

Οικοδομικός συνεταιρισμός ανέθεσε τη μελέτη υποδομών ενός νέου παραθεριστικού οικισμού, που πρόκειται να κατασκευαστεί σε επαφή με παραθαλάσσια επαρχιακή πόλη. Για την ύδρευση του οικισμού εξετάζεται η επέκταση του υφιστάμενου δικτύου, με παράλληλη αναβάθμιση των κρίσιμων συνιστωσών του εξωτερικού και εσωτερικού υδραγωγείου, για χρονικό ορίζοντα 40 ετών. Ζητείται η εκτίμηση των χαρακτηριστικών μεγεθών υδρευτικής κατανάλωσης του συστήματος (ετήσιος όγκος, μέγιστη ημερήσια παροχή, μέγιστος ημερήσιος όγκος, μέγιστη ωριαία παροχή, παροχή έκτακτης λειτουργίας), λαμβάνοντας υπόψη τα ακόλουθα δεδομένα:

Αναπτυξιακά δεδομένα πόλης: Την τελευταία εικοσαετία, η επαρχιακή πόλη αναπτύχθηκε με άξονα τον τουρισμό. Αντίθετα, ο πρωτογενής τομέας παρουσιάζει σταθερά φθίνουσα εικόνα. Με βάση τις απογραφές των ετών 1991 και 2001, ο μόνιμος πληθυσμός αυξήθηκε από 2025 σε 2340 άτομα, μεταβολή που αποδίδεται κατά μείζονα λόγο στην εισροή μεταναστών, ενώ το 2011 καταγράφηκε οριακή μόνο αύξηση των μόνιμων κατοίκων σε 2400 άτομα. Ωστόσο, κάθε θερινή περίοδο, ο συνολικός πληθυσμός αυξάνει σημαντικά, λόγω των τουριστών.

Πολεοδομικά χαρακτηριστικά πόλης: Το κεντρικό τμήμα της πόλης, όπου συγκεντρώνεται ο μόνιμος πληθυσμός, είναι παλαιό, παραδοσιακό, με μικρά οικόπεδα και περιορισμένους ελεύθερους χώρους. Οι τουριστικές υποδομές περιλαμβάνουν ενοικιαζόμενα δωμάτια και μικρές ξενοδοχειακές μονάδες, συνολικής δυναμικότητας 800 κλινών. Τα επόμενα έτη, προβλέπεται η κατασκευή ενός πολυτελούς ξενοδοχειακού συγκροτήματος, δυναμικότητας 450 κλινών.

Δεδομένα τουριστικής ανάπτυξης: Ο αριθμός των διατιθέμενων κλινών στα ενοικιαζόμενα δωμάτια και τις μικρές μονάδες έχει περιορισμένα περιθώρια αύξησης. Η τουριστική περίοδος διαρκεί 4 μήνες (Ιούνιο-Σεπτέμβριο), με τους μήνες αιχμής (Ιούλιος, Αύγουστος) να παρουσιάζουν πληρότητα της τάξης του 90%.

Παραθεριστικός οικισμός: Η συνολική έκταση που διαθέτει ο οικοδομικός συνεταιρισμός ανέρχεται σε 200 στρέμματα, από τα οποία 40 θα δεσμευτούν για δημόσιες χρήσεις (δρόμοι, πλατείες). Με βάση την εγκεκριμένη πολεοδομική μελέτη, το μέσο μέγεθος των οικοπέδων είναι 400 m², με συντελεστή δόμησης 0.3.

Βιομηχανικές-βιοτεχνικές χρήσεις: Στην περιοχή λειτουργεί όλο το χρόνο βιοτεχνία επεξεργασίας αγροτικών προϊόντων, καθώς και ελαιοτριβείο κατά τους χειμερινούς μήνες (Νοέμβριο, Δεκέμβριο, Ιανουάριο). Η βιοτεχνία λειτουργεί με κανονικό ωράριο, ενώ το ελαιοτριβείο κατά την περίοδο αιχμής λειτουργεί συνεχώς. Οι αντίστοιχες υδατικές ανάγκες τους ανέρχονται σε 60 και 110 m³/d.

Δίκτυο πυρόσβεσης: Το δίκτυο είναι εξοπλισμένο με πυροσβεστικούς κρουνοί ονομαστικής παροχής 5 L/s. Στην περιοχή αναπτύσσεται χαμηλή, γενικά, βλάστηση.

Επίλυση

Η εκτίμηση των βασικών μεγεθών σχεδιασμού του υδρευτικού συστήματος (μέγιστη ημερήσια και μέγιστη ωριαία παροχή, και ετήσιος όγκος νερού) γίνεται για κάθε χρήση νερού ξεχωριστά, ενώ μετά το πέρας των υπολογισμών υπολογίζονται τα αθροιστικά μεγέθη.

α) Εκτίμηση υδατικών αναγκών για οικιακή χρήση

Η ωφέλιμη ζωή των έργων ύδρευσης (υδραγωγεία και δίκτυα διανομής) λαμβάνεται ίση με 40 έτη. Με αφετηρία την τελευταία απογραφή (2011), θα πρέπει να εκτιμηθεί ο πληθυσμός της πόλης και οι αντίστοιχες υδατικές ανάγκες για το έτος 2051.

Ως πρώτη προσέγγιση, θα βασιστούμε στα στοιχεία απογραφών μόνο των ετών 1991 και 2001, και θα επιχειρήσουμε να κάνουμε προβολή του πληθυσμού για το έτος σχεδιασμού (από το 2001 στο 2051), με εφαρμογή τυπικών μαθηματικών μοντέλων εξέλιξης του πληθυσμού.

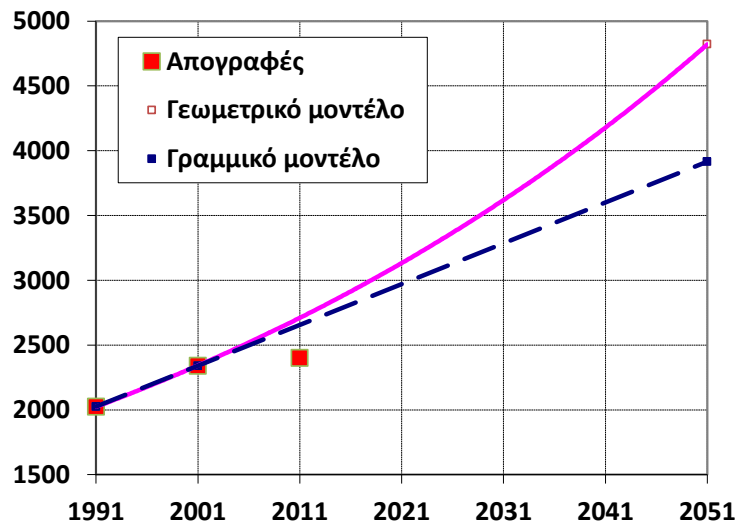
Υποθέτουμε τα μοντέλα γραμμικής και γεωμετρικής αύξησης, τα οποία βασίζονται στις σχέσεις:

$$\Pi_t = \Pi_0 + a t$$

$$\Pi_t = \Pi_0 (1 + b)^t$$

Με βάση το μοντέλο γραμμικής μεταβολής, και τα δεδομένα των δύο παλαιότερων απογραφών, προκύπτει ετήσια αύξηση του πληθυσμού κατά τη δεκαετία 1991-2001 ίση με $a = 32$ άτομα/έτος, ενώ με το μοντέλο γεωμετρικής μεταβολής εκτιμάται ρυθμός αύξησης $b = 0.015$, δηλαδή 1.5% κατ' έτος. Εφαρμόζοντας τα παραπάνω μοντέλα με αφετηρία το έτος της απογραφής του 2001, και με ορίζοντα το 2051, προκύπτει πληθυσμός σχεδιασμού ίσος με 3915 και 4820 άτομα, αντίστοιχα.

Τα αποτελέσματα των δύο μοντέλων (και ιδιαίτερα του μοντέλου γεωμετρικής αύξησης) κρίνονται μη ρεαλιστικά, καθώς η επαρχιακή πόλη έχει χαρακτηριστεί ως παραδοσιακός οικισμός και διαθέτει μικρά οικόπεδα και περιορισμένους ελεύθερους χώρους, οπότε οι προοπτικές περαιτέρω οικιστικής ανάπτυξης είναι περιορισμένες. Επιπλέον, επειδή η αύξηση πληθυσμού που παρατηρήθηκε κατά τη δεκαετία 1991-2001 ήταν κυρίως αποτέλεσμα της εισροής μεταναστών, δεν αντιπροσωπεύει κάποια συστηματική δημογραφική τάση. Η πραγματική τάση αποτυπώνεται στην πλέον πρόσφατη απογραφή, στην οποία έχουν ενσωματωθεί, εν μέρει, και οι συνέπειες της πρόσφατης οικονομικής κρίσης. Στην απογραφή αυτή διαφαίνεται ότι ο μόνιμος πληθυσμός τείνει προς μια τιμή κορεσμού της τάξης των 2500 ατόμων. Για ασφάλεια, και δεδομένου ότι δεν μπορούν να προβλεφθούν οι οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες σε τόσο μεγάλο ορίζοντα, λαμβάνεται πληθυσμός σχεδιασμού 3000 άτομα.



Με βάση τις τυπικές τιμές για οικιακή χρήση μόνιμων κατοίκων σε αστικά κέντρα, λαμβάνονται κατά κεφαλή κατανάλωση $q = 150$ L/d, συντελεστής ημερήσιας αιχμής $\lambda_H = 1.5$ και συντελεστής ωριαίας αιχμής $\lambda_\Omega = 2.0$. Τα μεγέθη σχεδιασμού για οικιακή χρήση υπολογίζονται ως εξής:

Μέση ημερήσια παροχή: $Q_E = q \Pi = 150 \times 3000 / 86400 = 5.2$ L/s

Μέγιστη ημερήσια παροχή: $Q_H = \lambda_H Q_E = 1.5 \times 5.2 = 7.8$ L/s

Μέγιστη ωριαία παροχή: $Q_{\Omega} = \lambda_{\Omega} Q_H = 2.0 \times 7.8 = 15.6 \text{ L/s}$

Ετήσιος όγκος: $V_a = Q_E T_a = 5.2 \times 365 \times 86400 / 1000 = 164\,250 \text{ m}^3$

β) Εκτίμηση υδατικών αναγκών παραθεριστικού οικισμού

Για τον παραθεριστικό οικισμό δίνονται λεπτομερή χωροταξικά και πολεοδομικά στοιχεία, βάσει των οποίων μπορούμε να εκτιμήσουμε τον πληθυσμό κορεσμού με σχετική ακρίβεια. Ειδικότερα, δίνεται ότι η συνολική έκταση που διαθέτει ο οικοδομικός συνεταιρισμός ανέρχεται σε 200 στρέμματα, από τα οποία 40 θα δεσμευτούν για δημόσιες χρήσεις (δρόμοι, πλατείες), οπότε τα εναπομείναντα 160 στρέμματα θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ανέγερση κατοικιών. Με βάση την εγκεκριμένη πολεοδομική μελέτη, το μέσο μέγεθος των οικοπέδων είναι 400 m^2 (0.40 στρέμματα), οπότε ο συνολικός αριθμός των οικοδομήσιμων οικοπέδων ανέρχεται σε $160 / 0.40 = 400$. Επιπλέον, δίνεται συντελεστής δόμησης 0.3, οπότε η οικοδομήσιμο εμβαδόν ανά οικόπεδο δεν μπορεί να ξεπεράσει τα $0.3 \times 400 = 120 \text{ m}^2$, το οποίο αντιστοιχεί σε μια τυπική εξοχική κατοικία. Θεωρώντας ότι μια μέση οικογένεια απαρτίζεται από 3.5 μέλη, εκτιμάται ότι ο πληθυσμός κορεσμού θα φτάσει τα $3.5 \times 400 = 1400$ άτομα.

Με την εύλογη υπόθεση ότι μια παραθεριστική περιοχή δεν γίνεται να οικοδομηθεί εξ ολοκλήρου, εφαρμόζουμε μια μείωση της τάξης του 15% στον πληθυσμό κορεσμού, και συνεπώς η εκτίμηση του πληθυσμού μελέτης για τον παραθεριστικό οικισμό ανέρχεται σε 1200 άτομα.

Με βάση τις τυπικές τιμές για παραθεριστική χρήση λαμβάνονται κατά κεφαλή κατανάλωση $q = 250 \text{ L/d}$, συντελεστής ημερήσιας αιχμής $\lambda_H = 1.2$ και συντελεστής ωριαίας αιχμής $\lambda_{\Omega} = 1.5$. Τα μεγέθη σχεδιασμού υπολογίζονται ως εξής:

Μέση ημερήσια παροχή: $Q_E = q P = 250 \times 1200 / 86400 = 3.5 \text{ L/s}$

Μέγιστη ημερήσια παροχή: $Q_H = \lambda_H Q_E = 1.2 \times 3.5 = 4.2 \text{ L/s}$

Μέγιστη ωριαία παροχή: $Q_{\Omega} = \lambda_{\Omega} Q_H = 1.5 \times 4.2 = 6.3 \text{ L/s}$

Για την εκτίμηση του ετήσιου όγκου θεωρείται ότι η παραθεριστική περίοδος διαρκεί 120 μέρες και περιλαμβάνει ένα τμήμα της θερινής περιόδου και τις αργίες. Συνεπώς:

$$V_a = Q_E T_a = 3.5 \times 120 \times 86400 / 1000 = 36\,000 \text{ m}^3$$

γ) Εκτίμηση υδατικών αναγκών για μικρής κλίμακας τουριστικές χρήσεις

Οι τουριστικές υποδομές της πόλης περιλαμβάνουν ενοικιαζόμενα δωμάτια και μικρές ξενοδοχειακές μονάδες, συνολικής δυναμικότητας 800 κλινών, με περιορισμένα περιθώρια αύξησης. Δίνεται ότι η τουριστική περίοδος διαρκεί 4 μήνες (Ιούνιο-Σεπτέμβριο), με τους μήνες αιχμής (Ιούλιος, Αύγουστος) να παρουσιάζουν πληρότητα της τάξης του 90%, οπότε ο αριθμός των τουριστών κατά την περίοδο αιχμής (η οποία συμπίπτει με την περίοδο αιχμής της οικιακής και παραθεριστικής κατανάλωσης) είναι $0.90 \times 800 = 720$ άτομα. Αν θεωρήσουμε ότι τους μήνες Ιούνιο και Σεπτέμβριο η πληρότητα ανέρχεται στο 50%, τότε ο μέσος αριθμός τουριστών είναι $(0.90 \times 800) / 2 + (0.50 \times 800) / 2 = 560$ άτομα. Ο λόγος του μέγιστου προς το μέσο αριθμό τουριστών είναι $720 / 560 \approx 1.3$, τιμή που εκφράζει το συντελεστή ημερήσιας αιχμής.

Με βάση τις τυπικές τιμές για τις μικρής κλίμακας τουριστικές χρήσεις λαμβάνονται κατά κεφαλή κατανάλωση $q = 200 \text{ L/d}$, συντελεστής ημερήσιας αιχμής $\lambda_H = 1.3$ και συντελεστής ωριαίας αιχμής $\lambda_{\Omega} = 1.5$. Τα μεγέθη σχεδιασμού υπολογίζονται ως εξής:

Μέση ημερήσια παροχή: $Q_E = q P = 200 \times 560 / 86400 = 1.3 \text{ L/s}$

Μέγιστη ημερήσια παροχή: $Q_H = \lambda_H Q_E = 1.3 \times 1.3 = 1.7 \text{ L/s}$

Μέγιστη ωριαία παροχή: $Q_{\Omega} = \lambda_{\Omega} Q_H = 1.5 \times 1.7 = 2.5 \text{ L/s}$

Για την εκτίμηση του ετήσιου όγκου θεωρείται ότι η τουριστική περίοδος διαρκεί 120 μέρες του χρόνου, οπότε:

$$V_a = Q_E T_a = 1.3 \times 120 \times 86400 / 1000 = 13\,440 \text{ m}^3$$

δ) Εκτίμηση υδατικών αναγκών μεγάλης ξενοδοχειακής μονάδας

Για τη μεγάλη ξενοδοχειακή μονάδα που πρόκειται να κατασκευαστεί, δυναμικότητας 450 κλινών, εφαρμόζονται οι ίδιες παραδοχές με τις μικρής κλίμακας μονάδες, όσον αφορά τη χρονική κατανομή των τουριστικών αφίξεων (ήτοι $0.90 \times 450 = 405$ άτομα τους μήνες αιχμής Ιούλιο και Αύγουστο και $0.50 \times 450 = 225$ άτομα τους μήνες Ιούνιο και Σεπτέμβριο), και διαφοροποιείται μόνο η κατά κεφαλή κατανάλωση, που εκτιμάται σε $q = 300 \text{ L/d}$. Με βάση τις παραπάνω παραδοχές τα μεγέθη σχεδιασμού για την ξενοδοχειακή μονάδα υπολογίζονται ως εξής:

Μέση ημερήσια παροχή: $Q_E = q P = 300 \times 315 / 86400 = 1.1 \text{ L/s}$

Μέγιστη ημερήσια παροχή: $Q_H = \lambda_H Q_E = 1.3 \times 1.1 = 1.4 \text{ L/s}$

Μέγιστη ωριαία παροχή: $Q_\Omega = \lambda_\Omega Q_H = 1.5 \times 1.4 = 2.1 \text{ L/s}$

Ετήσιος όγκος: $V_a = Q_E T_a = 1.1 \times 120 \times 86400 / 1000 = 11\,340 \text{ m}^3$

ε) Εκτίμηση υδατικών αναγκών αγροτικής μονάδας

Στην περιοχή λειτουργεί όλο το χρόνο βιοτεχνία επεξεργασίας αγροτικών προϊόντων με κανονικό ωράριο, ήτοι 8ωρη καθημερινή λειτουργία τις εργάσιμες ημέρες του έτους (περίπου 250 ημέρες). Η ημερήσιες ανάγκες της βιοτεχνίας ανέρχονται σε $60 \text{ m}^3/\text{d}$ και δεν διαφοροποιούνται εποχιακά (δηλαδή $\lambda_H = 1$). Η εν λόγω ζήτηση κατανέμεται σχεδόν ομοιόμορφα κατά την 8ωρη λειτουργία της μονάδας, οπότε ο συντελεστής ωριαίας αιχμής ανέρχεται σε $\lambda_\Omega = 24 / 8 = 3.0$.

Με τις παραπάνω παραδοχές, τα μεγέθη σχεδιασμού της μονάδας είναι:

Μέση ημερήσια παροχή: $Q_E = 60\,000 / 86\,000 = 0.7 \text{ L/s}$

Μέγιστη ημερήσια παροχή: $Q_H = \lambda_H Q_E = 1.0 \times 0.7 = 0.7 \text{ L/s}$

Μέγιστη ωριαία παροχή: $Q_\Omega = \lambda_\Omega Q_H = 3.0 \times 0.7 = 2.1 \text{ L/s}$

Ετήσιος όγκος: $V_a = Q_E T_a = 60 \times 250 = 15\,000 \text{ m}^3$

στ) Εκτίμηση υδατικών αναγκών ελαιολαϊκού

Το ελαιολαϊκό λειτουργεί τρεις μήνες το χρόνο (120 ημέρες), καταναλώνοντας $110 \text{ m}^3/\text{d}$ σε συνεχή βάση, δηλαδή $\lambda_H = 1$ και $\lambda_\Omega = 1$. Τα αντίστοιχα μεγέθη σχεδιασμού είναι:

Μέση ημερήσια παροχή: $Q_E = 110\,000 / 86\,000 = 1.3 \text{ L/s}$

Μέγιστη ημερήσια παροχή: $Q_H = \lambda_H Q_E = 1.0 \times 1.3 = 1.3 \text{ L/s}$

Μέγιστη ωριαία παροχή: $Q_\Omega = \lambda_\Omega Q_H = 1.0 \times 1.3 = 1.3 \text{ L/s}$

Ετήσιος όγκος: $V_a = Q_E T_a = 110 \times 120 = 13\,200 \text{ m}^3$

Η λειτουργία του ελαιολαϊκού λαμβάνεται υπόψη μόνο στον υπολογισμό των ετήσιων υδρευτικών αναγκών του συστήματος, καθώς η σταθερή παροχή λειτουργίας των 1.3 L/s δεν συμπίπτει με τις αιχμές των λοιπών χρήσεων νερού.

ζ) Εκτίμηση παροχών πυρόσβεσης

Η παροχή πυρκαγιάς αποτελεί μια κατάσταση έκτακτη φόρτισης του συστήματος, η οποία διαρκεί λίγες ώρες και λαμβάνεται υπόψη μόνο στο σχεδιασμό του δικτύου διανομής (ο αντίστοιχος όγκος νερού είναι αποθηκευμένος στη δεξαμενή – δεν μεταφέρεται από το εξωτερικό υδραγωγείο).

Στην τυπική περίπτωση, θεωρείται ταυτόχρονη λειτουργία δύο πυροσβεστικών κρουνών, ονομαστικής παροχής 5.0 L/s, η οποία πραγματοποιείται την ώρα αιχμής της υδρευτικής κατανάλωσης. Συνεπώς, στη μέγιστη ωριαία παροχή θεωρείται ότι προστίθενται επιπλέον 10.0 L/s.

η) Εκτίμηση απωλειών νερού

Για λόγους ασφαλείας, όλα τα μεγέθη σχεδιασμού προσαυξάνονται κατά 10%, ώστε να ληφθούν υπόψη οι απώλειες λόγω διαρροών κατά τη μεταφορά και διανομή του νερού.

Τα τελικά μεγέθη σχεδιασμού συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα:

| Χρήση νερού | Μέγιστη ημερήσια παροχή (L/s) | Μέγιστη ωριαία παροχή (L/s) | Ετήσιος όγκος (m³) |
|----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| Οικιακή | 7.8 | 15.6 | 164 250 |
| Παραθεριστική | 4.2 | 6.3 | 36 000 |
| Τουριστική (μικρής κλίμακας) | 1.7 | 2.5 | 13 440 |
| Τουριστική (ξενοδοχειακή μονάδα) | 1.4 | 2.1 | 11 340 |
| Βιοτεχνία αγροτικών προϊόντων | 0.7 | 2.1 | 15 000 |
| Ελαιοτριβείο | 1.3* | 1.3* | 13 200 |
| Πυρόσβεση | - | 10.0 | - |
| Σύνολο (χωρίς απώλειες) | 15.7 | 38.6 | 253 230 |
| Σύνολο (με απώλειες 10%) | 17.3 | 42.4 | 278 553 |

(*) Δεν λαμβάνονται υπόψη στις τελικές εκτιμήσεις, καθώς δεν πραγματοποιείται η συγκεκριμένη χρήση νερού κατά την περίοδο αιχμής.