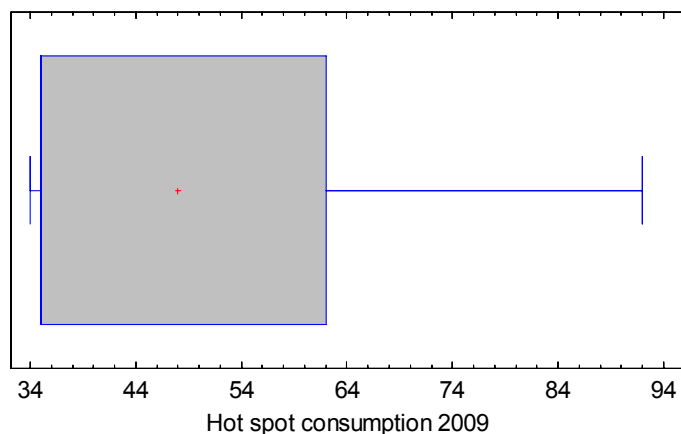
τιμών περίπου 1,7 φορές από τα αντίστοιχα των χαμηλής κατανάλωσης ζωνών, το οποίο κυμαίνεται από 37 m³ έως 109 m³ το 2001, 35 m³ έως 99 m³ το 2005 και 34 m³ έως 92 m³ το 2001.

		Μέσος Όρος	Εύρος	Min	Max
cold spots	2001	31,8	24	24	48
	2005	30,2	23	24	47
	2009	27,7	22	21	43
hot spots	2001	58,2	72	37	109
	2005	50,8	64	35	99
	2009	48	58	34	92

Πίνακας 12: Μέσοι όροι, min/max τιμές για τις ομαδοποιημένες περιοχές ανά έτος.



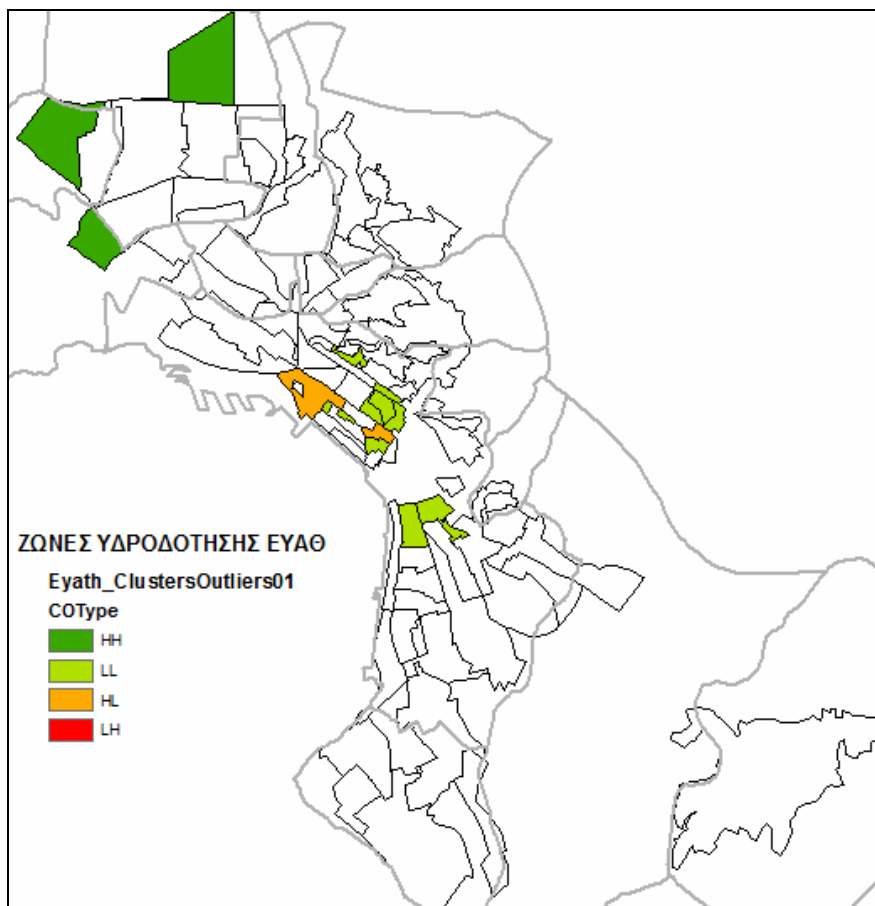
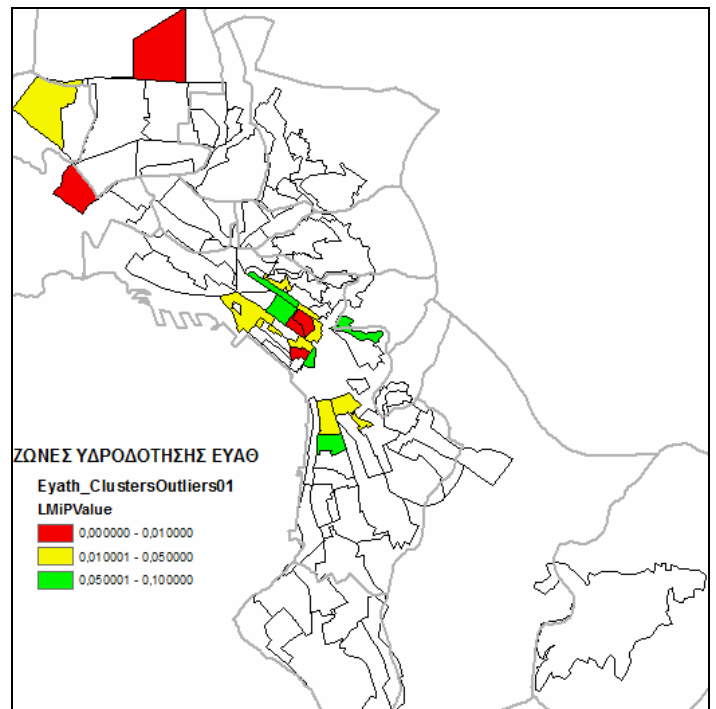
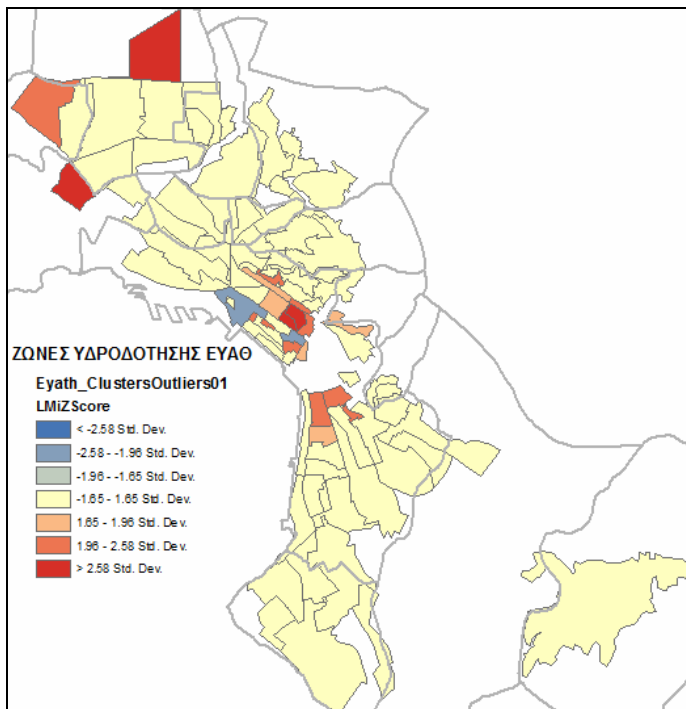




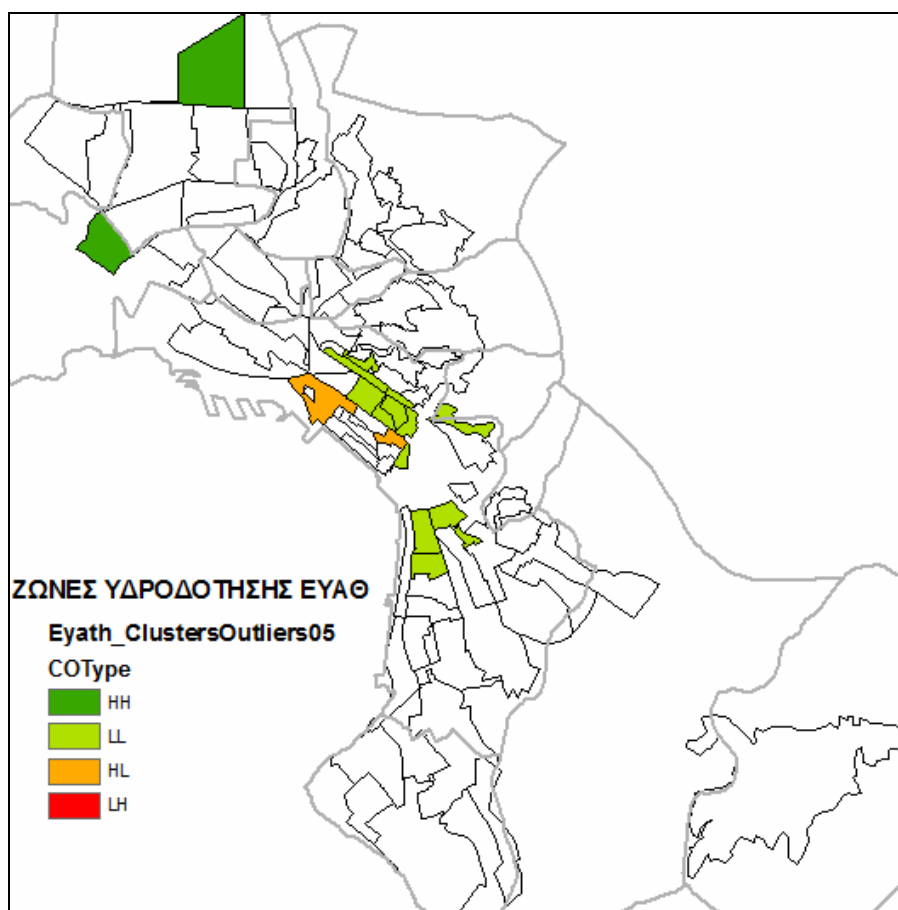
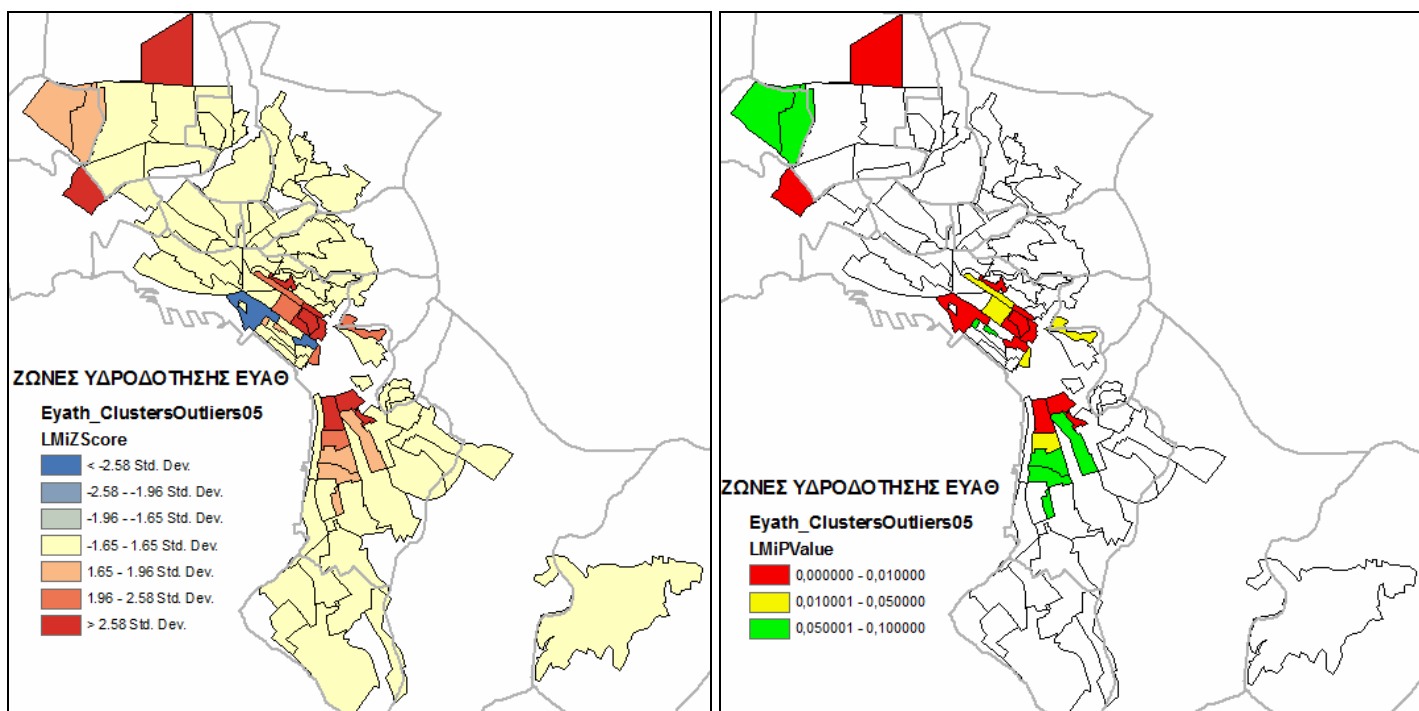
Εικόνα 28: Θηκογράμματα των χαμηλής κατανάλωσης και υψηλής κατανάλωσης ζωνών για τα έτη 2001, 2005 και 2009.

Παρομοίως, η ομαδοποίηση και οπτικοποίηση της χωρικής αυτοσυσχέτισης (τοπικός δείκτης Moran's I) ανάλυσης πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό πακέτο ArcGIS της ESRI. Στην περίπτωση αυτή, όπως ήδη έχει αναφερθεί, αναγνωρίζονται και παρουσιάζονται ομάδες ζωνών με παρόμοια-ομοιογενή (clusters) μέση ετήσια κατανάλωση καθώς και ομάδες ζωνών με ετερογενή (outliers) μέση ετήσια κατανάλωση νερού. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής παρουσιάζονται με τις εικόνες 29, 30, 31 και τους πίνακες 13, 14, 15.

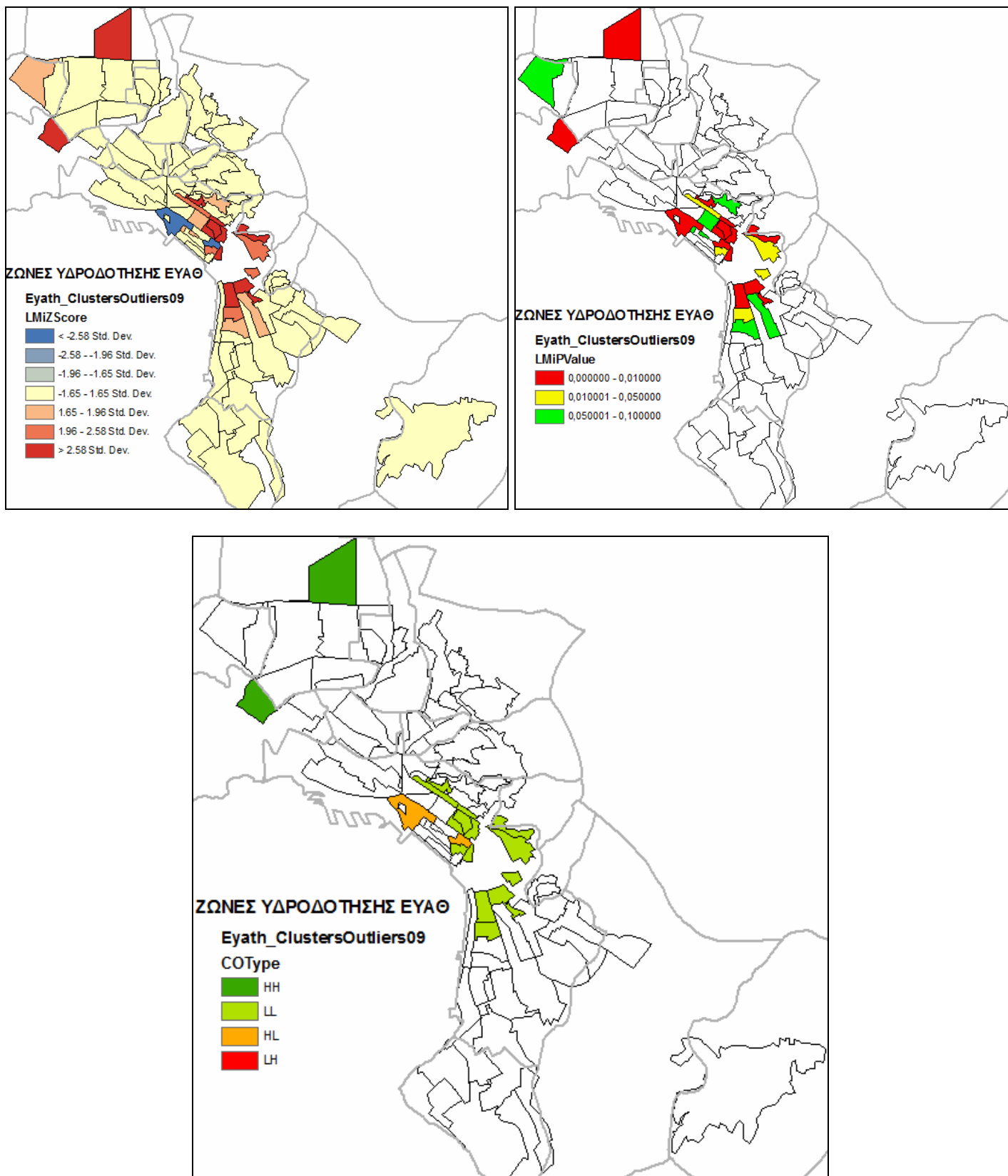
Επιπλέον, ο έλεγχος της χωρικής αυτοσυσχέτισης (με την μέθοδο της ευκλείδειας απόστασης) για τις μέσες ετήσιες καταναλώσεις του 2001, 2005 και 2009 βρέθηκε θετικό με γενικούς δείκτες Moran's I 0.14, 0.154 και 0.158 αντίστοιχα και p-values <0.01. Από τα αποτελέσματα αυτά, οι δείκτες Moran's I δείχνουν πως υπάρχει μια μικρή αλλά σταθερή θετική χωρική αυτοσυσχέτιση των μέσων ετήσιων καταναλώσεων νερού 2001, 2005 και 2009 σε επίπεδο ζωνών. Τέλος, στην εικόνα 32 παρουσιάζεται με γράφημα η σχέση του δείκτη Moran's I των μέσων ετήσιων καταναλώσεων (που ερμηνεύουν την χωρική αυτοσυσχέτιση) σε σχέση με την απόσταση, δείχνοντας πως μεταβάλλεται αυτή με την απόσταση.



Εικόνα 29: Απεικόνιση των στατιστικά σημαντικών HH, LL, HL, LH υδροδοτικών ζωνών ως προς την κατανάλωση για το 2001 (απεικονίζονται τιμές των z-scores, p-values).



Εικόνα 30: Απεικόνιση των στατιστικά σημαντικών HH, LL, HL, LH υδροδοτικών ζωνών ως προς την κατανάλωση για το 2005 (απεικονίζονται τιμές των z-scores, p-values).



Εικόνα 31: Απεικόνιση των στατιστικά σημαντικών HH, LL, HL, LH υδροδοτικών ζωνών ως προς την κατανάλωση για το 2009 (απεικονίζονται τιμές των z-scores, p-values).

ΖΩΝΗ ΕΥΑΘ	m³ 2001	local Moran's I	z-score	p-value	COType
60	99	0,012	6,468	0,000	HH
68	40	0,003	1,978	0,048	HH
76	64	0,012	7,749	0,000	HH
2	25	0,016	2,398	0,016	LL
31	26	0,006	2,007	0,045	LL
34	26	0,007	2,193	0,028	LL
44	29	0,012	2,578	0,010	LL
46	25	0,013	2,041	0,041	LL
53	24	0,021	2,841	0,004	LL
54	24	0,018	2,588	0,010	LL
55	26	0,013	2,552	0,011	LL
48	47	-0,013	-2,345	0,019	HL

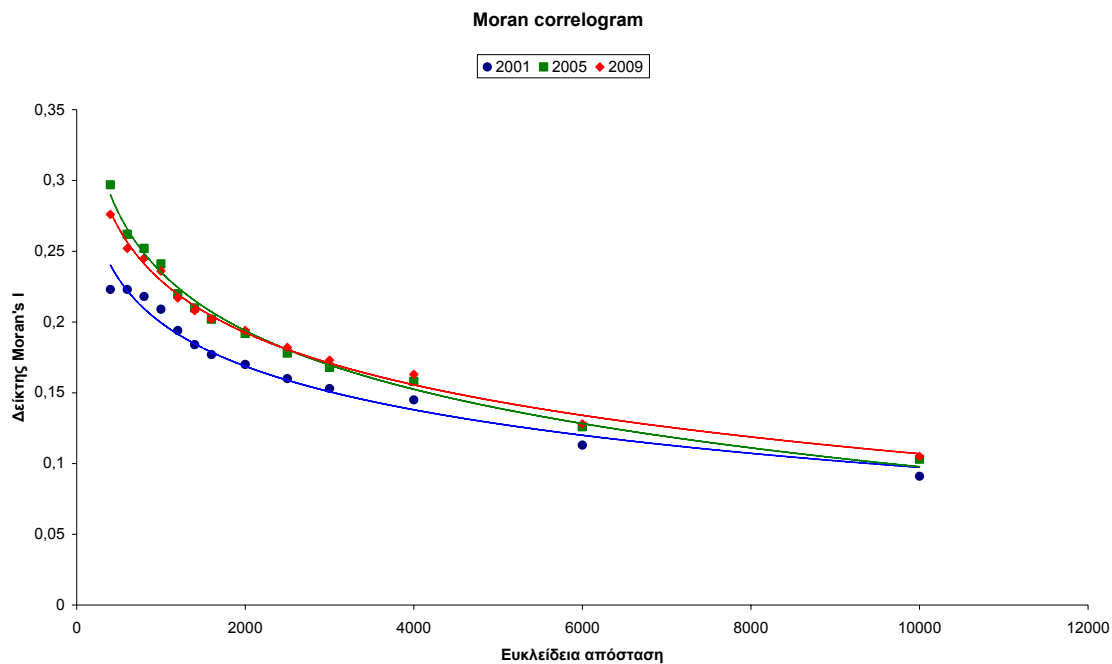
Πίνακας 13: Στατιστικές μεταβλητές της local Moran's I ανάλυσης για μέσες ετήσιες καταναλώσεις νερού 2001.

ΖΩΝΗ ΕΥΑΘ	m³ 2005	local Moran's I	z-score	p-value	COType
60	99	0,01	7,53	0,00	HH
76	64	0,01	6,72	0,00	HH
1	27	0,01	1,96	0,05	LL
2	25	0,02	2,72	0,01	LL
30	27	0,01	2,35	0,02	LL
31	26	0,01	2,89	0,00	LL
34	26	0,01	2,85	0,00	LL
41	28	0,01	2,29	0,02	LL
52	28	0,01	2,02	0,04	LL
53	24	0,02	2,89	0,00	LL
54	24	0,02	3,07	0,00	LL
55	26	0,01	2,74	0,01	LL
48	47	-0,02	-3,23	0,00	HL

Πίνακας 14: Στατιστικές μεταβλητές της local Moran's I ανάλυσης για μέσες ετήσιες καταναλώσεις νερού 2005.

ΖΩΝΗ ΕΥΑΘ	m³ 2009	local Moran's I	z-score	p-value	COType
60	92	0,01	8,09	0,00	HH
76	67	0,01	8,30	0,00	HH
1	24	0,01	2,16	0,03	LL
2	23	0,02	2,65	0,01	LL
30	25	0,01	2,26	0,02	LL
31	24	0,01	2,84	0,00	LL
34	23	0,01	3,16	0,00	LL
40	27	0,01	1,98	0,05	LL
41	25	0,01	2,62	0,01	LL
44	25	0,01	2,05	0,04	LL
53	22	0,02	2,88	0,00	LL
54	21	0,02	3,27	0,00	LL
55	23	0,02	3,03	0,00	LL
48	43	-0,02	-2,93	0,00	HL

Πίνακας 15: Στατιστικές μεταβλητές της local Moran's I ανάλυσης για μέσες ετήσιες καταναλώσεις νερού 2009.



Εικόνα 32: Μεταβολή του δείκτη Moran's I χωρικής αυτοσυσχέτισης των καταναλώσεων νερού σε σχέση με την απόσταση.

COType	ΖΩΝΗ ΕΥΑΘ 2001	ΖΩΝΗ ΕΥΑΘ 2005	ΖΩΝΗ ΕΥΑΘ 2009
HH	60	60	60
HH	68	---	---
HH	76	76	76
LL	---	1	1
LL	2	2	2
LL	---	30	30
LL	31	31	31
LL	34	34	34
LL	---	---	40
LL	---	41	41
LL	44	---	44
LL	46	---	---
LL	---	52	---
LL	53	53	53
LL	54	54	54
LL	55	55	55
HL	48	48	48

Πίνακας 16: Σύγκριση της local Moran's I ανάλυσης των υδροδοτικών ζωνών για τις τρεις χρονοσειρές.

Από τον παραπάνω συγκριτικό πίνακα (Πίνακας 16) παρατηρείται κάποια διαχρονική σταθερότητα στις ομοιογενείς και ετερογενείς (ως προς την μέση ετήσια κατανάλωση του νερού) διαχρονικά ζώνες υδροδότησης. Σημαντικός είναι ο αριθμός των ομοιογενών LL ζωνών και συγκεκριμένα 8 ζώνες το 2001, 10 ζώνες το 2005 και

11 ζώνες το 2009 με 6 ζώνες να παραμένουν σταθερά LL και στις τρεις χρονοσειρές (οι ζώνες 2, 31, 34, 53, 54, 55). Παρομοίως HH ζώνες παρουσιάζονται 3 το 2001, 2 το 2005 και 3 το 2009 (εκ των οποίων οι ζώνες 60 και 76 εμφανίζονται σταθερά και στα τρία χρόνια), ενώ HL εμφανίζει μόνο μια ζώνη, η ζώνη 48 και στα τρία χρόνια.

3.5 Γραμμική συσχέτιση της μέσης ετήσιας κατανάλωσης νερού το 2001 με διάφορους δημογραφικούς παράγοντες για το πολεοδομικό συγκρότημα της Θεσσαλονίκης

Η διαδικασία της γραμμικής συσχέτισης της κατανάλωσης νερού με δημογραφικούς παράγοντες, πραγματοποιήθηκε μόνο για το έτος 2001, καθώς το 2001 πραγματοποιήθηκε η τελευταία απογραφή πληθυσμού από την ΕΣΥΕ. Οι δημογραφικοί παράγοντες που εξετάστηκαν είναι τα επιμέρους ποσοστά του αριθμού μελών της οικογένειας, της ηλικίας, του επιπέδου της μόρφωσης, του είδους της απασχόλησης, της παλαιότητας της κατοικίας, του ιδιοκτησιακού καθεστώτος, το τομέα απασχόλησης του οικονομικά ενεργού πληθυσμού, της επιφάνειας της κατοικίας και η πυκνότητα του πληθυσμού. Τα δημογραφικά στοιχεία ελέγχθηκαν ως προς την κανονικότητά τους δίνοντας τα αποτελέσματα του πίνακα 17. Κανονικές μεταβλητές αποτελούν οι μεταβλητές όπου σε μία από τις δύο δοκιμές του Kolmogorov-Smirnov ή του Shapiro-Wilk το επίπεδο σημαντικότητας είναι ίσο ή μεγαλύτερο του 0,05. Σύμφωνα με τον πίνακα 17, δεν ακολουθούν κανονική κατανομή οι μεταβλητές επιφάνεια της κατοικίας και πυκνότητα του πληθυσμού, για τις οποίες δεν ακολούθησε και περαιτέρω διερεύνηση ως προς την γραμμική συσχέτιση με την κατανάλωση νερού.

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
1-μελής	0,196	14	0,151	0,901	14	0,115
2-μελής	0,130	14	0,200	0,985	14	0,994
3-μελής	0,216	14	0,077	0,916	14	0,195
4-μελής	0,150	14	0,200	0,969	14	0,869
5-μελής	0,142	14	0,200	0,942	14	0,450
6 και άνω - μελής	0,141	14	0,200	0,868	14	0,039
Κλάση ηλικιών 0-14	0,126	14	0,200	0,979	14	0,970
Κλάση ηλικιών 15-29	0,169	14	0,200	0,962	14	0,764
Κλάση ηλικιών 30-44	0,147	14	0,200	0,967	14	0,836
Κλάση ηλικιών 45-59	0,136	14	0,200	0,969	14	0,858
Κλάση ηλικιών 60-74	0,128	14	0,200	0,960	14	0,725
Κλάση ηλικιών 75-85	0,149	14	0,200	0,953	14	0,611
Γ-βάθμια εκπαίδευση	0,201	14	0,129	0,847	14	0,020
Β-βάθμια εκπαίδευση	0,089	14	0,200	0,991	14	1,000
Α-βάθμια εκπαίδευση	0,217	14	0,073	0,829	14	0,012
Αναλφάβητοι	0,102	14	0,200	0,948	14	0,524
Οικονομικά ενεργός	0,145	14	0,200	0,973	14	0,915
Φοιτητές	0,258	14	0,012	0,882	14	0,063
Συνταξιούχοι	0,126	14	0,200	0,961	14	0,747
Οικιακά	0,186	14	0,200	0,881	14	0,059
Οικονομικά ανενεργός	0,150	14	0,200	0,957	14	0,675
Κατοικίες παλαιότερες του 80	0,151	14	0,200	0,937	14	0,377
Κατοικίες 81-90	0,216	14	0,075	0,831	14	0,012
Κατοικίες 91-01	0,223	14	0,057	0,866	14	0,036
Χωρίς ιδιοκτησία	0,137	14	0,200	0,978	14	0,959
Ενοικιαστές	0,139	14	0,200	0,983	14	0,987
Ιδιοκτήτης	0,111	14	0,200	0,967	14	0,833
Άλλη ιδιότητα	0,181	14	0,200	0,893	14	0,088
Α-γενή τομέα απασχόλησης	0,185	14	0,200	0,947	14	0,515
Β-γενή τομέα απασχόλησης	0,185	14	0,200	0,948	14	0,532
Γ-γενή τομέα απασχόλησης	0,185	14	0,200	0,948	14	0,533

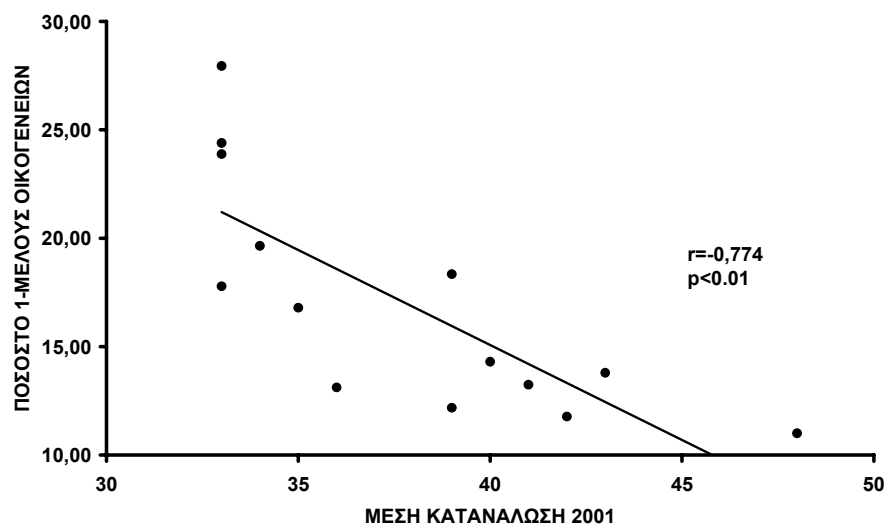
Επιφάνεια κάτω των 149 m ²	0,420	14	0,000	0,397	14	0,000
Επιφάνεια άνω των 150 m ²	0,421	14	0,000	0,397	14	0,000
Πυκνότητα πληθυσμού	0,371	14	0,000	0,428	14	0,000

Πίνακας 17: Αποτελέσματα των δοκιμών του Kolmogorov-Smirnov και του Shapiro-Wilk σχετικά με την κανονικότητα των μεταβλητών (με γκρι οι μη κανονικές μεταβλητές).

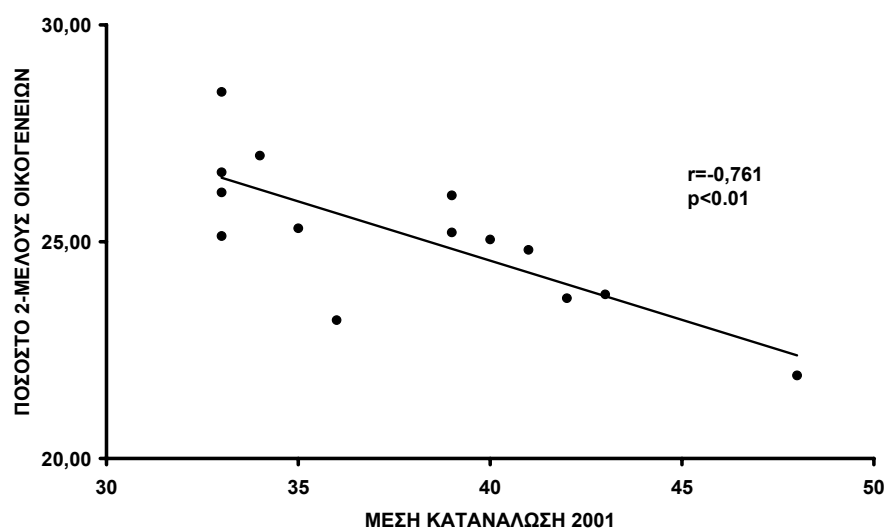
Οι γραμμικές συσχετίσεις της μέσης ετήσιας κατανάλωσης νερού το 2001 με τον αριθμό των μελών των νοικοκυριών δείχνει να είναι σύμφωνος με την βιβλιογραφία (Nieswiadomy and Molina, 1989; Lyman, 1992). Τα αποτελέσματα δείχνουν θετική γραμμική συσχέτιση της κατανάλωσης νερού για 4-μελή και άνω νοικοκυριά και αρνητική για μονο και δι-μελή νοικοκυριά, ενώ δεν παρατηρήθηκε κάποια στατιστικά σημαντική γραμμική συσχέτιση με τα 3-μελή νοικοκυριά (Πίνακας 18, Εικόνες 33, 34, 35, 36, 37). Παρομοίως στατιστικά σημαντικές γραμμικές συσχετίσεις παρουσιάζονται και για ορισμένες ηλικίες του πληθυσμού. Συγκεκριμένα, θετική γραμμική συσχέτιση εμφανίζει η κατανάλωση νερού για νοικοκυριά που απαρτίζονται με παιδικές ηλικίες από 0-14 ετών, ενώ αρνητικές είναι για τα νοικοκυριά με ηλικίες 15-29 και 60-74 (Πίνακας 19, Εικόνες 38, 39 και 40). Ως προς το επίπεδο μόρφωσης δεν προέκυψε κάποια στατιστικά σημαντική γραμμική συσχέτιση σε επίπεδο 5% και άνω (Πίνακας 20). Σε σχέση με το είδος της απασχόλησης του πληθυσμού στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα προέκυψαν για τους άνεργους και τους συνταξιούχους (Πίνακας 21). Συγκεκριμένα, προέκυψε θετική γραμμική συσχέτιση της κατανάλωσης ύδατος με τους οικονομικά ανενεργούς και αρνητική γραμμική συσχέτιση με τους συνταξιούχους (Εικόνες 41, 42). Ως προς την παλαιότητα της κατοικίας σημαντικά αρνητική γραμμική συσχέτιση διαπιστώθηκε για τις κατοικίες προ του 1980 και θετική για τις κατοικίες μετά του 1990 (Πίνακας 22, Εικόνες 43, 44). Τέλος, η διερεύνηση της γραμμικής συσχέτισης της κατανάλωσης νερού ως προς το ιδιοκτησιακό καθεστώς των ιδιοκτησιών καθώς και ως προς το τομέα απασχόλησης του οικονομικά ενεργού πληθυσμού, δεν μας επέστρεψαν κάποιο στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα σε επίπεδο 5% (Πίνακας 23, 24).

		1-μελής	2-μελής	3-μελής	4-μελής	5-μελής	6-μελής
Μέση Ετήσια Κατανάλωση 2001	Pearson Correlation	-0,774	-0,761	0,493	0,734	0,853	0,677
	Sig. (2-tailed)	0,001	0,002	0,073	0,003	0,000	0,008
	N	14	14	14	14	14	14

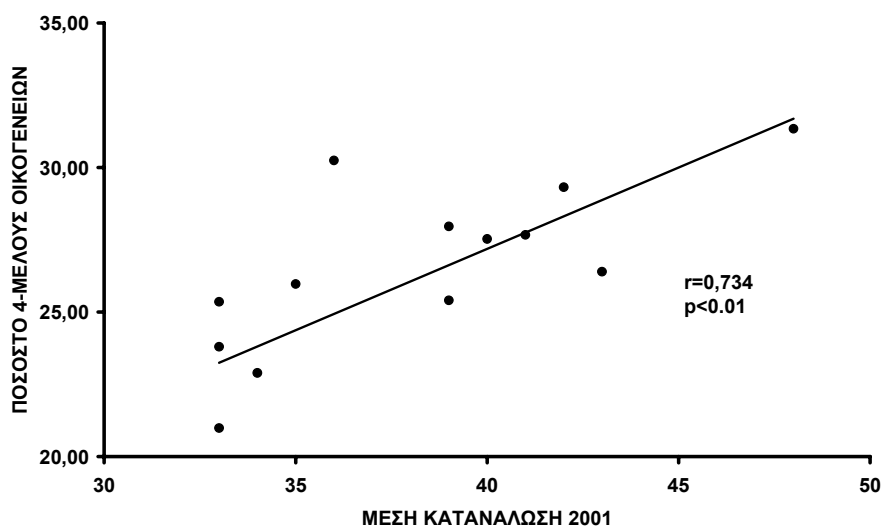
Πίνακας 18: Γραμμικές συσχετίσεις της μέσης ετήσιας κατανάλωσης με τα επιμέρους ποσοστά των μελών οικογενειών (με γκρι οι μη στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις).



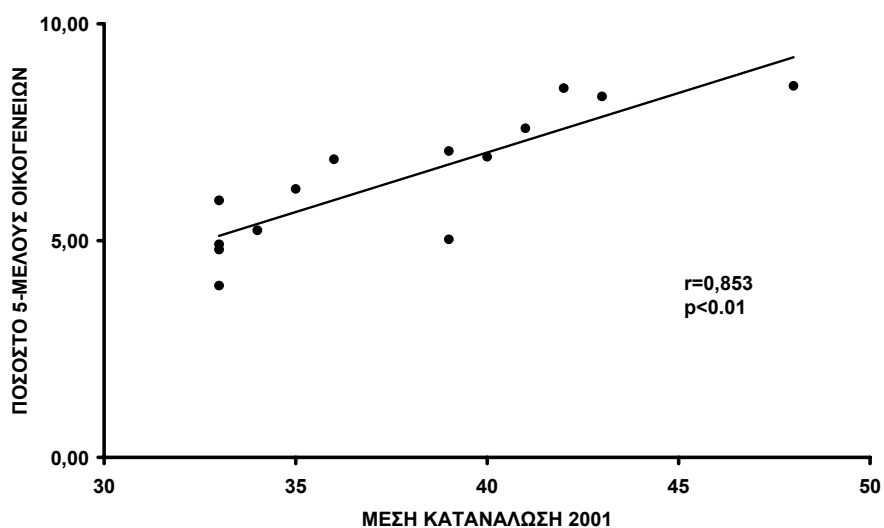
Εικόνα 33: Γραφική απεικόνιση της αρνητικής γραμμικής συσχέτισης της μέσης ετήσιας κατανάλωσης νερού 2001 με το ποσοστό μονομελών οικογενειών.



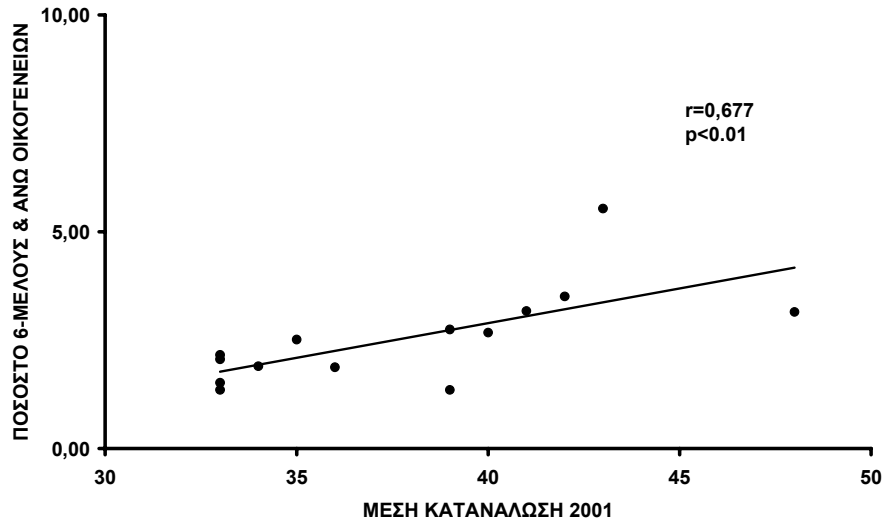
Εικόνα 34: Γραφική απεικόνιση της αρνητικής γραμμικής συσχέτισης της μέσης ετήσιας κατανάλωσης νερού 2001 με το ποσοστό διμελών οικογενειών.



Εικόνα 35: Γραφική απεικόνιση της θετικής γραμμικής συσχέτισης της μέσης ετήσιας κατανάλωσης νερού 2001 με το ποσοστό τετραμελών οικογενειών.



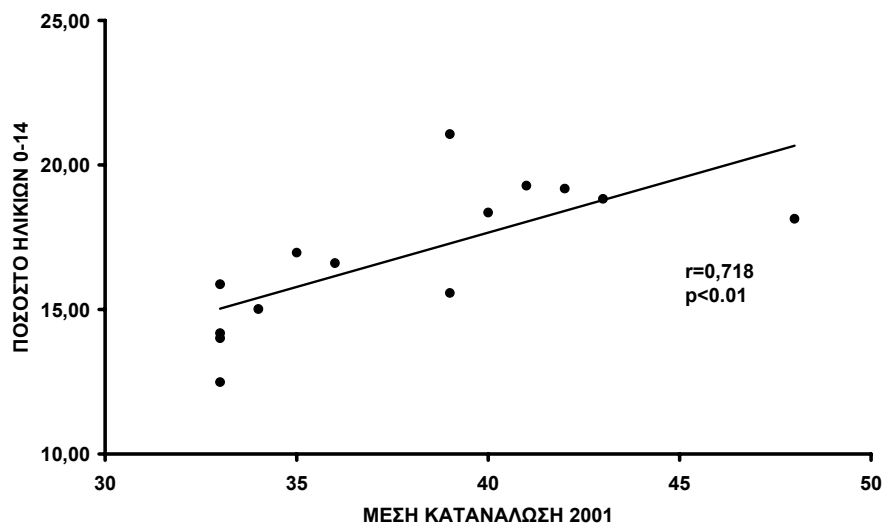
Εικόνα 36: Γραφική απεικόνιση της θετικής γραμμικής συσχέτισης της μέσης ετήσιας κατανάλωσης νερού 2001 με το ποσοστό πενταμελών οικογενειών.



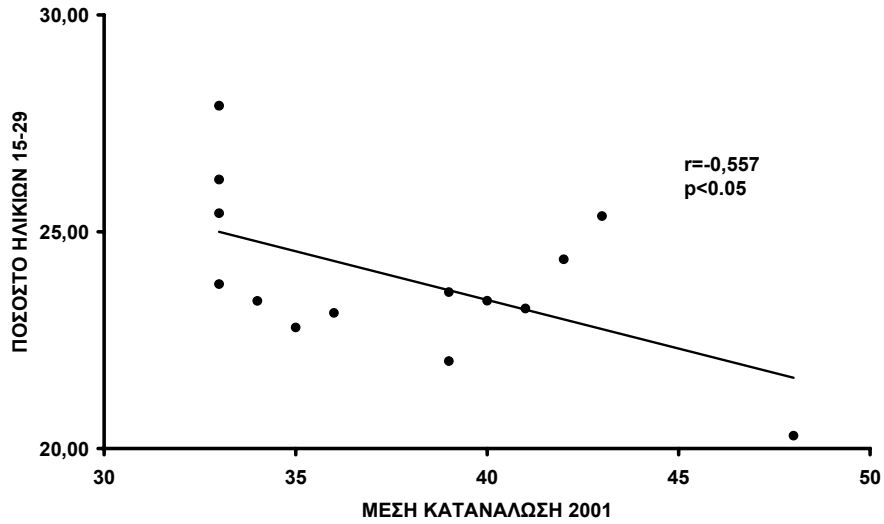
Εικόνα 37: Γραφική απεικόνιση της θετικής γραμμικής συσχέτισης της μέσης ετήσιας κατανάλωσης νερού 2001 με το ποσοστό εξαμελών και άνω οικογενειών.

	Ηλικίες	0-14	15-29	30-44	45-59	60-74	75-85
Μέση Ετήσια Κατανάλωση 2001	Pearson Correlation	0,718	-0,557	0,479	-0,043	-0,691	-0,472
	Sig. (2-tailed)	0,004	0,039	0,083	0,885	0,006	0,089
	N	14	14	14	14	14	14

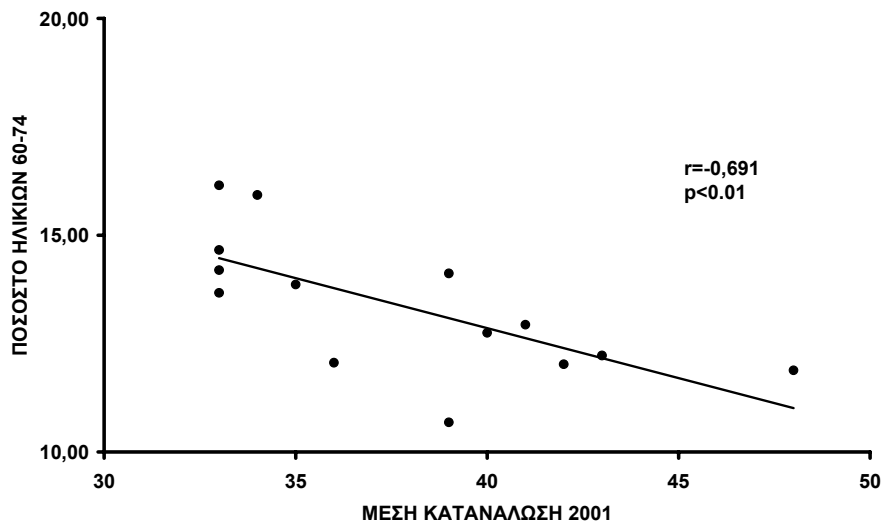
Πίνακας 19: Γραμμικές συσχετίσεις της μέσης ετήσιας κατανάλωσης με τα επιμέρους ποσοστά των ηλικιών του πληθυσμού (με γκρι οι μη στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις).



Εικόνα 38: Γραφική απεικόνιση της θετικής γραμμικής συσχέτισης της μέσης ετήσιας κατανάλωσης νερού 2001 με το ποσοστό πληθυσμού ηλικίας 0-14 ετών.



Εικόνα 39: Γραφική απεικόνιση της αρνητικής γραμμικής συσχέτισης της μέσης ετήσιας κατανάλωσης νερού 2001 με το ποσοστό πληθυσμού ηλικίας 15-29 ετών.



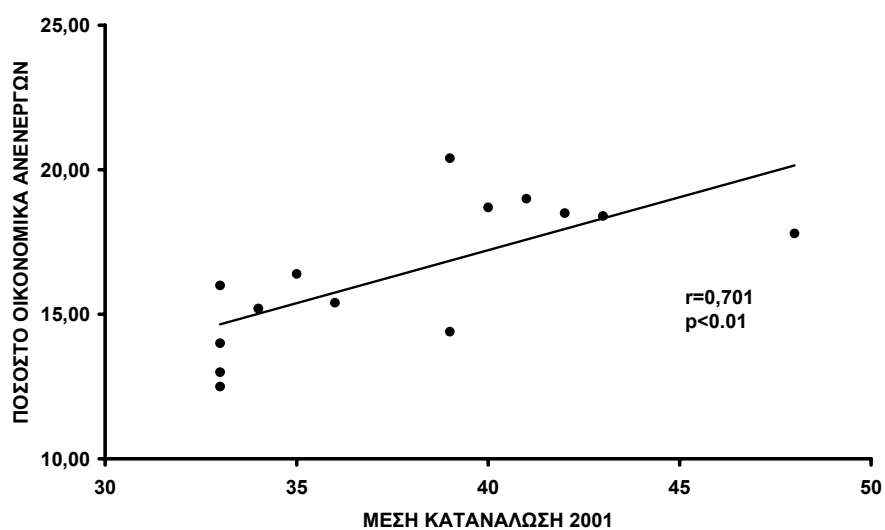
Εικόνα 40: Γραφική απεικόνιση της αρνητικής γραμμικής συσχέτισης της μέσης ετήσιας κατανάλωσης νερού 2001 με το ποσοστό πληθυσμού ηλικίας 60-74 ετών.

	Εκπαίδευση	Αναλόφαβητοι	Α-βάθμια	Β-βάθμια	Γ-βάθμια
Μέση Ετήσια Κατανάλωση 2001	Pearson Correlation	0,303	-0,265	-0,466	0,234
	Sig. (2-tailed)	0,292	0,361	0,093	0,421
	N	14	14	14	14

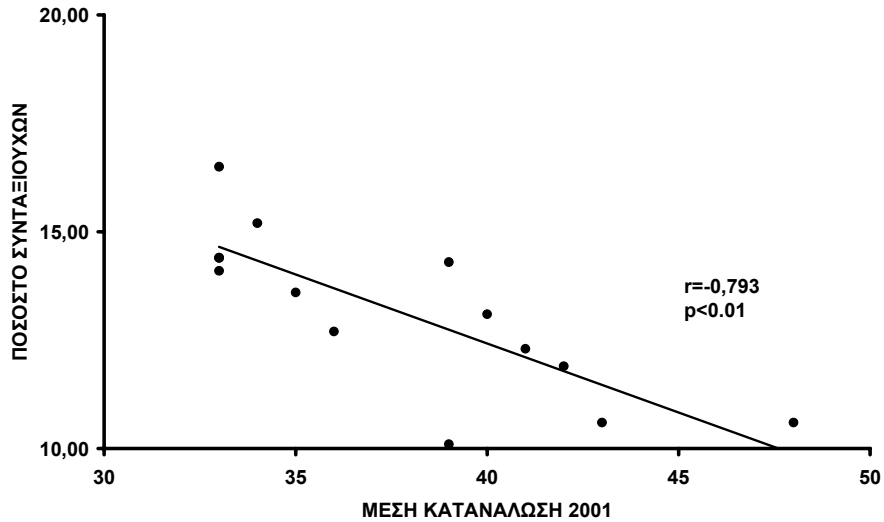
Πίνακας 20: Γραμμικές συσχετίσεις της μέσης ετήσιας κατανάλωσης με τα επιμέρους ποσοστά του επιπέδου εκπαίδευσης του πληθυσμού (με γκρι οι μη στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις).

		Φοιτητές	Οικονομικά ανεργός	Οικονομικά ενεργός	Συνταξιούχοι	Οικιακά
Μέση Ετήσια Κατανάλωση 2001	Pearson Correlation	-0,257	0,701	0,359	-0,793	-0,063
	Sig. (2-tailed)	0,375	0,005	0,207	0,001	0,830
	N	14	14	14	14	14

Πίνακας 21: Γραμμικές συσχετίσεις της μέσης ετήσιας κατανάλωσης με τα επιμέρους ποσοστά του είδους της απασχόλησης του πληθυσμού του πληθυσμού (με γκρι οι μη στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις).



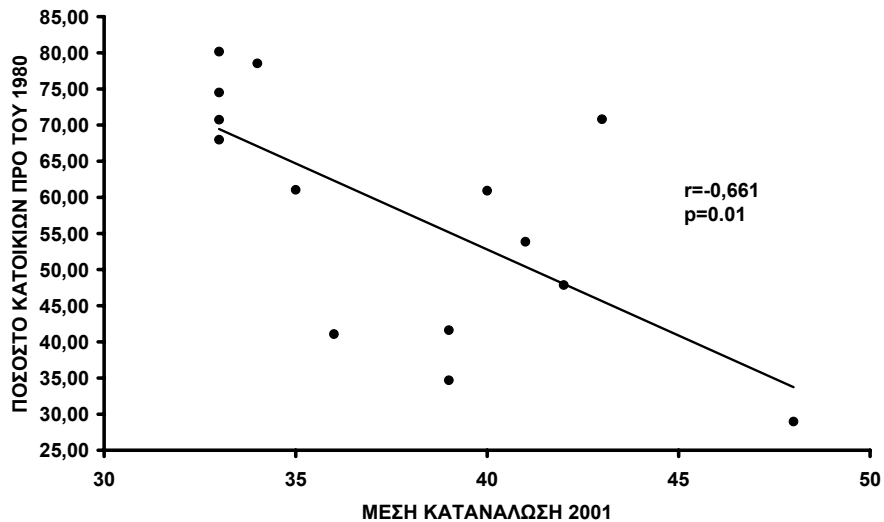
Εικόνα 41: Γραφική απεικόνιση της αρνητικής γραμμικής συσχέτισης της μέσης ετήσιας κατανάλωσης νερού 2001 με το ποσοστό οικονομικά ανενεργού πληθυσμού.



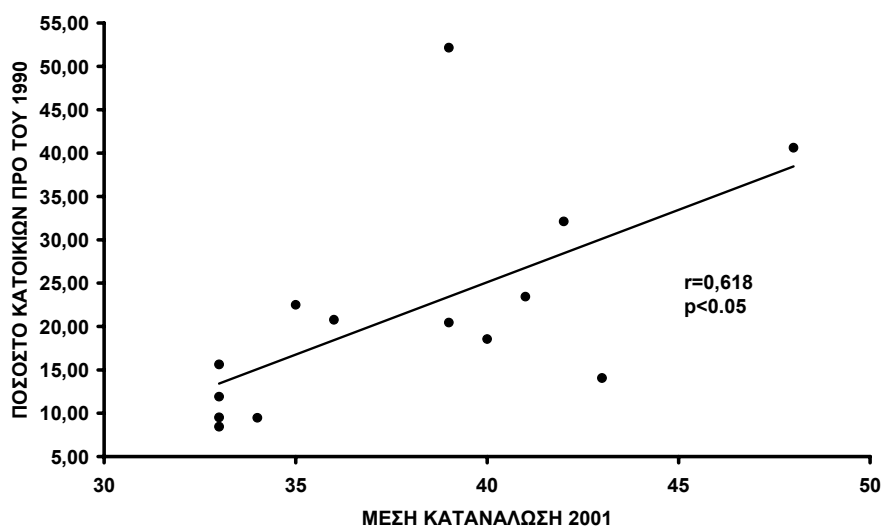
Εικόνα 42: Γραφική απεικόνιση της αρνητικής γραμμικής συσχέτισης της μέσης ετήσιας κατανάλωσης νερού 2001 με το ποσοστό συνταξιούχων του πληθυσμού.

Χρονολογία κατοικίας		κατοικίες προ 80	κατοικίες 81-90	κατοικίες 91-01
Μέση Ετήσια Κατανάλωση 2001	Pearson Correlation	-0,661	0,375	0,618
	Sig. (2-tailed)	0,010	0,186	0,018
	N	14	14	14

Πίνακας 22: Γραμμικές συσχετίσεις της μέσης ετήσιας κατανάλωσης με τα επιμέρους ποσοστά της παλαιότητας των κατοικιών (με γκρι οι μη στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις).



Εικόνα 43: Γραφική απεικόνιση της αρνητικής γραμμικής συσχέτισης της μέσης ετήσιας κατανάλωσης νερού 2001 με το ποσοστό κατοικιών προ του 1980.



Εικόνα 44: Γραφική απεικόνιση της θετικής γραμμικής συσχέτισης της μέσης ετήσιας κατανάλωσης νερού 2001 με το ποσοστό κατοικιών μετά του 1990.

		Χωρίς ιδιοκτησία	Ενοικιαστές	Ιδιοκτήτης	Άλλη ιδιότητα
Μέση Ετήσια Κατανάλωση 2001	Pearson Correlation	-0,128	-0,409	0,516	0,282
	Sig. (2-tailed)	0,664	0,147	0,059	0,329
	N	14	14	14	14

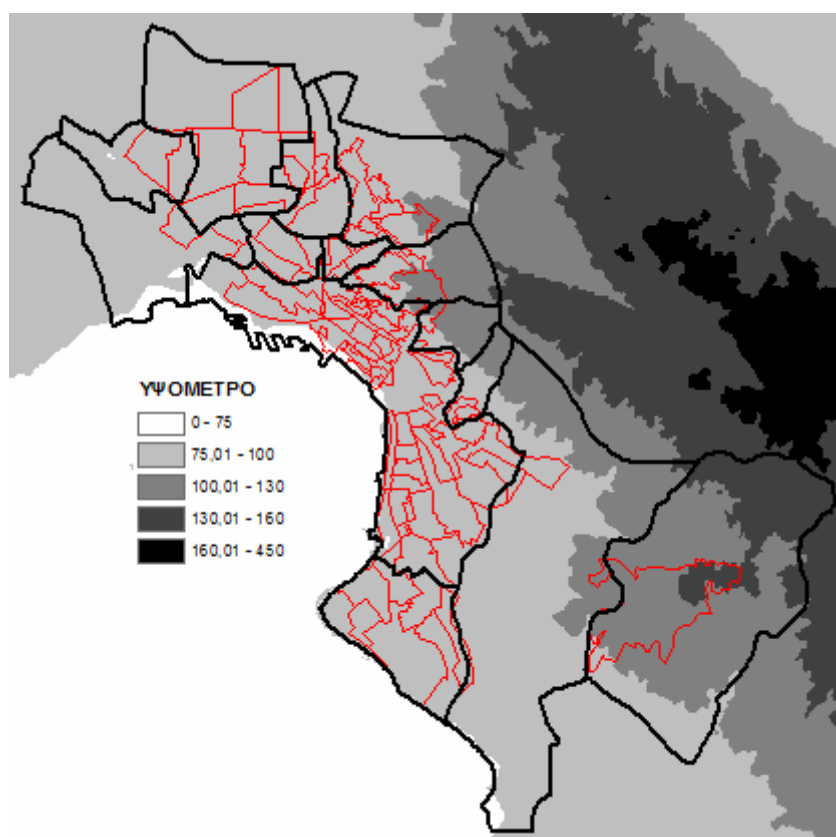
Πίνακας 23: Γραμμικές συσχετίσεις της μέσης ετήσιας κατανάλωσης με τα επιμέρους ποσοστά του καθεστώτος ιδιοκτησίας (με γκρι οι μη στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις).

		Τομέας απασχόλησης	A-γενής	B-γενής	Γ-γενής
Μέση Ετήσια Κατανάλωση 2001	Pearson Correlation		0,492	-0,035	0,014
	Sig. (2-tailed)		0,074	0,904	0,961
	N		14	14	14

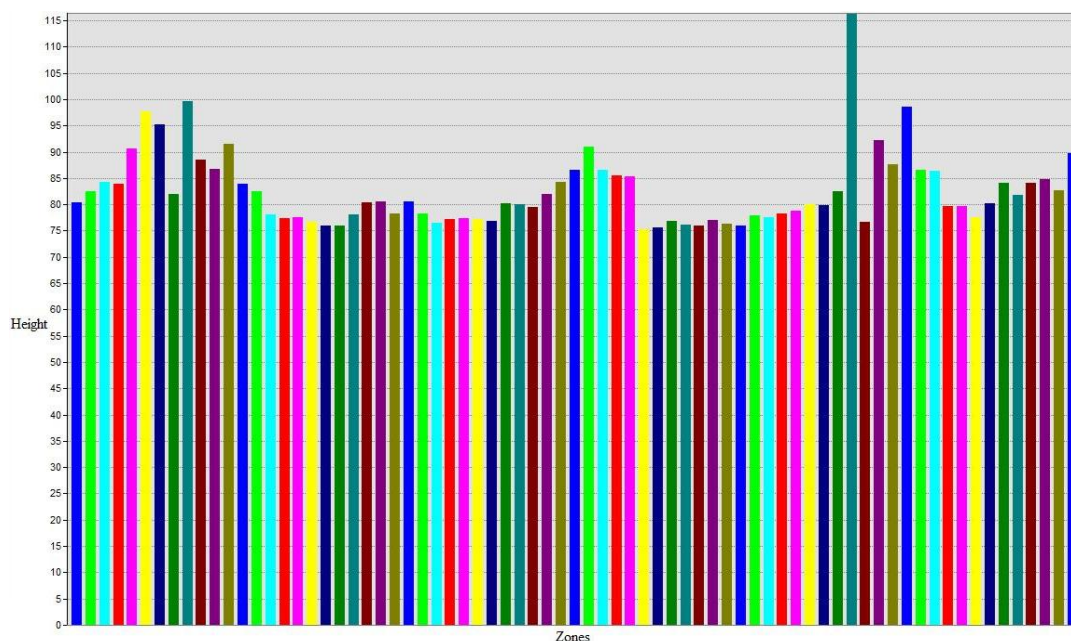
Πίνακας 24: Γραμμικές συσχετίσεις της μέσης ετήσιας κατανάλωσης με τα επιμέρους ποσοστά του τομέα απασχόλησης του οικονομικά ενεργού πληθυσμού (με γκρι οι μη στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις).

Ως προς το υψόμετρο της κάθε ζώνης, πραγματοποιήθηκε ομαδοποίηση του υψομέτρου σε 5 ομάδες. Στην εικόνα 45 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι 73 διαφορετικές ζώνες (κόκκινο περίγραμμα), τα όρια των δήμων (έντονο μαύρο περίγραμμα) και η ομάδα υψομέτρου στην οποία ανήκει η περιοχή (διαβάθμιση από λευκή σε μαύρη απόχρωση). Αυτό που προκύπτει είναι ότι το σύνολο των ζωνών

ανήκει στην δεύτερη ομάδα με υψόμετρο από 75-100 m. Εμφανώς μια ζώνη καταφέρνει να φτάσει υψομετρικά την τρίτη υψομετρική ομάδα από 100-130 m, η ζώνη 57 του δήμου Πανοράματος της οποίας μικρό τμήμα στα βόρεια εμπίπτει και στην τέταρτη υψομετρική ομάδα των 130-160 m. Η ανάλυση του μέσου υψομέτρου της κάθε ζώνης (Πίνακας 25, Εικόνα 46) μας οπτικοποιεί ακόμα καλύτερα τα υψόμετρα των υδροδοτικών ζωνών. Ως προς την κανονικότητα της κατανομής των μέσων υψομέτρων, δεν υπήρξε θετικό αποτέλεσμα για την περαιτέρω διερεύνηση συσχέτισης με την κατανάλωση (Πίνακας 26). Για τον λόγο αυτό η διερεύνηση της συσχέτισης πραγματοποιήθηκε με τους αντίστοιχους λογαρίθμους των μέσων υψομέτρων της κάθε ζώνης, με τον οποίο παρατηρήθηκε μια μικρή θετική γραμμική συσχέτιση ($R=0,245$) σε επίπεδο σημαντικότητας 5% σε σχέση με την κατανάλωση του 2001 (Πίνακας 26, Εικόνα 47). Ακολούθως, το 2005 και περισσότερο το 2009 η στατιστική σημαντικότητα της συγκεκριμένης θετικής γραμμικής συσχέτισης φαίνεται να εξασθενεί ξεπερνώντας το επίπεδο σημαντικότητας του 5% (Πίνακας 27).



Εικόνα 45: Ομαδοποίηση του υψομέτρου της περιοχής μελέτης και απεικόνιση των ορίων των υδροδοτικών ζωνών (κοκκίνο) και των δήμων (μαύρο).



Εικόνα 46: Γραφική απεικόνιση των μέσων υψόμετρων ανά υδροδοτική ζώνη.

Ζώνη ΕΥΑΘ	Μέσο υψόμετρο
1	80,3
2	82,5
3	84,3
4	84,0
5	90,7
6	97,7
7	95,2
8	81,9
9	99,6
10	88,5
11	86,7
12	91,5
13	84,0
14	82,4
15	78,1
16	77,4
17	77,5
18	76,7
19	76,0
20	76,0
21	78,1
22	80,3
23	80,5
24	78,3
25	80,5

Ζώνη ΕΥΑΘ	Μέσο υψόμετρο
26	78,2
27	76,5
28	77,1
29	77,3
30	77,2
31	76,8
32	80,2
33	80,1
34	79,4
35	82,0
36	84,4
37	86,5
38	90,9
39	86,6
40	85,6
41	85,4
42	75,3
43	75,6
44	76,8
45	76,1
46	76,0
47	77,1
48	76,3
49	76,0
50	77,8

Ζώνη ΕΥΑΘ	Μέσο υψόμετρο
51	77,5
52	78,3
53	78,8
54	80,1
55	79,9
56	82,4
57	116,4
60	76,7
62	92,2
63	87,5
64	98,6
65	86,6
66	86,4
67	79,7
68	79,6
69	77,5
70	80,2
71	84,1
72	81,8
73	84,2
74	84,7
75	82,7
76	89,7

Πίνακας 25: Τα μέσα υψόμετρα ανά υδροδοτική ζώνη.

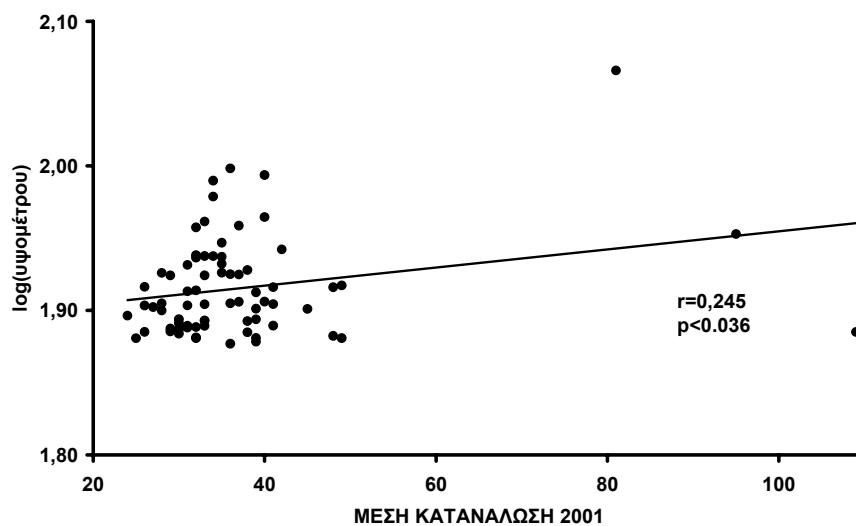
Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Μέσο υψόμετρο	0,159	73	0,000	0,808	73	0,000

Πίνακας 26: Αποτελέσματα των δοκιμών του Kolmogorov-Smirnov και του Shapiro-Wilk σχετικά με την κανονικότητα της κατανομής των μέσων υψομέτρων των υδροδοτικών ζωνών (με γκρι οι μη κανονικές μεταβλητές).

Μέση Ετήσια Κατανάλωση		2001	2005	2009
log(υψομέτρου)	Pearson Correlation	0,245	0,227	0,205
	Sig. (2-tailed)	0,036	0,053	0,082
	N	73	73	73

Πίνακας 27: Γραμμικές συσχετίσεις του λογαρίθμου των μέσων υψομέτρων των υδροδοτικών ζωνών σχετικά με τις μέσες ετήσιες καταναλώσεις (με γκρι οι μη στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις).



Εικόνα 47: Γραφική απεικόνιση της θετικής γραμμικής συσχέτισης της μέσης ετήσιας κατανάλωσης νερού 2001 με τον λογάριθμο του μέσου υψομέτρου κάθε υδροδοτικής ζώνης.

3.6 Μοντελοποίηση της κατανάλωσης νερού με γραμμική και γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση

Προκειμένου να καθοριστούν οι μεταβλητές που προβλέπουν και καθορίζουν την κατανάλωση ύδατος, εφαρμόστηκε η βηματική πολυμεταβλητή παλινδρόμηση (multivariate regression analysis). Σαν ανεξάρτητες μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν ο ηλικιακός συντελεστής (συντελεστής που υπολογίστηκε με βάση τα ποσοστά κατανομής σε ηλικιακές ομάδες για κάθε δήμο), ο μέσος αριθμός μελών οικογένειας, το ποσοστό των συνταξιούχων και των οικονομικά ανενεργών, ο λογάριθμος του ποσοστού των κατοικιών επιφάνειας μικρότερης/μεγαλύτερης των 150 m² και το ποσοστό κατοικιών προ του 80/μετά του 90. Η συγκεκριμένη ανάλυση ανέδειξε ως ανεξάρτητους προγνωστικούς παράγοντες (R²=0.79) τον μέσο αριθμό μελών οικογένειας (συντελεστής beta±τυπικό σφάλμα: 15.69±3.44, p=0.001) καθώς και τον λογάριθμο του ποσοστού των κατοικιών επιφάνειας μικρότερης των 150 m² (συντελεστής beta±τυπικό σφάλμα: -21.45±9.16, p=0.039) (Πίνακας 28). Πιο συγκεκριμένα η μέση κατανάλωση ύδατος σε ένα δήμο στο Πολεοδομικό συγκρότημα Θεσσαλονίκης θα μπορούσε να προβλεφθεί από την ακόλουθη εξίσωση:

$$\text{μέση κατανάλωση ύδατος} = 35.01 + 15.69 * (\text{μέσος αριθμός μελών οικογένειας}) - 21.45 * (\text{λογάριθμος του ποσοστού των κατοικιών επιφάνειας} < 150 \text{ m}^2).$$

Μεταβλητές	Βηματική Πολυμεταβλητή Παλινδρόμηση						
	Συντελεστής beta	Τυπικό σφάλμα	Στατιστική σημαντικότητα (sig)	VIF	Σταθερά beta	R ²	AICc
Μέσος αριθμός μελών	-21,45	3,44	0,001	1,173	35,01	0,786	66,4
log(κατοικίες<150m ²)	15,69	9,16	0,039	1,173			
Ηλικιακός συντελεστής			0,540	4,164			
% συνταξιούχων			0,608	5,717			
% οικονομικά ανενεργών			0,382	4,802			
log(κατοικίες>150m ²)			0,993	3,325			
% κατοικιών <1980			0,881	2,137			
% κατοικιών >1990			0,826	1,820			

Πίνακας 28: Τα αποτελέσματα της βηματικής πολυμεταβλητής παλινδρόμησης.

Αντιστοίχως, σε επίπεδο ζωνών η εφαρμογή γραμμικής παλινδρόμησης με ανεξάρτητη μεταβλητή τον λογάριθμο του μέσου υψομέτρου της κάθε ζώνης,

ανέδειξε ως ανεξάρτητο προγνωστικό παράγοντα την συγκεκριμένη μεταβλητή (συντελεστής β \pm τυπικό σφάλμα: 97.42 ± 44.43 , $p=0.032$) αλλά με πολύ χαμηλό $R^2=0.06$ καθιστώντας πρακτικά ασήμαντο το μοντέλο.

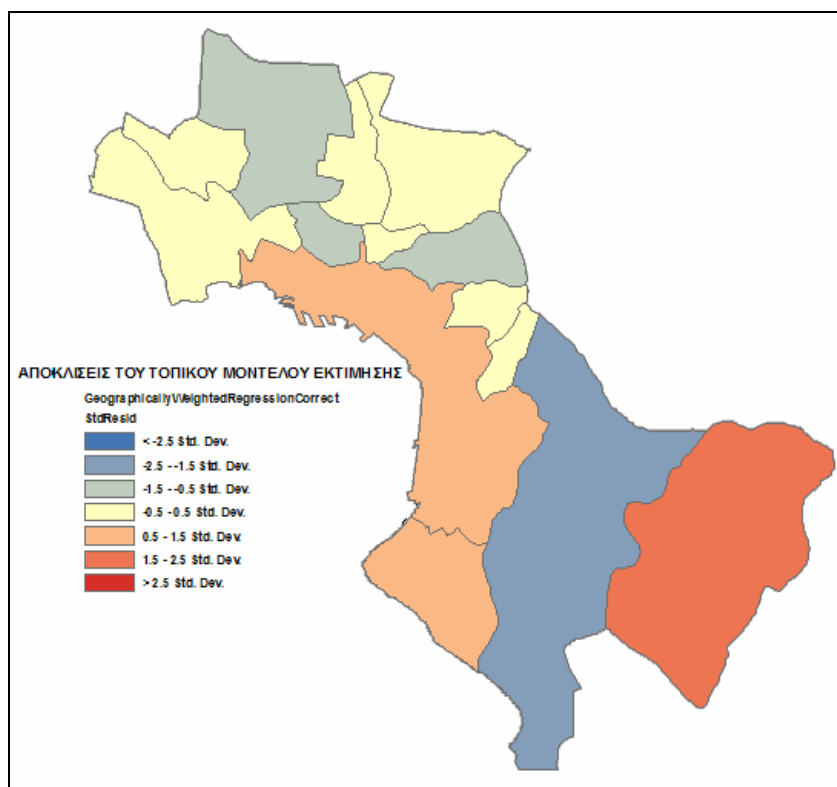
Η εφαρμογή της γεωγραφικά σταθμισμένης παλινδρόμησης σε επίπεδο δήμων κατέστη αδύνατη για τις δυο μεταβλητές του γενικού γραμμικού μοντέλου λόγω του χαμηλού αριθμού «γειτόνων» (14 δήμοι) σε συνδυασμό με την τοπική συγγραμμικότητα αυτών (δηλαδή την χωρική ομαδοποίηση των τιμών τους). Ερευνώντας μια προς μια τις ανεξάρτητες μεταβλητές της βηματικής πολυμεταβλητής παλινδρόμησης στην γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση, παρατηρήθηκε ότι η μέση κατανάλωση νερού για το πολεοδομικό συγκρότημα Θεσσαλονίκης μοντελοποιείται με επεξηγηματική μεταβλητή τον μέσο αριθμό μελών, δίνοντας τα αποτελέσματα του πίνακα 29 και 30. Το εύρος των συντελεστών είναι πολύ μικρό, αποδεικνύοντας ότι δεν υπάρχει χωρική αστάθεια. Το $R^2=0.68$ και $AICc=74.36$ του συγκεκριμένου τοπικού μοντέλου σε σύγκριση με το γενικό γραμμικό μοντέλο ($R^2=0.79$ και $AICc=66,4$) δείχνει ότι το τοπικό μειονεκτεί έναντι του γενικού, ωστόσο έχει μια καλή προσαρμοστικότητα. Σύμφωνα με αυτήν το 68% της συνολικής διακύμανσης της ετήσιας μέσης κατανάλωσης νερού ερμηνεύεται επαρκώς από το μοντέλο. Οι τοπικά υποεκτιμημένες και υπερεκτιμημένες περιοχές του τοπικού μοντέλου εκτιμήσεων παρουσιάζονται στην εικόνα 48. Οι υπολειμματικές τιμές του τοπικού μοντέλου δεν παρουσιάζουν κάποια χωρική αυτοσυσχέτιση καθώς παρόλο που υπολογίστηκε ότι ο δείκτης Moran's $I=-0,139$ το αντίστοιχο p -value=0,7 απορρίπτοντας κάθε σχέση που μας δείχνει ο δείκτης Moran's I σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Οι εικόνες 49 και 50 απεικονίζουν τους τοπικά εκτιμώμενους συντελεστές του τοπικού μοντέλου της σταθεράς και του μέσου αριθμού των μελών ανά νοικοκυριό αντίστοιχα.

Ανεξάρτητη μεταβλητή	Bandwidth	AICc	R^2	R^2 Adjusted
Μέσος αριθμός μελών	178829.23	74.36	0.679	0.652

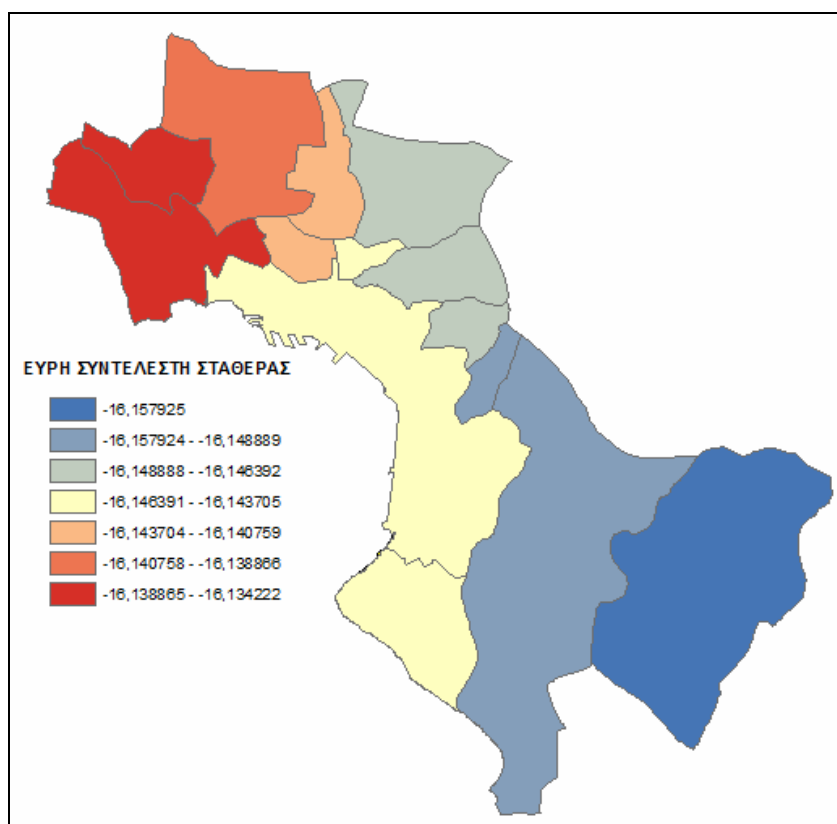
Πίνακας 29: Διαγνωστικά αποτελέσματα της γεωγραφικά σταθμισμένης παλινδρόμησης.

Μεταβλητές	Εύρος συντελεστών
Σταθερά	-16,134222 - -16,157925
Μέσος αριθμός μελών	18,773745-18,783027

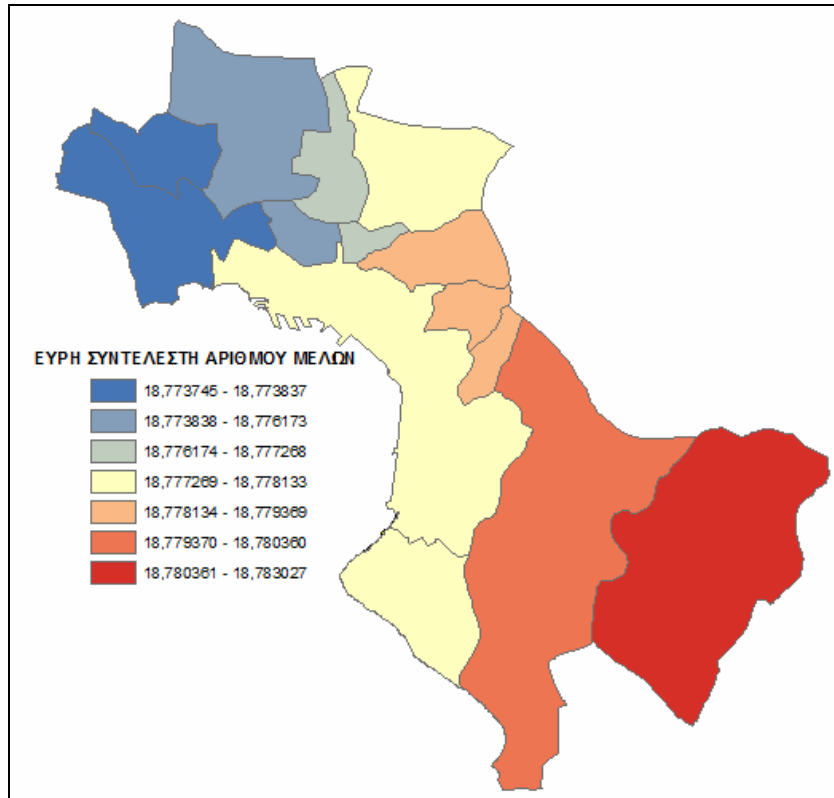
Πίνακας 30: Αποτελέσματα γεωγραφικά σταθμισμένης παλινδρόμησης



Εικόνα 48: Οι τοπικά υποεκτιμημένες και υπερεκτιμημένες περιοχές του τοπικού μοντέλου εκτιμήσεων.



Εικόνα 49: Απεικόνιση των τοπικά εκτιμημένων παραμέτρων της σταθεράς του μοντέλου.



Εικόνα 50: Απεικόνιση των τοπικά εκτιμημένων παραμέτρων του μέσου αριθμού μελών των νοικοκυριών του μοντέλου.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα μελέτη είχε ως στόχο την μελέτη της κατανάλωσης νερού στο πολεοδομικό συγκρότημα της Θεσσαλονίκης με σκοπό την χωροχρονική ανάλυσή της και την εξαγωγή πολύτιμων συμπερασμάτων. Τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν, μας βοηθούν να κατανοήσουμε αν μεταβάλλεται η κατανάλωση νερού τόσο χρονικά όσο και τετραμηνιαία, αν υπάρχει κάποια ομαδοποίηση της κατανάλωσης νερού στην περιοχή της μελέτης και κατά πόσο αυτή επηρεάζεται διαχρονικά, αν επικρατεί κάποια ομοιογένεια ή ετερογένεια στην κατανάλωση και κατά πόσο αυτή επηρεάζεται διαχρονικά, αν υπάρχουν παράγοντες που συσχετίζονται με την κατανάλωση νερού και τέλος αν μπορεί να μοντελοποιηθεί η κατανάλωση νερού στην περιοχή της μελέτης.

Με την βοήθεια κάποιων βασικών περιγραφικών στατιστικών μέτρων προκύπτει μια μείωση της μέσης κατανάλωσης νερού με την πάροδο των χρόνων, ενώ ταυτόχρονα συρρικνώνεται το εύρος τους. Η στατιστική ανάλυση της κατανάλωσης νερού σε επίπεδο δήμων απέδωσε μια συνεχή και κλιμακούμενη μείωση της μέσης ετήσιας κατανάλωσης νερού για τον κάθε δήμο με την πάροδο των ετών. Η μείωση αυτή απεδείχθη στατιστικά σημαντική σύμφωνα με την ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (Repeated-measures ANOVA) σε επίπεδο $p < 0.001$, Ανοva. Κατά την διάρκεια αυτών των χρόνων υπήρξε αντίστοιχη αύξηση της τιμολόγησης νερού της ΕΥΑΘ (Πίνακας 31). Με δεδομένο αυτές τις πολιτικές τιμολόγησης του παρόχου, η κατανάλωση επηρεάζεται αντίστοιχα αρνητικά συμφωνώντας με τους Qdais and Nassay, 2001 και Portnov and Meir, 2008.

κλίμακα 4μηνιας κατανάλωσης	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0-10 κ.μ.	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47
11-30 κ.μ.	0,50	0,53	0,56	0,59	0,62	0,65
31-60 κ.μ.	0,59	0,62	0,65	0,68	0,71	0,74
61-120 κ.μ.	1,03	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18
121-180 κ.μ.	2,27	2,30	2,33	2,36	2,39	2,42
181 κ.μ. και άνω	4,03	4,03	4,03	4,03	4,03	4,03

Πίνακας 31: Τιμολογιακή πολιτική της ΕΥΑΘ για τα καταναλωθέντα κυβικά από το 2006.

Οι αντίστοιχες μέσες τετραμηνιαίες καταναλώσεις δεν είχαν επαναλαμβανόμενη εικόνα στα τρία έτη προκειμένου να προκύψουν συμπεράσματα που θα επικυρώνονταν με αυτό τον τρόπο. Συγκεκριμένα, στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τετραμηνιαίες καταναλώσεις προέκυψαν μόνο τα έτη 2001 και 2009. Αναλυτικότερα, το Γ τετράμηνο του 2001 διαπιστώθηκε αύξηση της κατανάλωσης σε σχέση τόσο με το Α όσο και με το Β τετράμηνο. Εντυπωσιακό είναι το γεγονός ότι η κατανάλωση νερού είναι χαμηλότερη τους Καλοκαιρινούς μήνες από τους αντίστοιχους Φθινοπωρινούς, που θα αναμενόταν μια μείωση της κατανάλωσης. Το συμπέρασμα που προκύπτει για αυτό το έτος δεν επαληθεύεται το 2005, όπου δεν παρατηρήθηκε κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά στις καταναλώσεις νερού ανάμεσα στα τετράμηνα. Το 2009, προέκυψε στατιστικά σημαντική μείωση της κατανάλωσης νερού το Β τετράμηνο σε σχέση με το Α τετράμηνο κατανάλωσης, το οποίο θα μπορούσε να μεταφραστεί ως μείωση της κατανάλωσης νερού τους Καλοκαιρινούς μήνες σε σχέση με τους Χειμερινούς. Θα αναμενόταν μια αυξητική τάση στην κατανάλωση νερού τους θερμούς Καλοκαιρινούς μήνες (Nieswiadomy and Molina, 1991; Troy et al., 2005), ωστόσο τόσο το 2001 όσο και το 2009 αυτή η περίοδος παρέμεινε σε μικρότερα επίπεδα κατανάλωσης από την Φθινοπωρινή και Χειμερινή περίοδο αντίστοιχα. Πιθανόν, το γεγονός αυτό να ερμηνεύεται με την παρατεταμένη απουσία αρκετών νοικοκυριών μιας αστικής περιοχής όπως το πολεοδομικό συγκρότημα Θεσσαλονίκης για διακοπές σε εξοχικές κατοικίες εκτός της περιοχής μελέτης. Ωστόσο, σύμφωνα με τον Martínez-Españeira (2001) η κατανάλωση είναι μεγαλύτερη τις περιόδους έντονων βροχοπτώσεων, γεγονός που ερμηνεύτηκε με ψυχολογικούς παράγοντες.

Η χρονική γραμμική συσχέτιση των καταναλώσεων νερού μεταξύ τους ήταν θετική για όλες τις περιπτώσεις που ήταν στατιστικά σημαντική. Συγκεκριμένα, η κατανάλωση νερού τα έτη 2001, 2005 και 2009 συσχετίζεται θετικά και είναι στατιστικά σημαντική. Το γεγονός, εκφράζει τις θετικά γραμμικά συσχετιζόμενες αυξομειούμενες τάσεις στην κατανάλωση νερού για τους ίδιους δήμους διαχρονικά. Παρομοίως, θετική γραμμική συσχέτιση και στατιστικά σημαντική διαπιστώθηκε και για τα αντίστοιχα τετράμηνα των διαφόρων ετών μεταξύ τους όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 5. Η διερεύνηση γραμμικών συσχετίσεων για τα τετράμηνα του ίδιου έτους παραμένει θετική και στατιστικώς σημαντική για όλους τους συνδυασμούς στα έτη 2005 και 2009 (πίνακας 6), ωστόσο το 2001 παραμένει σημαντικά θετική μόνο μεταξύ Α' και Β' τετράμηνου.

Η στατιστική χωρική ανάλυση με τον δείκτη Getis-Ord local Gi μας έδειξε ότι υφίσταται μια χωρική ομαδοποίηση τόσο των χαμηλών όσο και των υψηλών καταναλώσεων νερού στην περιοχή της μελέτης (Εικόνες 13, 14, 15 και Πίνακες 3, 4, 5). Συγκεκριμένα, όπως παρουσιάζεται και από τον πίνακα 6, οι ζώνες που ομαδοποιούνται σε χαμηλές και υψηλές καταναλώσεις είναι 41 και 9 για το 2001, 40 και 9 το 2005 και 40 και 9 το 2009 αντίστοιχα. Το επίπεδο σημαντικότητας των αποτελεσμάτων είναι 10% και μεγαλύτερο. Από αυτές μόλις 4 ζώνες το 2005 και 1 ζώνη το 2009, όλες σε ομάδες χαμηλών καταναλώσεων φέρουν επίπεδο σημαντικότητας 10% (δηλαδή μεγαλύτερο από 5%). Με εξαίρεση την ζώνη 8, όλες οι υπόλοιπες ζώνες παραμένουν στις ομαδοποιημένες περιοχές της ανάλυσης και τις τρεις χρονοσειρές, τεκμηριώνοντας με τον ισχυρότερο τρόπο την διαχρονικότητα του αποτελέσματος. Το εύρος της ομάδας ζωνών με χαμηλή κατανάλωση είναι κατά πολύ μικρότερο (~1,7 φορές) από το αντίστοιχο της ομάδας ζωνών με υψηλή κατανάλωση, όπως μας παρουσιάζει ο πίνακας 7 και τα τρία χρόνια των αποτελεσμάτων (2001, 2005, 2009). Μικρότερες διαχρονικά διακυμάνσεις του εύρους εμφανίζονται για την ομάδα ζωνών με χαμηλή κατανάλωση τα τρία χρόνια σε σύγκριση με την ομάδα ζωνών με υψηλή κατανάλωση. Επομένως, από την Getis-Ord Gi ανάλυση προκύπτει στατιστικά σημαντική ομαδοποίηση των καταναλώσεων σε περιοχές χαμηλής και υψηλής κατανάλωσης, οι οποίες μάλιστα παραμένουν σταθερές κατά την διάρκεια των χρόνων.

Η ανάλυση του γενικού Moran's I δείκτη αποδεικνύει μια μικρή μεν αλλά θετική χωρική αυτοσυσχέτιση, της τάξης ~0,15 διαχρονικά. Η θετική χωρική αυτοσυσχέτιση φαίνεται να ενισχύεται ελαφρώς με την πάροδο των ετών (0.14 το 2001, 0.154 το 2005 και 0.158 το 2009). Τα αποτελέσματα της χωρικής ανάλυσης με τον τοπικό δείκτη Moran's I μας παρουσιάζουν μια γενικότερη ομοιογένεια στην κατανάλωση νερού για τις υδροδοτικές ζώνες, η οποία διατηρείται σχεδόν σταθερή διαχρονικά (Εικόνες 29, 30 και 31). Τα χωρικά HH, LL, HL, LH είναι 12 ζώνες το 2001, 13 ζώνες το 2005 και 14 ζώνες το 2009 από το σύνολο των 73 υδροδοτικών ζωνών, τεκμηριώνοντας περαιτέρω την γενικότερη ομοιογένεια στην κατανάλωση νερού. Από αυτές τις ζώνες, 9 παραμένουν κοινές (οι ίδιες ζώνες) και σταθερά διαχρονικά (με την ίδια ομαδοποίηση - HH, LL, HL, LH - για τα τρία έτη της μελέτης). Ετερογενείς ζώνες (outliers) δεν υπάρχουν εκτός από μια υδροδοτική ζώνη την 48 (HL) που παραμένει outlier για όλα τα χρόνια.

Η στατιστική μελέτη της γραμμικής συσχέτισης της μέσης κατανάλωσης νερού με διάφορους δημογραφικούς παράγοντες έδωσε πολύτιμα συμπεράσματα σχετικά με τους παράγοντες που την επηρεάζουν θετικά ή αρνητικά. Οι δημογραφικοί παράγοντες που ερευνήθηκαν αν σχετίζονται γραμμικά με την μέση κατανάλωση νερού ήταν ο αριθμός μελών των νοικοκυριών, οι ηλικίες των καταναλωτών, το επίπεδο μόρφωσης, το είδος της απασχόλησης, η παλαιότητα της κατοικίας, το ιδιοκτησιακό καθεστώς της κατοικίας και ο τομέας απασχόλησης του οικονομικά ενεργού πληθυσμού. Ως προς τα μέλη των νοικοκυριών, οι ολιγομελείς οικογένειες (1 με 2 μέλη) συσχετίζονται γραμμικά αρνητικά με την κατανάλωση νερού ενώ οι πολυμελείς οικογένειες (4 και άνω μέλη) συσχετίζονται γραμμικά θετικά με την κατανάλωση νερού συμφωνώντας με την βιβλιογραφία (Nieswiadomy and Molina, 1989; Nieswiadomy, 1992; Dandy et al., 1997; Renwick et al., 1998; Nancarrow et al., 2004). Οι ηλικίες των μελών από τα οποία απαρτίζεται το νοικοκυριό, επηρεάζει την κατανάλωση (Nieswiadomy and Molina, 1989; Lyman, 1992). Για την περιοχή της μελέτης συγκεκριμένα, οι παιδικές ηλικίες από 0 έως 14 ετών διαπιστώθηκε ότι συσχετίζονται γραμμικά θετικά με την μέση κατανάλωση νερού συμφωνώντας με τους Nauges και Thomas (2000). Αντίθετα, ηλικιακές ομάδες από 15 έως 29 ετών και από 60 έως 74 ετών συσχετίζονται γραμμικά αρνητικά. Σχετικά με το είδος της απασχόλησης του πληθυσμού, βρέθηκε ότι η μέση κατανάλωση νερού συσχετίζεται γραμμικά θετικά με τον οικονομικά ανενεργό πληθυσμό ενώ οι συνταξιούχοι συσχετίζονται γραμμικά αρνητικά. Ως προς την ηλικία της κατοικίας, οι παλαιές κατοικίες (περισσότερο της 20ετίας-προ του 80') σχετίζονται γραμμικά αρνητικά με την μέση κατανάλωση νερού σε αντίθεση με τις νέες (τελευταίας δεκαετίας) που σχετίζονται γραμμικά θετικά. Για τους υπόλοιπους δημογραφικούς παράγοντες δεν υπήρξε κάποια στατιστικά σημαντική (5%) γραμμική συσχέτιση με την κατανάλωση νερού. Τα παραπάνω συμπεράσματα που προέκυψαν από τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δεδομένων συνοψίζονται από τον ακόλουθο πίνακα 32. Όπως προκύπτει από τον συγκεκριμένο πίνακα, οι συντελεστές γραμμικής συσχέτισης κατά Pearson (r) κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα κατά απόλυτη τιμή ($\sim |0,71|$) ερμηνεύοντας την ισχυρότητα της συσχέτισης του αντίστοιχου δημογραφικού παράγοντα με την κατανάλωση νερού το 2001. Οι περισσότερες από αυτές τις γραμμικές συσχετίσεις είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο 1% εκτός από την αρνητική γραμμική συσχέτιση της μέσης κατανάλωσης νερού με την ηλικιακή ομάδα από 15 έως 29 (p -value=0,039) και την αντίστοιχη γραμμική θετική με τις κατοικίες

της τελευταίας 10-ετίας, δηλαδή μετά του 1991 ($p\text{-value}=0,018$) που είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο 5%.

Δημογραφικός παράγοντας	Μορφή γραμμικής συσχέτισης	r	p-value
1-μελή	+	-0,774	<0,01
2-μελή	-	-0,761	<0,01
4-μελή	+	0,734	<0,01
5-μελή	+	0,853	<0,01
6 και άνω μελή	+	0,677	<0,01
ηλικίες 0-14	+	0,718	<0,01
ηλικίες 15-29	-	-0,557	<0,05
ηλικίες 60-74	-	-0,691	<0,01
οικονομικά ανενεργός	+	0,701	<0,01
συνταξιούχοι	-	-0,793	<0,01
κατοικίες προ του 80	-	-0,661	=0,01
κατοικίες μετά του 91	+	0,618	<0,05

Πίνακας 32: Απεικόνιση των δημογραφικών παραγόντων που συσχετίζονται γραμμικά με την μέση κατανάλωση νερού το 2001.

Ως προς το μέσο υψόμετρο της κάθε υδροδοτικής ζώνης, δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια ισχυρή γραμμική συσχέτιση με την μέση κατανάλωση νερού. Μια στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 5% αλλά μικρού βαθμού γραμμική συσχέτιση ($r=0,245$) προκύπτει για το έτος 2001 (χωρίς να επαληθεύεται η σημαντικότητά της για τα έτη 2005 και 2009) μεταξύ του λογαρίθμου του μέσου υψομέτρου της υδροδοτικής ζώνης με την αντίστοιχη μέση κατανάλωση νερού. Ο μικρός βαθμός γραμμικής συσχέτισης, καθιστά ουσιαστικά ασήμαντη την συσχέτιση.

Τα μοντέλα παλινδρόμησης που παρουσιάστηκαν αναφέρονταν σε γενικό και τοπικό επίπεδο. Το γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης, χρησιμοποιεί δύο ανεξάρτητες μεταβλητές και μια σταθερά για να προβλέπει την μέση ετήσια κατανάλωση. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιεί τον μέσο αριθμό μελών οικογένειας και τον λογάριθμο του ποσοστού των κατοικιών επιφάνειας μικρότερης των 150 m² ως ανεξάρτητες μεταβλητές, προβλέποντας την μέση κατανάλωση νερού μέσα από την σχέση:

$$\text{μέση κατανάλωση ύδατος} = 35.01 + 15.69 * (\text{μέσος αριθμός μελών οικογένειας}) - 21.45 * (\text{λογάριθμος του ποσοστού των κατοικιών επιφάνειας} < 150 \text{ m}^2).$$

Το μοντέλο αυτό έχει γενικό χαρακτήρα σε όλη την περιοχή της μελέτης διατηρώντας σταθερούς τους όρους του. Τα διαγνωστικά χαρακτηριστικά του γενικού μοντέλου είναι ο συντελεστής προσδιορισμού $R^2=0.786$ και παρουσιάζει το ποσοστό της μεταβλητότητας των εξαρτημένων μεταβλητών που ερμηνεύεται με βάση το μοντέλο της παλινδρόμησης. Συγκεκριμένα, το 78,6% της μεταβλητότητας του γενικού μοντέλου, ερμηνεύεται από τις ανεξάρτητες μεταβλητές του.

Στην γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση, η εκτίμηση της μέσης κατανάλωσης νερού είναι συνάρτηση μόνο του μέσου αριθμού των μελών των οικογενειών. Το τοπικό μοντέλο παρουσιάζει επίσης ένα υψηλό συντελεστή προσδιορισμού $R^2=0.679$, που εξηγεί ότι το 67,9% της μεταβλητότητάς του ερμηνεύεται από τον μέσο αριθμό μελών της οικογένειας. Το τοπικό μοντέλο έχει την μορφή:

$$\text{μέση κατανάλωση ύδατος} = (-16,134222 \text{ εως } -16,157925) + (18,773745 \text{ εως } 18,783027) * (\text{μέσος αριθμός μελών οικογένειας})$$

Οι σταθερές του τοπικού μοντέλου εμφανίζουν ένα πολύ μικρό εύρος τιμών, ενώ οι υπολειμματικές και οι υπερεκτιμημένες περιοχές του μοντέλου δεν εμφάνισαν κάποια στατιστικά σημαντική χωρική αυτοσυσχέτιση. Ωστόσο, το τοπικό μοντέλο φαίνεται να υστερεί σε προγνωστική ακρίβεια του γενικού καθώς έχει μικρότερο συντελεστή προσδιορισμού $R^2=0.679 < R^2=0.786$ και επιπλέον μεγαλύτερο αριθμό $AICc=66,4 < AICc=74.36$ αντίστοιχα.

Η παρούσα μελέτη αποτέλεσε μια προσπάθεια διερεύνησης χωρικής και χρονικής ανάλυσης της ετήσιας κατανάλωσης νερού στο πολεοδομικό συγκρότημα Θεσσαλονίκης. Οι χωροχρονικές αναλύσεις συνοδεύτηκαν από την συσχέτιση της κατανάλωσης με διάφορους παράγοντες, προκειμένου να διαπιστωθούν ποιοι παράγοντες την επηρέασαν, βοηθώντας την μοντελοποίησή της.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

5.1 Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Agthe, D.E., Billings, R.B., 1987. «Equity, price elasticity, and household income under increasing block rates for water», *American Journal of Economics and Sociology*, vol. 46(3), pp. 273-286
- Aitken, C.K., McMahon, T.A., Wearing, A.J., Finlayson, B.L., 1994. Residential water use: predicting and reducing consumption. *Journal of Applied Social Psychology* 24, 136–158.
- Arbues, F., García-Valiñas, M.Á., Martínez-Espiñeira, R., 2003. «The Literature on the Estimation of Residential Water Demand», *The Journal of Socio-Economics*, vol. 32(1), pp. 81-102
- AWWArf – American Water Works Association Research Foundation 2001, Report No. 90817, Socioeconomic Impacts of Water Conservation.
- Barta, R., 2004. Stretching Urban Water Supplies in Colorado: Strategies for Landscape Water Conservation. Special Report 13. Colorado Water Resources Research Institute.
- Birrell B., Rapson V. and Smith T. F., 2005. Impact of Demographic Change and Urban Consolidation on Domestic Water Use. Occasional Paper No. 15, Water Services Association of Australia (WSAA), Australia.
- Campbell, H.E., Johnson, R.M., Larson, E.H., 2004. Prices, devices, people, or rules: the relative effectiveness of policy instruments in water conservation. *Review of Policy Research* 21, 637–662.
- Campbell, H.E., Johnson, R.M., Waites, M.J., 1996. Developing a Statistical Model for Evaluating Water Conservation Measures: A Review of Literature. Morrison Institute for Public Policy, Trizona.
- Carver, P., Boland, J., 1980. «Short-run and long-run effects of price on municipal water use», *Water Resources Research*, vol. 16(4), pp. 609-616
- Casetti, E., 1972. Generating Models by the Expansion Method: Applications to Geographical Research, *Geographical Analysis*, 4, 1, 81 – 91.

- Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y., 2004. 'Water footprints of nations, Volume 1: Main Report', Value of Water Research Series No. 16, UNESCO-IHE
- Chen, Y., Zhang, D., Sun, Y., Liu, X., Wang, N., Savenije, H.H.G., 2005. Water demand management: a case study of the Heihe River Basin in China. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 30, 408–419.
- Cheruseril, J., Arrowsmith, C., 2007. An Urban Water Consumption Model for Metropolitan Melbourne, School of Mathematical and Geospatial Sciences, RMIT University, Melbourne, Victoria 3001, Australia
- Chesnutt, T.W., McSpadden, C., 1991. A model-based evaluation of Westchester water conservation programs. A & N Technical Services, San Diego
- Clark, W.A., Finley, J.C., 2008. Household water conservation challenges in Blagoevgrad, Bulgaria: a descriptive study. *Water International* 33, 175–188.
- Clarke, J.M., Brown, R.R., 2006. Understanding the factors that influence domestic water consumption within Melbourne. *Australian Journal of Water Resources* 10, 251–258.
- Clarke J., 2005. Understanding Influences on Domestic Water Consumption within Bayside, Melbourne. Honours Dissertation, Department of Geography and Environmental Science, Monash University, Melbourne.
- Dalhuisen, J., Florax, J., de Groot, H., Nijkamp, P., 2003. «Price and Income Elasticities of Residential Water Demand: A Meta-Analysis», *Land Economics*, vol. 72(2), pp. 292–308
- Dandy, G., Nguyen, T., Davies, C., 1997. «Estimating Residential Water Demand in the Presence of Free Allowances», *Australia, Land Economics*, vol. 73(1), pp. 125-139.
- Davis, L.W., 2006. «Durable goods and residential demand for energy and water: Evidence from a field trial», *RAND Journal of Economics*, vol. 39(2), pp. 530-546
- Decook, J.K., Foster, K.E., Karpiscak, M.M., 1988. «The W-index for residential water conservation», *Water Resources Bulletin*, vol. 24(6), pp. 1295-1301
- De Smith, M., Goodchild, M., Longley, P., 2007. *Geospatial Analysis*, United Kingdom, Winchelsea Press
- Dube, E., Van der Zaag, P., 2003. «Analysing water use patterns for water demand management: the case of the city of Masvingo, Zimbabwe», *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 28, pp. 805-815

- EEA – European Environmental Agency 2001, Sustainable water use in Europe – Part 2: Demand Management, Environmental issue report, No. 19
- Erhard-Cassegrain A.-Margat J., 1983. «Introduction a l' economie generale de l' eau». Editions Masson, Paris, 361 p. <http://www.geo.auth.gr/763/ch8.htm>
- FAO-AQUASTAT, 2010. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>.
- Feitelson, E., 2002. Implications of shifts in the Israeli water discourse for Israeli–Palestinian water negotiations. *Polit. Geogr.* 21 (3), 293–318.
- Feitelson, E., Chenoweth, J., 2002. Water poverty: towards a meaningful indicator. *Water Policy* 4, 263–281.
- Fotheringham A.S, and Brunson, C., 1999. Local Forms of Spatial Analysis, *Geographical Analysis*, 31, 4, 340 – 358.
- Fotheringham, A.S., Charlton, M.E., and Brunson, C., 1998. Geographically Weighted Regression: A Natural Evolution of the Expansion Method for Spatial Data Analysis, *Environment and Planning A*, 30, 1905 – 1927.
- Foster, H.S. Jr., Beattie, B., 1979. «Urban Residential Demand for Water in the United States», *Land Economics*, vol. 55, pp. 43-58
- Google Earth 5.2.1.1588
- Gregory G.D., Di Leo M., 2003. Repeated behavior and environmental psychology: the role of personal involvement and habit formation in explaining water consumption1. *Journal of Applied Social Psychology* 33, 1261–1296.
- Griffin, R., Chang, C., 1990. «Pretest Analysis of Water Demand in Thirty Communities», *Water Resources Research*, vol. 26(10), pp. 2.251-2.255
- Hanke, S.H., de Maré, L., 1982. «Residential Water Demand: A Pooled Time Series Cross-Section Study of Malmö, Sweden», *Water Resources Bulletin*, vol. 18(4), pp. 621–625
- Howe, C., 1982. «The impact of price on residential water demand: some new insights», *Water Resources Research*, vol. 18(4), pp.713-716
- Hunnings, J., 1996. Household wastewater treatment and septic systems. Fact Sheet No.3, Publication Number 442-903, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Iglesias E., Blanco M., 2008. New directions in water resources management: the role of water pricing policies. *Water Resources Research* 44, 11.

- Jackson, T., 2005. *Motivating Sustainable Consumption: A Review of Evidence on Consumer Behaviour and Behaviour Change*. Centre for Environmental Strategy, University of Surrey, Guildford Surrey.
- Jeffrey P. and Seaton R. A. F., 2003/2004. A Conceptual Model of ‘Receptivity’ Applied to the Design and Deployment of Water Policy Mechanisms. *Environmental Sciences (Journal of Integrative Environmental Research)*, 1(3), 277-300.
- Jones, C., Morris, J., 1984. «Instrumental Price Estimates and Residential Water Demand», *Water Resources Research*, vol. 20(2), pp. 197-202
- Jorgensen B., Graymore M., O’Toole K., 2009. Household water use behavior: An integrated model. *Journal of Environmental Management* 91, 227–236.
- Howe, C., Jones, R.N., Maheepala, S., Rhodes, B., 2005. Implications of Potential Climate Change for Melbourne’s Water Resources. A collaborative project between Melbourne Water and CSIRO Urban Water and Climate Impact Groups, Australia.
- Kenney, D., Goemans, C., Klein, R., Lowery, J., Reidy, K., 2008. Residential water demand management: lessons from Aurora, Colorado. *Journal of American Water Resources Association* 44, 192–207.
- Keshavarzia A.R., , Sharifzadehb M., Kamgar Haghghia A.A., Amina S., Keshtkara Sh., Bamdada A., 2006. Rural domestic water consumption behavior: A case study in Ramjerd area, Fars province, I.R. Iran. *Water research* 40 2006 1173 – 1178.
- Lyman, R.A., 1992. «Peak and Off-Peak Residential Water Demand», *Water Resources Research*, vol. 28(9), pp. 2.159-2.167
- Maddaus, W.O., Gleason, G., Darmody, J., 1996, «Integrating Conservation into Water Supply Planning», *Journal AWWA*, vol. 88(11), pp. 57-67
- Marsden, J. and Pickering, P., 2006. *Securing Australia’s urban water supplies: opportunities and impediments*. A discussion paper prepared for the Department of the Prime Minister and Cabinet, Marsden Jacob Associates, Camberwell.
- Martínez-Espiñeira, R., 2001. «Residential Water Demand in the Northwest of Spain: An Empirical Analysis Using Co-Integration and Error-Correction Techniques», *European Environmental and Resource Economics Association*

- (EAERE), Annual conference, Southampton, U.K., June, Environmental and Resource Economics, vol. 21(2), pp. 161-187
- Mayer, P.W., DeOreo, W.B., Opitz, E.M., Kiefer, J.C., Davis, W.Y., Dziegielewski, B., Nelson, J.O., 1998. Residential End Uses of Water, American Waterworks Association Research Foundation, Denver, CO.
 - Moncur, J.E.T., 1987. «Urban water pricing and drought management», Water Resources Research, vol. 23(3), pp. 393-398
 - Nancarrow, B.E., Po, M., Porter, N.B., 2004. «Why Doesn't it Work? The Incorporation of Community Culture in the Evaluation of Water Sensitive Urban Designs», In Daniell, T., James, R and Takara, K. (eds) Proceedings of the 2004 International Conference on Water Sensitive Urban Design, Cities as Catchments, WSUD2004, 21-25 November 2004, Adelaide, Australia
 - Nancarrow, B., Jorgensen, B., Syme, G., 1995. Stormwater Management in Australia: Community Perceptions, Attitudes and Knowledge. Research Report No. 95. Urban Water Research Association of Australia, Melbourne.
 - National Water Commission and Water Services Association of Australia, 2007. National Performance Report 2005–06: Major Urban Water Utilities. Water Services Association of Australia, Melbourne.
 - Nauges, C., Thomas, A., 2000. «Privately-Operated Water Utilities, Municipal Price Negotiation, and Estimation of Residential Water Demand: The Case of France», Land Economics, vol. 76(1), 68–85
 - Nieswiadomy, M.L., 1992 «Estimating Urban Residential Water Demand: Effects of price Structure, Conservation and Education», Water Resources Research, vol. 28(3), pp. 609-615.
 - Nieswiadomy, M.L., Molina, D.J., 1989. «Comparing Residential Water Demand Estimates under Decreasing and Increasing Block Rates Using Household Data», Land Economics, vol. 65(3), pp. 280–289.
 - Nieswiadomy, M.L., Molina, D.J., 1991. «A Note on Price Perception in Water Demand Models», Land Economics, vol. 63(3), pp. 352-359
 - OFWAT 2000, Patterns of Demand for Water in England and Wales: 1989-1999, Ανακτήθηκε από: <http://www.ofwat.gov.uk>

- Po, M., Kaercher, J. and Nancarrow, B. E., 2004. Literature review of factors influencing public perceptions of water reuse, Australian Water Conservation and Reuse Research Program, CSIRO Land and Water.
- Portnov B. A., Meir I, 2008. Urban water consumption in Israel: convergence or divergence? *Environmental Science & policy* 11 347 – 358.
- Primeaux, W.J., Hollman, K.W., 1973. The Effects of Price and Other Selected Variables on Water Consumption, *Proceedings of the First World Congress on Water Resources*, vol. 3, pp. 189-198
- Princen, H., 1999. «Consumption and Environment: some conceptual issues», *Ecological Economics*, vol. 31, pp. 347-363.
- Qdais Abu H.A., Nassay Al, H.I., 2001. «Effect of Pricing Policy on Water Conservation: A case study», *Water Policy*, vol. 3(3), pp. 207-214
- Reid Crowther & Partners Ltd., 1992. «Technical Review of Water Conservation Options for Alberta Municipalities» (Unpublished), Alberta Transportation and Utilities Support Programs Division, Municipal Services Branch, Government of Alberta
- Renwick, M.E., Archibald, S.O., 1998. «Demand side management policies for residential water use: Who bears the conservation burden?», *Land Economics*, vol. 74(3), pp. 343-359
- Renwick, M.E., Green, R.D., McCorkle, C., 1998, Measuring the price responsiveness of Residential Water Demand in California's Urban Areas, A report prepared for the California department of Water Resources
- Renwick, M.E., Green, R.D., 1999. «Do Residential Water Demand Side Management Policies Measure Up? An Analysis of Eight Water Agencies», *Journal of Economics and Management*, vol. 40, pp. 37–55
- Renzetti, S., 1992. «Evaluating the welfare effects of reforming municipal water prices», *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 22(1), pp. 147-163
- Review of Living Planet, WWF, Global Footprint Network and Zoological Society of London, 2008. http://assets.panda.org/downloads/lpr_2008.pdf
- Saleth, R.M., Dinar, A., 2000. «Institutional Changes in Global Water Sector: Trends, Patterns and Implications», *Water Policy*, vol. 2(3), pp. 175-199

- Steel, E.W., McGhee, T.G., 1979. Water Supply and Sewerage, fifth edition. McGraw-Hill book Company, New York.
- Stikker, A., 1998. Water today and tomorrow. Futures 30 (1), 43–62.
- Syme, G.J., Nancarrow, B.E., Seligman, C., 2000. The evaluation of information campaigns to promote voluntary household water conservation. Evaluation Review 24, 539–578.
- Syme, G.J., Shao, Q., Po, M., Campbell, E., 2004. «Predicting and understanding home garden water use», Landscape and Urban Planning, vol. 68(1), pp. 121-128
- Troy, P., Holloway, D., 2004. «The Use of Residential Water Consumption as an Urban Planning Tool: A pilot study in Adelaide», Journal of Environmental Planning and Management, vol. 47(1), pp. 97-114
- Troy, T., Holloway, D., Randolph, B., 2005. Water Use and the Built Environment: Patterns of Water Consumption in Sydney, Research Paper No. 1, City Futures Research Centre, Faculty of the Built Environment, University of New South Wales.
- UNEP/GRID – Arendal 2002, based on Shiklomanov and UNESCO 1999. <http://maps.grida.no/go/graphic/changes-in-global-water-use-by-sector>.
- UNESCO, 2003. Water for People–Water for Life. The United Nations World Water Development Report. Executive Summary, World Water Assessment Programme. <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556e.pdf>.
- UNICEF & WHO, 2010. Progress on drinking water and sanitation. <http://www.who.int>
- World Resources 2000-2001. People and Ecosystems: The Fraying Web of Life, World Resources Institute (WRI), Washington DC, 2000
- Winter, D.D.N., 2000. Some big ideas for some big problems. American Psychologist 55, 516–522.
- WWF, το Global Footprint Network και τη Zoological Society of London, 2008

5.2 Ελληνική βιβλιογραφία

- ΕΥΑΘ - Εταιρία Ύδρευσης & Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης Α.Ε. «ΕΥΑΘ». <http://www.eyath.gr>
- Ελληνική Στατιστική Αρχή. <http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE>

- Κουτσογιάννης Δ., Ευστρατιάδης Α., 2007. Σημειώσεις Αστικών Υδραυλικών Έργων – Μέρος 1: Υδρευτικά Έργα, 146 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- Μεσόγειος SOS, 2008. Η λειψυδρία προ των πυλών, Δίκτυο Μεσόγειος SOS. <http://www.medsos.gr/content/view/359/34/>
- Ναλμπάντης Ι., 2007. Προστασία και Διαχείριση Υδάτινων Πόρων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- Πλεξίδα Μ., 2010, «Χωρική ανάλυση της κατανάλωσης νερού στο Νομό Αττικής».
- Συμμαχία για το νερό, «δράση για την ορθολογική και δημοκρατική διαχείριση του νερού» ανακτήθηκε από www.waterforlife.gr

