

Πολύ αποτελεσματική απαλλαγή του νερού από οργανικές ουσίες επιτυγχάνεται με συνδυασμό χημικής οξείδωσης και προσρόφησης σε ενεργό άνθρακα. Το πιο ενδεδειγμένο οξειδωτικό μέσο, που δεν δημιουργεί επιβλαβή παραπροϊόντα, όπως το χλώριο, είναι το όζον, η χρήση του οποίου διευρύνεται ταχύτατα τα τελευταία χρόνια. Τα υπολείμματα οργανικών ενώσεων που παραμένουν μετά την οξείδωση προσροφώνται σε ενεργό άνθρακα. Τα τελευταία χρόνια έχει προοδεύσει πολύ η τεχνολογία των μεμβρανών, με τη χρήση των οποίων είναι δυνατόν να γίνει επιλεκτική απομάκρυνση διαφόρων προσμίξεων, με πολύ μεγάλη αποτελεσματικότητα και περιορισμένη καταπόνηση ενέργειας.

### 3.2. Απομάκρυνση της περίσσειας των νοργάνων ιόντων

Για το σκοπό αυτό προσφέρονται τόσο η αντίστροφη όσμωση όσο και η ηλεκτροδιά-

## Ανακύκλωση των αστικών λυμάτων

Σε παλαιότερες εποχές, η ανάπτυξη μιας πόλης ήταν σε άμεση συνάρτηση με τη διαθέσιμη ποσότητα νερού για την ύδρευσή της. Σήμερα η τεχνολογία μας προσφέρει πολλές δυνατότητες να καλύψουμε τις ανάγκες σε νερό, όταν η φυσική παροχή δεν επαρκεί. Μπορούμε να δημιουργήσουμε μεγάλες αποθήκες νερού με φράγματα, να εκτρέψουμε ποτάμια, να αντλήσουμε από μεγάλα βάθη και να αφαλατώσουμε τη θάλασσα και τα υφάλμυρα νερά.

Η οικολογική παρέμβαση όμως δεν σταματάει με τα έργα ύδρευσης. Ολοκληρώνεται με την αποχέτευση των λυμάτων που, στη χώρα μας, κατά τη μεγαλύτερη αναλογία τους, οδηγούνται στη θάλασσα, δημιουργώντας ενδεχομένως νέα οικολογικά προβλήματα. Έχοντας σαν δεδομένο ότι η σημερινή τεχνολογία επιτρέπει το μερικό ή πλήρη καθαρισμό νερού κάθε προσελεύσεως, ανεξάρτητα από το είδος και την ποσότητα των ρύπων ή προσμίξεων που περιέχει, δεν είναι επιτρεπτό να παραβλέπουμε μία ροή νερού που αυξάνει παράλληλα με τις ανάγκες της ύδρευσης, όπως είναι τα αστικά λύματα. Η επιλογή αν θα προτιμηθεί ο καθαρισμός και η ανακύκλωση των αποβλήτων από άλλο τρόπο υδροδότησης θα στηριχθεί, συνεπώς, στη σύγκριση του κόστους των προσφερομένων λύσεων, σε συνδυασμό με τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις και με την αξιοπιστία τους. Αν ληφθούν υπ' όψη οι απώλειες από την ύδρευση ως την αποχέτευση καθώς και κατά τον καθαρισμό, η συνολική ποσότητα που μπορεί να ανακτηθεί είναι της τάξης των 2/3 του νερού ύδρευσης.

### 2. ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

Οι επιβαρύνσεις που καταλήγουν στο νερό της ύδρευσης κατά τη διέλευσή του από αστικές και μεταποιητικές χρήσεις και το μετατρέπουν σε λύμα, παρουσιάζουν διακυμάνσεις, ανάλογα με τις δραστηριότητες

που επικρατούν σε κάθε αστικό κέντρο και με το μεταξύ τους συσχετισμό. Το νερό κατά τη χρήση του, ρυπαινόμενο, εμπλουτίζεται με οργανικές και με ανόργανες ουσίες. Οι οργανικές, εκφραζόμενες σε βιοχημική απαίτηση οξυγόνου (BOD), είναι της τάξης των 300 mg/l. Αντίστοιχη, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, είναι και η αύξηση των ανόργανων ενώσεων στα λύματα. Τα οργανικά συστατικά των λυμάτων υφίστανται μία δραστηριότητα μείωση κατά το βιολογικό καθαρισμό. Αντίθετα τα ανόργανα ελάχιστα επηρεάζονται, με εξαίρεση την αμμωνία, τα νιτρικά και τα φωσφορικά, που μπορούν να μειωθούν σημαντικά, συμμετέχοντας στις βιολογικές διεργασίες. Έτσι, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα λύματα, σε σχέση με το νερό ύδρευσης, βγαίνοντας από ένα βιολογικό καθαρισμό με απονιτροποίηση, περιέχουν επί πλέον γύρω στα 50 mg/l οργανικές ουσίες και 300 mg/l ανόργανα ιόντα. Δηλαδή τα συνολικά διαλυμένα στερεά (TDS) του καθαρισμένου νερού περιέχουν γύρω στα 350 γραμμάρια ανά κυβικό μέτρο ουσίες που δεν είχε το αρχικό νερό ύδρευσης, που, αν αφαιρεθούν, θα επανέλθει το νερό στην αρχική του κατάσταση.

### 3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

#### 3.1. Καταστροφή και απομάκρυνση οργανικών ουσιών

Μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους:

λωση. Η δεύτερη είναι πιο ενδεδειγμένη για μικρές συγκεντρώσεις αλάτων. Κατά τη διαδικασία αυτή ανακτάται το 80% περίπου του νερού, ενώ το υπόλοιπο χάνεται με τα απομακρυνόμενα άλατα. Η επιλογή τρόπου διάθεσης των συμπυκνωμένων αποβλήτων πρέπει να αποφασίζεται σε κάθε περίπτωση με βάση το είδος και την ποσότητα των αλάτων αλλά και τον αποδέκτη.

Το Σχήμα 1 δείχνει την αναμενόμενη εξέλιξη του οργανικού φορτίου και της περιεκτικότητας σε ανόργανα, κυρίως, άλατα, κατά τα διάφορα στάδια που διέρχεται το νερό από την ύδρευση ως την πλήρη ανακύκλωση πίσω στο δίκτυο ύδρευσης. Φυσική περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα ποικίλει σε κάθε περίπτωση.

#### 3.3. Καταστροφή των παθογόνων

Τα παθογόνα δεν θα παρουσιάσουν πρόβλημα εξουδετέρωσης, διότι καταστρέφονται ή απομακρύνονται από όλες τις διαδικασίες του φυσικοχημικού καθαρισμού, σε σημείο που να μην είναι ενδεχομένως αναγκαία η επί πλέον απολύμανση.

Η τελική επιλογή του βαθμού καθαρισμού και του τρόπου επαναχρησιμοποίησης θα εξαρτηθεί από: τις υδρολογικές συνθήκες της περιοχής, την επάρκεια νερού για ύδρευση, τις δυνατότητες διάθεσης για αρδεύσεις, τις ανάγκες της βιομηχανίας σε νερό, το κόστος των συμπληρωματικών ή παράλληλων δικτύων για τις δύο τελευταίες περιπτώσεις. Η τελευταία αυτή παράμετρος μπορεί να αποβεί καθοριστική, δεδομένου ότι, αν τα σημεία κατανάλωσης, για άρδευση ή βιομηχανική χρήση, είναι διάσπαρτα ή απομακρυσμένα, είναι πολύ πιθανό το κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης του προσθέτου δικτύου, να είναι μεγαλύτερο από το απαιτούμενο για πλήρη καθαρισμό

του νερού προς πόσιμο. Σε κάθε περίπτωση, ακριβείς εκτιμήσεις δεν μπορούν να γίνουν αν δεν προηγηθεί έρευνα σε εργαστηριακό και πιλοτικό επίπεδο, ώστε να διευκρινισθούν όλες οι λειτουργικές παράμετροι και να συγκεντρωθούν τα στοιχεία υπολογισμού.

**4. ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ**

Υπολογισμοί που έγιναν, με βάση βιβλιογραφικά δεδομένα και πληροφορίες από κατασκευαστές εξοπλισμού οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η επιβάρυνση πλήρους καθαρισμού προς πόσιμο, ανά κυβικό μέτρο λυμάτων προερχομένων από βιολογικό καθαρισμό, θα είναι της τάξης των 100 δραχμών, περιλαμβανομένων και των δαπανών λειτουργίας και συντήρησης, καθώς και των βέσεων. Το ποσό αυτό είναι συγκρίσιμο με το κόστος πολλών συμβατικών εγκαταστάσεων ύδρευσης και χαμηλότερο από το απαιτούμενο για ειδικές εγκαταστάσεις,

του Σ.Α. Κώνστα  
Διδάκτορος  
Χημικού Μελετητή

Για να υδρευθεί το 40% του πληθυσμού της Ελλάδας και να εξυπηρετηθεί και το 50% της βιομηχανικής δραστηριότητας, που έχει συγκεντρωθεί σε μία χερσόνησο με ελάχιστες βροχοπτώσεις και καθόλου γλυκά επιφανειακά νερά, έχει αποξηρανθεί η λίμνη Υλίκη, έχει εκτραπεί ο Μόρνος, ακολουθεί ο Εύηνος και παίρνει σειρά ο πολύπλοκος Αχελώος, ενώ συζητήθηκε η επιστροφή και της λίμνης Τριχωνίδας και η μεταφορά με τάνκερ νερού από τον Ανάβαλο ή ακόμη και η αφαλάτωση θαλασσινού νερού.

Παρ' όλο που δεν έχει γίνει γνωστός κα-

σθεί το περιβαλλοντικό κόστος των έργων που έγιναν, βρίσκονται σε εξέλιξη ή θα απαιτηθούν μελλοντικά.

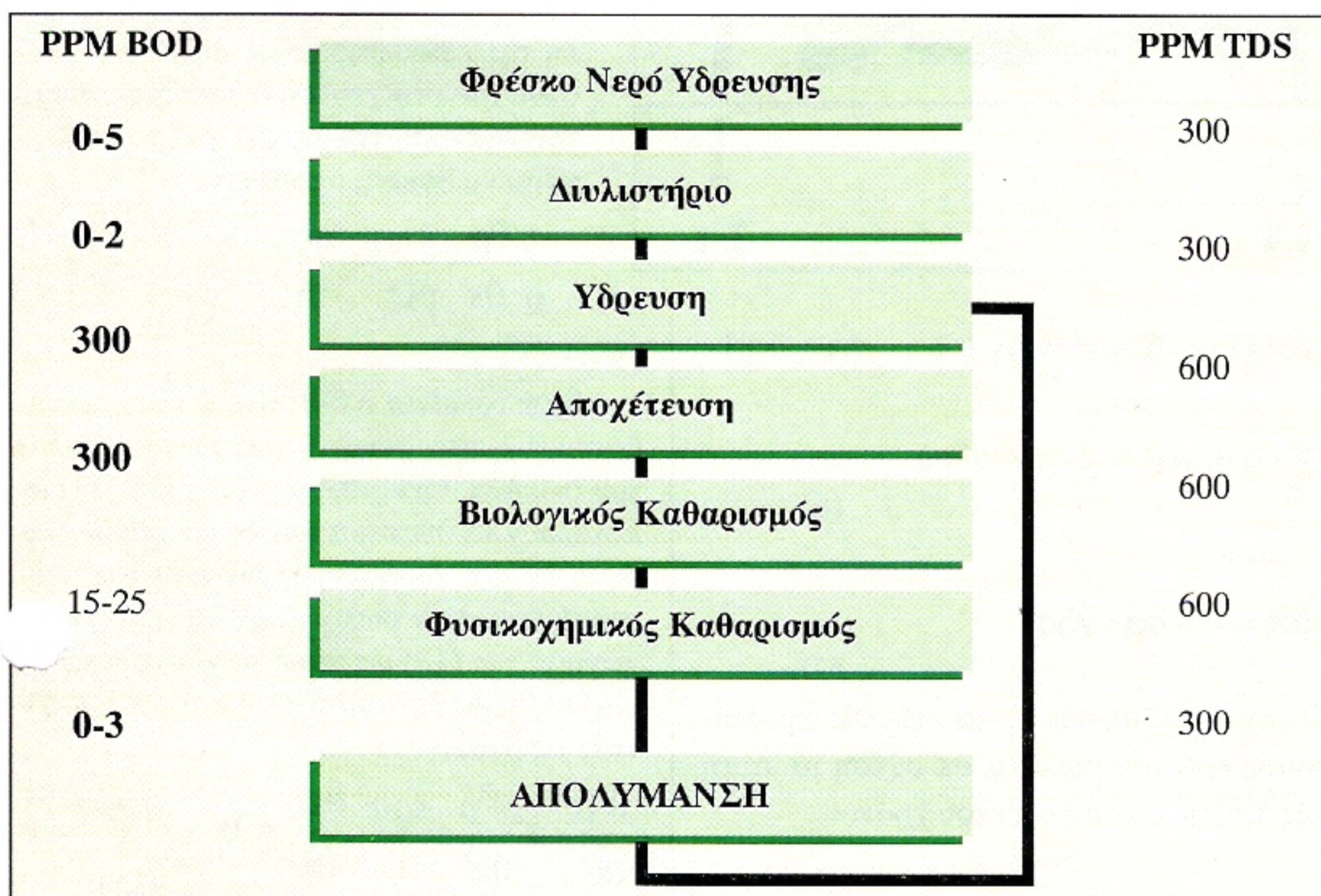
**Κέρκυρα**

Ένα ενδιαφέρον παράδειγμα είναι η πόλη της Κέρκυρας, όπου το χρησιμοποιούμενο νερό ύδρευσης έχει ήδη απαγορευτική περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα, ενώ συχνά εμφανίζει και μόλυνση από οργανικές ενώσεις. Από αναλυτικό υπολογισμό προέκυψε ότι μία λύση θα ήταν ένας συνδυασμός αφαλάτωσης του νερού με ανακύκλωση των επεξεργασμένων λυμάτων. Με τον τρόπο αυτό θα μπορούσαν να αντιμετωπισθούν συγχρόνως η ανεπάρκεια του νερού και το ποιοτικό πρόβλημα.

**Κυκλάδες**

Τα προβλήματα ύδρευσης των νησιών αυτών είναι πολύ έντονα και οξύνονται ιδιαίτερα κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Η συ-

# με σκοπό την ύδρευση των πόλεων



όπως η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού. Η διαφορά αυτή είναι άλλωστε εύλογη, αφού κατά την αφαλάτωση αφαιρούνται 38.000 PPM αλάτων, ενώ από τα καθαρισμένα λύματα μόνο 350 PPM.

**5. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Όπως έχει αναφερθεί σε προγενέστερες παρουσιάσεις και ανακοινώσεις (5,6), υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις όπου θα μπορούσε να πλεονεκτήει η ανακύκλωση των λυμάτων προς ύδρευση, από άλλες λύσεις εξεύρεσης ή παραγωγής πόσιμου νερού. Δύο χαρακτηριστικές περιπτώσεις είναι η Αθήνα και η Κέρκυρα, ενώ τα νησιά των Κυκλάδων αποτελούν μία ομάδα με κοινά προβλήματα.

Αθήνα

νένας αναλυτικός υπολογισμός του πραγματικού κόστους του νερού που μας παρέχει η ΕΥΔΑΠ, είναι πολύ πιθανό ότι θα κυμαίνεται στα ίδια περιθώρια με το κόστος ανακύκλωσης των λυμάτων, χωρίς να συνυπολογι-

νηθέστερα συζητούμενη αντιμετώπιση είναι η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού, που δεν παρουσιάζει βέβαια προβλήματα ποσοτικής επάρκειας, αλλά που συνεπάγεται αφαίρεση των 38.000 PPM αλάτων. Η εναλλακτική λύση της ανακύκλωσης των λυμάτων θα ήταν δυνατή με αφαίρεση μόνο 350 PPM ανεπιθύμητων συστατικών.

**6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΗ**

Λαμβάνοντας υπ' όψη τα προβλήματα λειψυδρίας διαφόρων περιοχών της πατρίδας μας, που μπορεί να ενταθούν, εάν επιβεβαιωθούν οι θεωρίες ότι βρίσκεται σε εξέλιξη το φαινόμενο του θερμοκηπίου, θεωρούμε αναγκαίο να αρχίσουν το ταχύτερο οι έρευνες στον τομέα της ανακύκλωσης των λυμάτων. Μία πολύ καλή βάση προς την κατεύθυνση αυτή μπορεί να αποτελέσει η πιλοτική μονάδα που λειτουργεί στις εγκαταστάσεις της ΕΥΔΑΠ στη Μεταμόρφωση, με την τεχνική υποστήριξη του ΕΜΠ, αφού γίνουν οι αναγκαίες επεκτάσεις και συμπληρώσεις, στα πλαίσια ενός από τα ερευνητικά προγράμματα που βρίσκονται σε εξέλιξη.

\* Η Εισήγηση παρουσιάστηκε στα πλαίσια της Heleco '95

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. J.M. Baclier, O. Ricci, A. Montil, Y. Richard. J. IWEM, 6, March 1992, p. 123.
2. W. Lilly, G. Bourn, H. Chabtree, J. Upton. J. IWEM 5, April 1991, p. 123.
3. ΥΠΕΧΩΔΕ / Συμπράττοντα Γραφεία Μελετών. Μελέτη ενίσχυσης της ύδρευσης Αθηνών, 1990.
4. M.A. Thompson, M.P. Robinson. Am. Water Works Membrane Conference, March 1991.
5. Στ. Κώνστας. Η Ανακύκλωση του Νερού. Διημερίδα «ΥΔΡΕΥΣΗ ΑΘΗΝΑΣ» ΤΕΕ, Νοέμβριος 1992.
6. Στ. Κώνστας. Η πλήρης ανακύκλωση αστικών λυμάτων μπορεί να είναι όχι μόνο τεχνικά εφικτή, αλλά και συμφέρουσα. 3ο Συνέδριο Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, Μόλυβος, Σεπτέμβριος 1993.