

ΔΙΗΜΕΡΙΔΑ "ΥΔΡΕΥΣΗ ΑΘΗΝΑΣ"
Νοέμβριος 1992

Η ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Μακροπρόθεσμοι στόχοι-Άμεσες και μεσοπρόθεσμες ενέργειες

Στέφανος Αν. Κώνστας
Δρ. Χημικός- Τεχνικός Σύμβουλος

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στόχος της εισηγήσεως αυτής είναι να βοηθήσει στην προώθηση των προβληματισμών που είναι πια έντονοι σε όλα τα επίπεδα, για την αντιμετώπιση του προβλήματος ύδρευσης της Αττικής και φυσικά και της υπόλοιπης Ελλάδας.□

Ελπίζω ότι θα βοηθήσει στην προσαρμογή της σημερινής στρατηγικής στα νέα δεδομένα, όπως διαγράφονται με την προοπτική σταθεροποίησης των μειωμένων βροχοπτώσεων, κάτω από την επίδραση του φαινομένου του θερμοκηπίου, που, αν πιστέψουμε τους ειδικούς επιστήμονες, όχι μόνο βρίσκεται σε

εξέλιξη, αλλά και αν ακόμη σταματούσαν σήμερα οι ανθρώπινες δραστηριότητες που το προκαλούν, θα χρειαζόταν διάστημα 100 ετών για να υποχωρήσει.□

Πιστεύω ότι πρέπει πια πολύ σοβαρά να αντιμετωπίσουμε ριζική αλλαγή στην πολιτική υδρεύσεως-αποχετεύσεως, ώστε να είμαστε σε θέση, ακόμη και κάτω από τις αντίξοες συνθήκες που ενδέχεται να μας επιφυλάσσει το μέλλον, να καλύψουμε τις ανάγκες σε νερό τόσο της Αθήνας, όσο και των άλλων Ελληνικών πόλεων.□

Δεν είναι απίθανο σε λίγα χρόνια να θεωρείται παράλογο, αν όχι εγκληματικό, να φέρνουμε νερό από την Δυτική Ελλάδα, - με τις αναπόφευκτες μεγάλες ανατροπές στα εκεί οικοσυστήματα - να το χρησιμοποιούμε, να το καθαρίζουμε κατά 90-95% και μετά να το πετάμε, δημιουργώντας νέα περιβαλλοντικά προβλήματα, αυτήν την φορά στον αποδέκτη.□

Στην αναπόφευκτη ερώτηση, πώς θα πειστούν οι κάτοικοι να ξαναχρησιμοποιήσουν τα λύματά τους, η απάντηση είναι με ενημέρωση, αλλά και κάτω από την πίεση της ανάγκης. Αλλωστε, όσοι υδρεύονται από ποτάμια, πίνουν συχνά τα λύματα πόλεων που βρίσκονται ανάντη, χωρίς να υπάρχουν αντιδράσεις όταν υπάρχει η σωστή διύλιση (π.χ. Λάρισα).□

2. ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΚΑΘΑΡΙΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ□W0□

Τα απόβλητα, μετά την υποβολή τους σε βιολογική επεξεργασία περιέχουν ακόμη ανεπιθύμητα συστατικά, που κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες :□

α. Αιωρούμενα στερεά της τάξης των 20-40 PPM.□

β. Οργανικής προελεύσεως.□

1. Οργανικές ενώσεις βιοποικοδομήσιμες της τάξης των 10-20 PPM.□

2. Οργανικές ενώσεις μή αποικοδομήσιμες μετρούμενες σαν χημικά οξειδώσιμες ενώσεις (COD μείον BOD), της τάξης των 20-40 PPM.□

3. Ενώσεις του αζώτου, της τάξης των 20-40 PPM άζωτο.□

4. Οργανικές τοξικές ενώσεις όπως φάρμακα, φυτοφάρμακα και άλλες ουσίες οικιακής ή βιομηχανικής προελεύσεως.□

γ. Ανόργανες υδατοδιαλυτές ουσίες.□

Το νερό υδρεύσεως, κατά την χρήση του σε ένα αστικό□ δίκτυο, εμπλουτίζεται με διάφορα άλατα, προερχόμενα□ από κατοικίες, βιοτεχνίες, βιομηχανίες, νοσοκομεία□ και άλλες δραστηριότητες της περιοχής.□

Τυπική εικόνα των αυξήσεων της περιεκτικότητας του νερού σε ανόργανα ιόντα δίνει ο Πίνακας 2-1.□

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 2-1□

1. Ιόντα ασβεστίου	15 - 50 PPM (εκπεφρασμένα σε CaCO_3)□
2. Ιόντα Mg	5 - 40 PPM (εκπεφρασμένα σε CaCO_3)□
3. Ιόντα Na	40 - 70 PPM□
4. Ιόντα K	7 - 15 PPM□
5. Ιόντα SO_4	15 - 30 PPM□
6. Ιόντα νιτρικά	1 - 20 PPM□
7. Ιόντα Cl	20 -100 PPM□
8. Ιόντα φωσφορικά PO_4	15 - 50 PPM□
9. SiO_2	10 - 20 PPM□
10. Ολικά διαλ. στερεά	100 - 300 PPM

Τα στοιχεία αυτά, που προέρχονται από την διεθνή βιβλιογραφία, δείχνουν μία πολύ καλή σύμπτωση με τα στοιχεία που είχε την καλωσύνη να θέσει στην διάθεσή μου ο Τεχνικός Δ/ντης της εγκαταστάσεως επεξεργασίας των λυμάτων της Λάρισας κ. Στ. Τραγανίτης.□

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 2 -2

	Νερό δικτύου	Εξοδος βιολογικού□
Ca (ως CaCO_3)	94 PPM	136 PPM□
Mg (ως CaCO_3)	36 PPM	64 PPM□
Ολική σκληρότης (ως CaCO_3)	130 PPM	200 PPM□
Ολικά διαλυμένα στερεά	224 PPM	500 PPM□
Αγωγιμότητα $\mu\text{S}/\text{cm}$	360 PPM	720 PPM□

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-3

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΟΝ ΚΑΑ ΤΟΥ ΑΚΡΟΚΕΡΑΜΟΥ

	Δείγματα Α' περιόδου			Δείγματα Β' περιόδου		
	Παράμετρος	Ολικά	Διαλυμένα	%	Ολικά	Διαλυμένα
Cu	119 (14-400)	20 (5-10)	17	96.6 (32-818)	27.2 (8-350)	28.2
Cr	590 (44-2120)	62 (8-280)	11	265 (20-2234)	44 (0-600)	16.5
Fe	1816 (380-6040)	214 (50-510)	12	1335 (300-5641)	400 (100-1500)	30
Ni	73 (22-184)	29 (20-40)	40	50 (20-120)	36 (0-50)	72
Zn	422 (70-1530)	64 (40-150)	15	588 (175-7400)	172 (60-540)	29.3
Cd	8 (5-20)	5 (0-15)	65	9.8 (3-80)	3.2 (0-10)	32.6
<hr/>						
<u>mg/l</u>						
COD	350 (185-562)	179 (74-352)	60	262 (194-318)		
BOD ₅	234 (95-365)	107 (30-171)	34	180 (118-265)		
SS	392 (132-2390)	-		249 (180-430)		

Εκτός από τα ιόντα αυτά, υπάρχει και μία αύξηση σε ιόντα βαρέων μετάλλων. Πολύτιμα σχετικά στοιχεία δίνει ο επόμενος Πίνακας, που προέρχεται από μελέτη της Υγειονομικής Σχολής Αθηνών (υπεύθυνος Ν. Κατσίρης).□

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 2-3 κατά το μεγαλύτερο ποσοστό τους τα βαρέα αυτά μέταλλα βρίσκονται σε αδιάλυτη μορφή, με συνέπεια να συγκρατούνται, κατά 70% και περισσότερο, στην πρωτοβάθμια καθίζηση και την βιολογική ιλύ.□

Ετσι τα ιόντα βαρέων μετάλλων που αναμένεται να είναι ακόμη διαλυμένα στο νερό μετά τον βιολογικό καθαρισμό της Ψυττάλειας (όταν λειτουργήσει), θα βρίσκονται πιθανότατα μέσα στα όρια που προβλέπει η νομοθεσία για το νερό ύδρευσης.□

Όπως προκύπτει από τους προηγούμενους πίνακες, γενικά η αναμενόμενη επιβάρυνση σε ανόργανα άλατα του νερού από την χρήση του, δεν έχει σαν συνέπεια να το καθιστά ακατάλληλο για ύδρευση.□

δ. Μικρόβια και ιοί□

Πλήθος μελετών στην διεθνή βιβλιογραφία ασχολούνται με την περιεκτικότητα των αστικών λυμάτων σε παθογόνους οργανισμούς και ιούς καθώς και με την επίδραση των διαφόρων σταδίων καθαρισμού στην συγκέντρωσή τους. Ο πίνακας 2-4 δίνει μία εικόνα των προσδιορισμών που έχουν γίνει.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 2-4

	Ολικά Κολοβακτηριοειδή	Κοπρανώδη Κολοβακτηριοειδή	Ιοί
Ακατέργαστα	10^6-10^7	$0,5-10^4$	
Εξοδος πρωτ. καθ.	10^7-10^8	$10^6 - 10^7$	$0,5-10^4$
Εξοδος δευτ. καθ.	10^5-10^6	10^4-10^5	$0,5-10^2$
Δευτεροβ. καθ. και διήθηση	$10^4 -10^5$	$10^3 -10^5$	

Οι απαιτήσεις για περαιτέρω μείωση κατά την αποστείρωση ποικίλλουν ανάλογα με την χρήση και κυμαίνονται συνήθως από 100 - 1000 κολοβακτηριοειδή/100 ml, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτείται μείωση σε κάτω από 10/100 ml.□

3. ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΕΠΙΛΟΓΗΣ□W0□

Ανακεφαλαιώνοντας παρατηρούμε ότι, προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθούν τα επεξεργασμένα απόβλητα, πρέπει να απομακρυνθούν ακόμη ανεπιθύμητα ή επικίνδυνα συστατικά τους, που εμπεριέχονται σε αναλογία το πολύ 100 PPM, αν δεν επιδιωχθεί μείωση των διαλυτών ανοργάνων ουσιών και περί τα 300 PPM αν πρέπει να μειωθούν αυτές.□

Ο βαθμός καθαρισμού εξαρτάται φυσικά από την επαναχρησιμοποίηση για την οποία προορίζεται το νερό.□

Η τεχνολογία παρέχει σήμερα μεθόδους που επιτρέπουν κάθε επιθυμητό βαθμό καθαρισμού. Βασικό κριτήριο των αποφάσεων είναι φυσικά το κόστος. Η πρώτη σύγκριση που πρέπει να γίνει είναι καθαρά τεχνικοοικονομική για κάθε περίπτωση εφαρμογής και αφορά το απαιτούμενο κόστος για "Προμήθεια + Μεταφορά + Διάθεση" σε σχέση "Επεξεργασία για επαναχρησιμοποίηση + Μεταφορά προς κατανάλωση".□

Η σύγκριση των δύο αυτών σκελών δεν περιορίζεται όμως μόνο σε καθαρά τεχνοκρατικά κριτήρια. Υπεισέρχονται άλλοι δύο παράγοντες κόστους.□

- α. Το πολιτικό κόστος που είναι άμεσο και που λαμβάνει υπ'όψη του τις αντιδράσεις της συχνότατα παραπληροφορημένης κοινής γνώμης.□
- β. Το περιβαλλοντικό κόστος, του οποίου η ποσοτική αποτίμηση είναι εξαιρετικά δύσκολη και που πληρώνεται, κατά κανόνα, πολύ αργότερα και πάντως όχι από εκείνους που λαμβάνουν τις πολιτικές αποφάσεις.□

Εξειδικεύοντας τα κριτήρια αυτά στην περίπτωση της Αθήνας, έχουμε να παρατηρήσουμε τα εξής :□

- α. Μέχρι σήμερα η τιμολογιακή πολιτική που ακολουθήθηκε στην ύδρευση ήταν λανθασμένη, αφού δεν άφηνε τα αναγκαία περιθώρια, όχι για την απόσβεση αλλά ούτε για την συντήρηση των τεράστιων έργων που έχουν κατασκευασθεί, με τα γνωστά αποτελέσματα της απώλειας πολλών δεκάδων εκατομμυρίων κυβικών μέτρων τον χρόνο.□

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι σε άλλες χώρες, όπου η χρέωση γίνεται με καθαρά ιδιωτικοοικονομικά κριτήρια, δηλαδή δεν συμμετέχει ο κρατικός προϋπολογισμός στις δαπάνες κατασκευής και λειτουργίας, η επιβάρυνση για ύδρευση-αποχέτευση ανά κ.μ. κυμαίνεται συχνά περί τις 500 δρχ.□

Συνεπώς το πρώτο σκέλος της εξίσωσης δεν εκφράζεται με την ανά κυβικό μέτρο χρέωση της καταναλώσεως.□

- β. Το περιβαλλοντικό κόστος έχει ουσιαστικά αγνοηθεί, με συνέπεια, μέχρι σήμερα, την σχεδόν πλήρη εξάντληση μιάς λίμνης, της Υλίκης, και την πλήρη εκτροπή του Μόρνου προς την Αθήνα και τελικά τον Ακροκέραμο, ενώ ετοιμάζεται αντίστοιχη μοίρα στον Εύηνο, με μη επαρκώς εκτιμημένες και αποτιμημένες συνέπειες για τα προστατευόμενα οικοσυστήματα της Δυτικής Στερεάς. Και ας μη ξεχνάμε, ότι, στα μελλοντικά σχέδια περιλαμβάνεται μία ακόμη εκτροπή του καταταλαιπωρημένου Αχελώου.□

Δεν υπάρχει λοιπόν αμφιβολία ότι ήδη έχει καθυστερήσει πολύ η μεθόδευση αναζήτησης λύσεων επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων του λεκανοπεδίου.□

Κατά την χωροθέτηση μάλιστα των θέσεων των μονάδων επεξεργασίας, το κριτήριο της δυνατότητας ανακυκλώσεως δεν ελήφθη καθόλου υπ'όψη.□

Καταλήξαμε έτσι σε μία, ουσιαστικά, κεντρική μονάδα επεξεργασίας, για το 90% των λυμάτων, για την οποία

θυσιάστηκε, με πολύ μεγάλο πρόσθετο κόστος, η Ψυττάλεια, με αποτέλεσμα, τόσο ο διαθέσιμος χώρος, όσο και η ανάγκη επιστροφής των επεξεργασμένων πίσω στην στεριά, να δημιουργούν την ανάγκη νέων μεγάλων επενδύσεων, για να γυρίσει το νερό πίσω για επαναχρησιμοποίηση.□

Υπάρχει και η μονάδα της Μεταμόρφωσης, που, ευτυχώς, είναι πολύ καλά χωροθετημένη, από άποψη δυνατοτήτων ανακυκλώσεως. Εκεί καθαρίζονται σήμερα γύρω στα 20.000 κ.μ./ημέρα, με δυνατότητα αύξησης στα 50.000 με την σημερινή δυναμικότητα των εγκαταστάσεων.□

Φυσικά πρέπει ακόμη να λυθούν και όλα τα προβλήματα δυσλειτουργίας της εγκατάστασης, που επισημαίνονται στην Τεχνικοοικονομική Μελέτη Συστημάτων Αποχέτευσης Ακαθάρτων Βόρειας και Ανατολικής Αττικής, που συνέταξε η ΥΔΡΟΕΞΥΓΕΙΑΝΤΙΚΗ για λογαριασμό ΥΠΕΧΩΔΕ/ΕΥΔΕ/ΑΕΛΜΠ το 1989.□

Πάντως η ποιότητα εκροής που αναφέρεται στην "Μελέτη Ενίσχυσης της Υδρευσης Αθηνών" του ΥΠΕΧΩΔΕ το 1990, είναι πολύ ικανοποιητική δεδομένου ότι δίνει□

6

BOD	20 PPM
SS	< 30 PPM
COD	50 - 60 PPM
COLIS	100 -300 /100 ml

4. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΕΩΣ

Σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί στην Μελέτη Υδρευσης Αθηνών, αλλά και σε σχετικές ημερίδες, από την συνολική κατανάλωση νερού στην περιοχή του δικτύου της ΕΥΔΑΠ, περίπου 100.000 κ.μ./ημέρα απορροφούνται από βιομηχανίες, ουσιαστικά σε ετήσια βάση.□

Για άρδευση εκτιμάται ότι διατίθενται, κατά τους θερινούς μήνες, γύρω στα 15.000 κ.μ./ημέρα για τους δημοτικούς κήπους και πάρκα και 50.000 κ.μ./ημέρα για ιδιωτικούς κήπους.□

Μία άλλη προσφερόμενη δυνατότητα είναι ο εμπλουτισμός του υπόγειου ορίζοντα για την αντιμετώπιση της έντονης αύξησης της αλατότητας του νερού των γεωτρήσεων που παρατηρείται σε αρκετά μεγάλο βάθος από την θάλασσα.□

Η πιο αξιόλογη επαναχρησιμοποίηση του νερού της αποχέτευσης θα ήταν, η πλήρης ανακύκλωσή του στο δίκτυο ύδρευσης.□

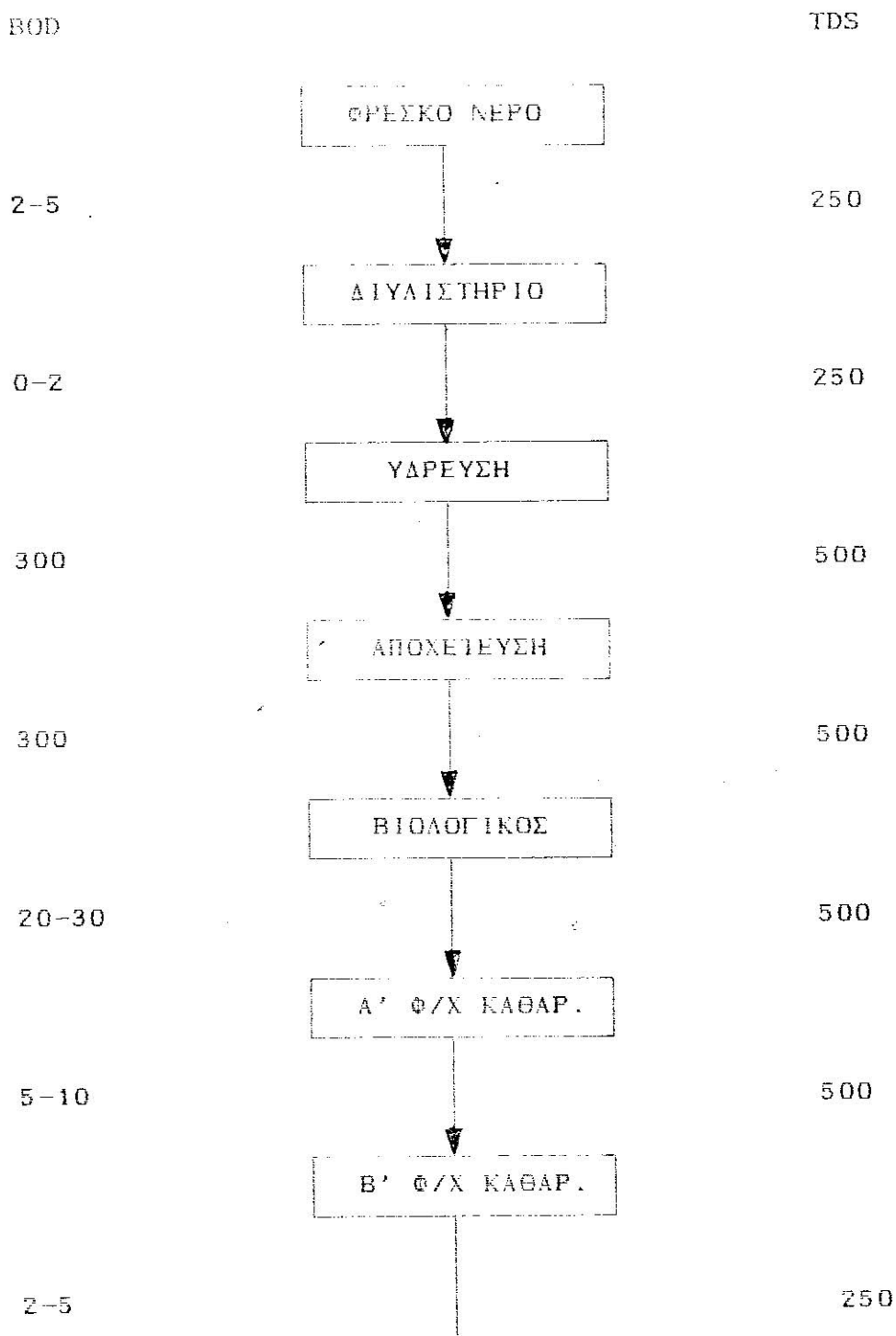
Οι απαιτήσεις ποιότητας διαφοροποιούνται, όπως είναι φυσικό, πάρα πολύ ανάλογα με την χρήση.□

Για ορισμένες αρδεύσεις θα ήταν δυνατόν να χρησιμοποιηθεί το νερό ακόμη και όπως προκύπτει από τον βιολογικό καθαρισμό, μετά από την χλωρίωση.□

Δεδομένου όμως ότι δεν είναι δυνατόν να ελεγχθούν οι καλλιέργειες που αρδεύονται, επιβάλλεται να προωθηθεί η επεξεργασία ώστε να είναι δυνατή η άρδευση ακόμη και χώρων αναψυχής, χωρίς περιορισμούς, πράγμα που επιβάλλει μία πιο προωθημένη επεξεργασία.□

ΣΧΗΜΑ 4 - 1

ΕΞΕΛΙΞΗ BOD ΚΑΙ TDS



Η ίδια λογική πρέπει να ισχύσει και για την χρήση του νερού στην βιομηχανία.□

Για την πλήρη ανακύκλωση στην ύδρευση, η επεξεργασία πρέπει να είναι ακόμη πιο προωθημένη, ώστε να προκύπτει μία ποιότητα νερού που να ανταποκρίνεται σταθερά στις προδιαγραφές της υγειονομικής διάταξης Γ3α/761.□

Ένα γενικό διάγραμμα του κυκλώματος ύδρευση - αποχέτευση - επεξεργασία για ανακύκλωση, με ένδειξη των μεταβολών BOD και διαλυμένων στερεών σε κάθε στάδιο, δίνει το Σχήμα 4-1.□

5. ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ□W0□

Η σημερινή τεχνολογία προσφέρει μεγάλη ποικιλία δόκιμων μεθόδων για την απομάκρυνση ανεπιθυμητών συστατικών από το νερό.□

α) Για την απομάκρυνση των στερεών

- Κροκίδωση - καθίζηση.□
- Διήθηση από άμμο διαφόρων κοκκομετρήσεων, ταχεία ή βραδεία.□
- Υπερδιήθηση από μεμβράνες.□

β) Για την αφαίρεση των οργανικών□

- Χημική οξειδωση, κυρίως με όζον για τις δύσκολα αποδομούμενες.□
- Αερισμός για τις πτητικές ενώσεις.□
- Κοκκώδης ενεργός άνθρακας σταθερής κλίνης.□
- Ενεργός άνθρακας σε σκόνη, ρευστής κλίνης.□
- Αντίστροφη όσμωση.□

γ) Για την αφαίρεση των ανοργάνων□

- Καθίζηση με αλούμινα.□
- Ιονανταλλαγή.□
- Αντίστροφη όσμωση.□
- Ηλεκτροδιάλυση.□
- Ενεργός άνθρακας.□

δ) Για καταστροφή παθογόνων με οξειδωση□

- Χλώριο.□
- Υποχλωριώδες.□
- Διοξειδίο του χλωρίου.□
- Οζον.□
- Οζον και υπεροξειδίο του υδρογόνου.□
- Ακτινοβολία με υπεριώδεις ακτίνες.□

Ακολουθεί μία συμπυκνωμένη αναφορά στα κυριότερα χαρακτηριστικά κάθε μεθόδου επεξεργασίας.□

5.1. ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ□

5.1.1. Κροκίδωση□

Έχει στόχο κυρίως την αφαίρεση των σωματιδίων σε κολλοειδή διάσπορα. Γίνεται με προσθήκη τριχλωριούχου σιδήρου, θειϊκού αργιλίου, ασβέστου, πολυηλεκτρολιτών.□

Το κόστος επεξεργασίας, περιλαμβανομένων των αποσβέσεων, κυμαίνεται από 1 - 5 δρχ./κ.μ.□

5.1.2. Διήθηση□

Γίνεται από άμμο ή γή διατόμων, σε κλειστά ή ανοιχτά δοχεία.□

Εκτός από την αφαίρεση των αιωρούμενων στερεών, μπορεί να λειτουργήσει και σαν πρόσθετο βιολογικό φίλτρο. Γίνεται αποτελεσματικότερη όταν συνδυάζεται και με κροκίδωση.□

Η διήθηση από άμμο διακρίνεται σε ταχεία και βραδεία.□

Η βραδεία γίνεται σε ανοιχτά φίλτρα με ταχύτητες 1-10 m/d με κοκκομετρία άμμου μικρότερη του 1 mm και συγκρατεί ουσιαστικά το σύνολο των βακτηριδίων και ιών. Το κόστος της εκτιμάται σε 10 - 15 δρχ./κ.μ.□

Η ταχεία διήθηση σε κλειστά δοχεία υπό πίεση έχει περίπου το μισό συνολικό κόστος από την βραδεία διήθηση.□

Η διήθηση μέσω γής διατόμων έχει ένα συνολικό κόστος περίπου 30 δρχ./κ.μ.□

5.1.3. Υπερδιήθηση□

Γίνεται μέσω μεμβρανών με διάμετρο πόρων που ποικίλλει κατά περίπτωση και με δυνατότητα πλήρους κατακρατήσεως των βακτηριδίων.□

Από την διεργασία ανακτάται περίπου το 90 % του νερού, ενώ το 10 % αποβάλλεται με τα συγκρατούμενα στερεά.□

Το νερό που οδηγείται στην υπερδιήθηση πρέπει να έχει υποβληθεί σε προηγούμενη επεξεργασία σε φίλτρα άμμου.□

Το συνολικό κόστος υπερδιήθησης είναι της τάξης των 50 - 100 δρχ./κ.μ. νερού.□

5.2. ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ□

Σημαντικό μέρος αφαιρείται στα στάδια προκατεργασίας (κροκίδωση - διήθηση).□

Πιο προωθημένη αφαίρεση επιτυγχάνεται με τις ακόλουθες επεξεργασίες, συνήθως σε συνδυασμό μεταξύ τους.□

5.2.1. Οξειδωση με όζον□

Το όζον παράγεται είτε από ατμοσφαιρικό αέρα, είτε από οξυγόνο, που είναι οικονομικότερο για

μεγάλες μονάδες.□

Η προσβολή γίνεται σε διάστημα 3-5 λεπτών περίπου και έχει σαν αποτέλεσμα την διάσπαση των μεγαλομοριακών ενώσεων και την οξειδωση οργανικών σε ποσοστό που εξαρτάται από την προστιθέμενη ποσότητα.□

Το συνολικό κόστος επεξεργασίας με τις αποσβέσεις κυμαίνεται από 5 - 10 δρχ./κ.μ.□

5.2.2. Αν το νερό έχει πτητικές ενώσεις, μπορεί να αφαιρεθούν με αερισμό σε στήλες με πληρωτικό ύλικό.□

Η αποτελεσματικότητα είναι συνάρτηση του ύψους της στήλης, της τάσης ατμού των ενώσεων και της διοχετευομένης ποσότητας αέρα.□

Το συνολικό κόστος επεξεργασίας εξαρτάται από τις οργανικές ενώσεις που πρέπει να απομακρυνθούν και εκτιμάται σε 5 - 10 δρχ./κ.μ.□

5.2.3. Προσρόφηση σε κοκκώδη ενεργό άνθρακα□

Είναι μία πολύ αποτελεσματική μέθοδος συγκράτησης οργανικών ενώσεων, που συνδυάζεται με βιολογική αποικοδόμησή τους από καλλιέργειες που αναπτύσσονται στην επιφάνεια των κόκκων.□

Ο ενεργός άνθρακας μπορεί να αναγεννηθεί με μία απώλεια γύρω στο 5 %. Δεδομένα ότι η τιμή του είναι της τάξης των 400 δρχ./kg, η συχνότητα αναγέννησης αποτελεί καθοριστικό παράγοντα του κόστους επεξεργασίας, που είναι της τάξης των 5 - 15 δρχ./κ.μ.□

5.2.4. Προσρόφηση σε ρευστή κλίνη ενεργού άνθρακα σε σκόνη.
Ενεργεί με τους ίδιους μηχανισμούς όπως ο κοκκώδης. Μπορεί να χρησιμοποιείται ανάλογα με τις ανάγκες, προστιθέμενος στα στάδια κροκίδωσης, καθίζησης και διήθησης, ή σε κλειστά δοχεία-φίλτρα από όπου διοχετεύεται το νερό. Μετά την εξάντληση απορρίπτεται.□

Το κόστος επεξεργασίας παρουσιάζει πολύ μεγάλες διακυμάνσεις.□

5.2.5. Αντίστροφη όσμωση□

Πρόκειται ουσιαστικά για μία διήθηση από τόσο λεπτούς πόρους, ώστε να συγκρατούνται όλες οι ουσίες που είναι διαλυμένες στο νερό.□

Η απώλεια σε νερό αλλά και το κόστος επεξεργασίας κυμαίνονται ανάλογα με την ποιότητα του ακατέργαστου και τις προδιαγραφές του κατεργασμένου νερού.□

5.3. ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΝΟΡΓΑΝΩΝ□

Η αφαίρεση των διαλυτών ανοργάνων ενώσεων μπορεί να γίνει μόνο με φυσικοχημικές μεθόδους.□

5.3.1. Ιονανταλλαγή□

Είναι μία διεργασία που εφαρμόζεται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις και μικρές εγκαταστάσεις.□

5.3.2. Αντίστροφη όσμωση□

Είναι η πιό διαδεδομένη μέθοδος, που επιτρέπει την αφαίρεση σημαντικού ποσοστού των ανοργάνων και το σύνολο σχεδόν των οργανικών ενώσεων.□

Έχει το μειονέκτημα του υψηλού κόστους ενώ προϋποθέτει και πολύ καλή προκατεργασία για την προστασία των μεμβρανών.□

Συνεπάγεται απόρριψη του 20 - 50 % του νερού, υπό μορφή συμπυκνώματος, γεγονός που είναι δυνατόν να δημιουργήσει προβλήματα ρύπανσης.□

Το κόστος των εγκαταστάσεων κυμαίνεται από 50 - 100 χιλ. δρχ./κ.μ. την ημέρα, ενώ το κόστος λειτουργίας από 25 - 100 δρχ./κ.μ., ανάλογα με την αρχική συγκέντρωση των στερεών.

5.3.3. Ηλεκτροδιάλυση

Η ηλεκτροδιάλυση έχει αντίθετη αρχή λειτουργίας από την αντίστροφο όσμωση. Απομακρύνει τα ιόντα μόνον, με την εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου. Όλα τα μη φορτισμένα συστατικά παραμένουν στο επεξεργασμένο νερό.□

Εφαρμόζεται κυρίως σε υφάλμυρα νερά και το κόστος της είναι παραπλήσιο με της αντίστροφης όσμωσης.

5.4. ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ□

Η καταστροφή των παθογόνων γίνεται με οξειδωτικά μέσα που προσβάλλουν τις οργανικές ουσίες και γενικά τις ενώσεις που έχουν αναγωγικό χαρακτήρα.□

Από τις χρησιμοποιούμενες μεθόδους η οζόνωση είναι εκείνη που αναπτύσσεται πολύ τα τελευταία χρόνια, αρχίζοντας να εκτοπίζει την χλωρίωση, που θεωρείται ύποπτη ως επικίνδυνη, όταν υπάρχει φόβος δημιουργίας καρκινογόνων χλωροπαραγώγων.□

Το κόστος της οζονώσεως εξαρτάται άμεσα από την προστιθεμένη ποσότητα όζοντος, που πάλι κυμαίνεται ανάλογα με την ποσότητα των ενώσεων που πρέπει να οξειδωθούν. Σαν ενδεικτική τιμή μπορεί να θεωρηθεί για την κατασκευή 4.000 δρχ./ημερήσιο κ.μ. και για την λειτουργία 2 - 5 δρχ./κ.μ.□

Ο κυριώτερος συντελεστής κόστους είναι η ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή O_3 από O_2

Η χρήση υπεριωδών ακτίνων έχει περιορισμένη εφαρμογή για μικρές, προς το παρόν, παροχές.□

Το μειονέκτημα τόσο της οζονώσεως όσο και των υπεριωδών είναι ότι δεν έχουν υπολειμματική δράση και δεν προστατεύουν το νερό από μολύνσεις στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής.

6. ΣΥΝΘΕΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

Η σύνθεση μιάς μονάδας εξαρτάται τόσο από την ποιότητα των αποβλήτων όσο και από την χρήση που θα έχει επιλεγεί. Η εγκατάσταση αποτελείται από συνδυασμό των τεχνολογιών που αναφέρθηκαν, η τελική επιλογή των οποίων γίνεται μετά από σειρά αναλύσεων και με την βοήθεια πιλοτικής μονάδας, που θα καθορίσει τόσο το είδος των επί μέρους διεργασιών όσο και την έκτασή τους, ώστε να προσαρμοσθούν στα συγκεκριμένα απόβλητα.□

Άλλη εγκατάσταση θα είναι κατάλληλη για τα απόβλητα του σταθμού Μεταμόρφωσης και άλλη για την Ψυττάλεια, ανάλογα με την ποσότητα και ποιότητα των ανεπιθύμητων οργανικών και ανοργάνων συστατικών.□

Το γενικό διάγραμμα λειτουργίας θα μπορούσε να έχει την μορφή του σχήματος 6-1, που δείχνει πώς θα μπορούσε να είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης νερού με ανακύκλωση.□

Αν υπάρχουν καλλιέργειες με μειωμένες απαιτήσεις καθαριότητας του νερού, μπορούν να αρδευθούν με το νερό απ'ευθείας μετά τον βιολογικό καθαρισμό και απολύμανση. Κρίνεται πάντως σκόπιμο ο βιολογικός να περιλαμβάνει τουλάχιστον νιτροποίηση και ενδεχομένως και απονιτροποίηση, ώστε να προστατεύεται ο υπόγειος ορίζοντας από τα νιτρικά.□

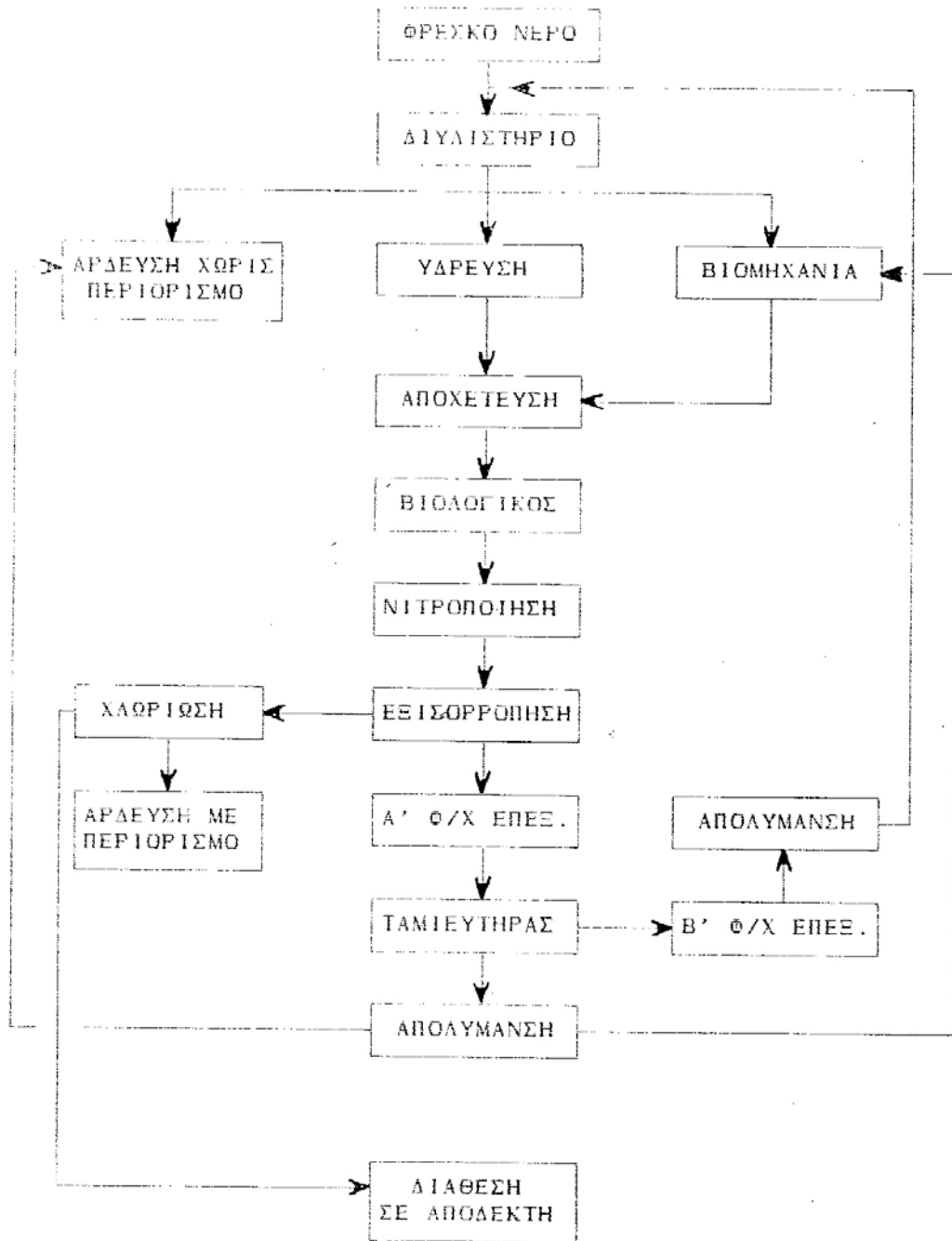
Για τον πρώτο φυσικοχημικό καθαρισμό θα μπορούσε να ισχύσει ένα σχήμα ανάλογο με το εφαρμοζόμενο για την επεξεργασία του νερού του Σηκουάνα για την ύδρευση του Παρισιού (Σχήμα 6-2), που μειώνει τον ολικό διαλυτό οργανικό άνθρακα κατά 70 % περίπου.

Η επεξεργασία αυτή αναμένεται να δώσει νερό που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς κανένα πρόβλημα για την βιομηχανία και για απεριόριστη άρδευση, ενώ είναι ενδεχόμενο να παρουσιάζει αποκλίσεις σε ορισμένα συστατικά, όσον αφορά την χρήση του για ύδρευση.□

Ένα τέτοιο συγκρότημα, δυναμικότητας 50.000 κ.μ./ημέρα, προοριζόμενο για τον βιολογικό καθαρισμό της Μεταμόρφωσης εκτιμάται ότι θα είχε το ακόλουθο κόστος: (Πίνακας 6.1)

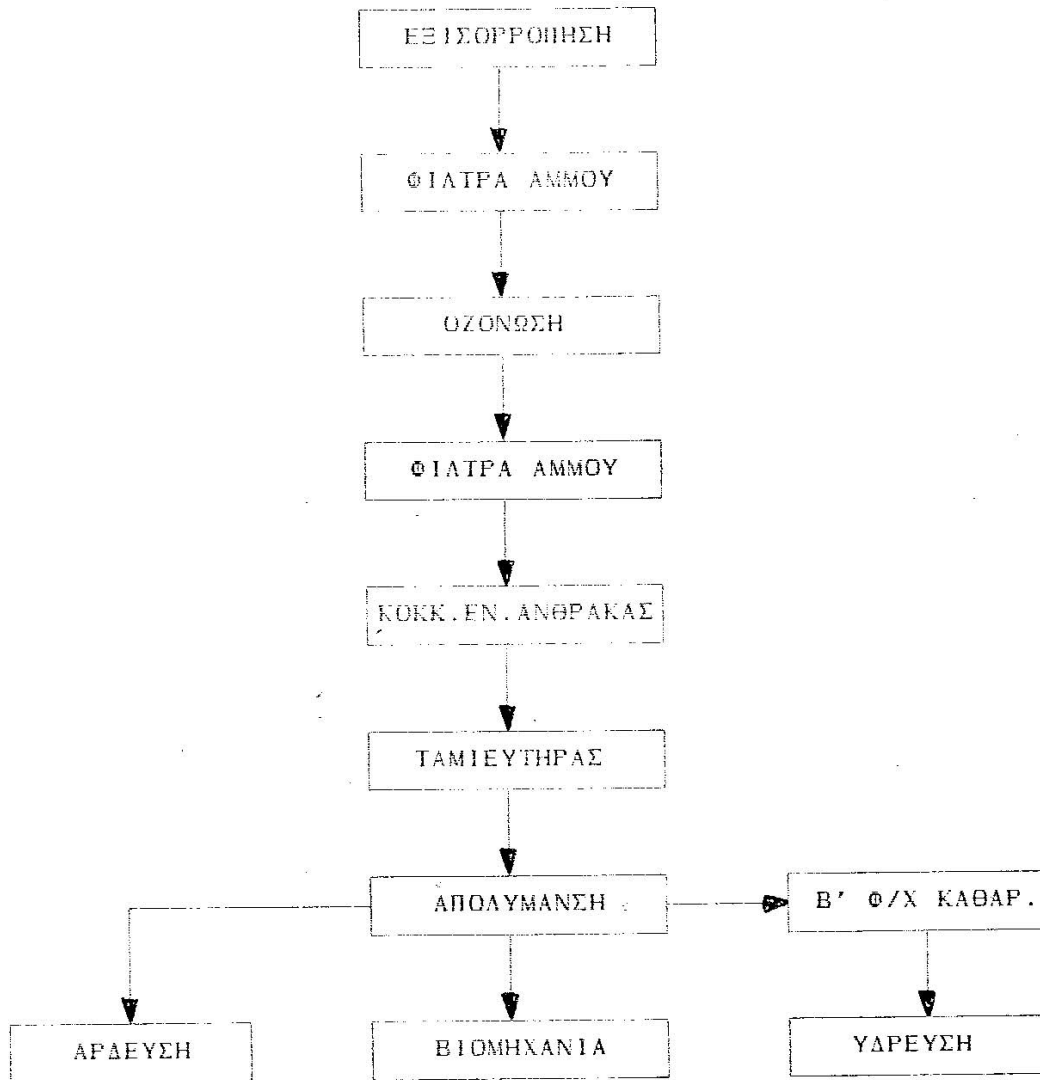
ΣΧΗΜΑ 6-1

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΕΩΣ ΝΕΡΟΥ



ΣΧΗΜΑ 6-2

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Α' Φ/Χ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ



Π Ι Ν Α Κ Α Σ 6 - 1
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ

	Επένδυση Δισ. Δρχ.	Κόστος Λειτουργίας Δρχ./κ.μ.
Νιτροποίηση	0.5	5
A' Φίλτρα άμμου	0.2	1
A' Οζόνωση	0.1	5
B' Φίλτρα άμμου	0.3	1
B' Οζόνωση	0.2	5
Κοκκώδης ενεργός άνθρακας	0.4	8
Ταμιευτήρες κλπ. έργα	0.3	-
	-----	-----□
	2.0	25□

Το συνολικό κόστος ανά κυβ.μέτρο, περιλαμβανομένων των αποσβέσεων και της εξυπηρέτησης κεφαλαίου, θα εξαρτηθούν από την ετήσια κατεργασία και τους όρους χρηματοδότησης. Με πλήρη αποσχόληση και παραγωγή 15 εκατομμ. κ.μ. τον χρόνο, εκτιμάται ότι θα είναι της τάξεως των 40 - 50 δρχ./κ.μ. που είναι απόλυτα ανταγωνιστικό του κόστους παροχής από το δίκτυο ύδρευσης.□

Για την ολοκλήρωση του έργου απαιτείται και η κατασκευή ενός δικτύου διανομής που να καλύπτει τα σημαντικότερα βιομηχανικά κέντρα. Το κόστος ενός τέτοιου δικτύου μπορεί να υπολογισθεί μονό με βάση αναλυτικά στοιχεία καταναλώσεων ανά βιομηχανία, και την δυνατότητα υποκατάστασης του νερού ύδρευσης με βιομηχανικό νερό. Πάντως εκτιμάται ότι θα είναι της τάξης μερικών δισεκατομμυρίων δραχμών.□

Ο δεύτερος φυσικοχημικός καθαρισμός που θα εξασφαλίζει σχεδόν πλήρη συγκράτηση των οργανικών ενώσεων και μείωση ανόργανων ώστε να εξασφαλισθεί η μείωση των διαλυμένων στερεών στα αρχικά επίπεδα του φρέσκου νερού και των βαρέων μετάλλων κάτω από τα όρια των προδιαγραφών του πόσιμου νερού, μπορεί να γίνει με αντίστροφο όσμωση.□

Ενα τέτοιο συγκρότημα, δυναμικότητας τροφοδοσίας 50.000 κ.μ./ημερα, με παραγωγή 40.000 κ.μ. πλήρως καθαρισμένου νερού, εκτιμάται ότι θα έχει ένα κόστος κατασκευής περί τα 2,0 δις.□

Το κόστος λειτουργίας, με βάση πρόσφατες δημοσιεύσεις, αναμένεται ότι θα κυμαίνεται γύρω στις 20 δρχ./κ.μ., αν δε συμπεριληφθεί και η απόσβεση και η εξυπηρέτηση του κεφαλαίου, φθάνει τις 60 - 80 δρχ.□

Στην περίπτωση της πλήρους ανακύκλωσης, δεν χρειάζεται πιά η κατασκευή του δεύτερου δικτύου διανομής. Θα χρειασθεί μόνον ο αγωγός επιστροφής του κατεργασμένου νερού πίσω στα διύλιστήρια. Το συμπύκνωμα που απορρίπτεται, θα διοχετευθεί

είτε προς Ψυττάλεια, αν δεν προβλέπεται ανακύκλωση εκεί, είτε στην θάλασσα, με τρόπο που εξαρτάται από τους ρυπαντές που θα περιέχει.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ □W0 □

Από όσα εξετέθησαν προκύπτει ότι η ιδέα της επαναχρησιμοποίησης του νερού της Αθήνας, κάθε άλλο παρά εξωπραγματική πρέπει να θεωρηθεί. □

Η επένδυση για δυναμικότητα 50.000 κ.μ./ημέρα, για την μονάδα της Μεταμόρφωσης θα φτάσει τα 2 δισ. δρχ. για προωθημένο καθαρισμό για ανακύκλωση προς βιομηχανία και αρδεύσεις, ενώ θα είναι περίπου 4 δισ. δρχ. για καθαρισμό σε ποιότητα πόσιμου νερού. □

Αν συνυπολογισθεί το κόστος του νέου δικτύου διανομής του βιομηχανικού-αρδευτικού νερού, τότε ενδέχεται ο πλήρης καθαρισμός να απαιτεί μικρότερη επένδυση από τον μερικό. □

Το κόστος του καθαρισμού χωρίς την εξυπηρέτηση κεφαλαίου και αποσβέσεις, στην πρώτη περίπτωση εκτιμάται σε 25 δρχ./κ.μ. ενώ για πλήρη ανακύκλωση θα φθάνει τις 50 δρχ./κ.μ. περίπου. □

Οι αντίστοιχες τιμές με απόσβεση και εξυπηρέτηση κεφαλαίου αναμένεται να είναι γύρω στις 40 - 50 δρχ. και 100 - 130 δρχ. αντίστοιχα, που δεν είναι υπερβολικές. □

Όσα προαναφέρθηκαν δεν διεκδικούν τον τίτλο συγκεκριμένων προτάσεων και, πολύ λιγότερο, τεχνικοοικονομικής διερεύνησης. Ας θεωρηθούν λοιπόν σαν ασκήσεις επί χάρτου για πρόκληση ερεθισμών, με την ελπίδα ότι θα προσεχθούν οι προτάσεις που ακολουθούν. □

Υπάρχουν ενδεχομένως νέες τεχνολογίες που δεν αναφέρθηκαν. Ίσως τα αναφερόμενα στοιχεία κόστους να παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις. Σε κάθε περίπτωση πάντως, τα συμπεράσματα που επιβάλλουν αλλαγή αντιμετώπισεως, δεν αναμένεται να ανατραπούν. □

8. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

8.1. ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ □

Να αρχίσει η εκτέλεση τακτικών αναλύσεων των αποβλήτων ως έχουν σε διάφορα σημεία των δικτύων και μετά τον καθαρισμό στην Μεταμόρφωση. □

Ετσι θα προσδιορισθούν τα συστατικά που πρέπει να αφαιρεθούν πριν την ανακύκλωση. Θα εντοπισθούν όμως, παράλληλα, πηγές ρυπαντών που προσauxάνουν το κόστος καθαρισμού, που θα μπορούν να απομονωθούν. □

8.2. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ "ΑΚΡΙΒΩΝ" ΡΥΠΩΝ □

Να εφαρμοσθούν με αυστηρότητα οι Αποφάσεις που ορίζουν την αποδεκτή σύνθεση των λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων. □

8.3. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΚΑΙ ΗΜΙΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ□

Να γίνουν εργαστηριακές έρευνες και να ακολουθήσει το στήσιμο πιλοτικών μονάδων για την αναζήτηση της πιο ενδεδειγμένης σύνθεσης ενός συγκροτήματος καθαρισμού για ανακύκλωση, τόσο στην Μεταμόρφωση, όσο και στον Ακροκέραμο.□

8.4. ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ□

Να επανεξετασθεί το πρόγραμμα που προβλέπει τον γιγαντισμό της Ψυττάλιας.□

Η ανακύκλωση, που πιθανότατα θα καταστεί αναπόφευκτη, θα είναι πολύ απλούστερη αν γίνουν άλλες δύο μονάδες (π.χ. στο Θριάσιο και στην περιοχή του αεροδρομίου Ελληνικού, που ελευθερώνεται από τις βάσεις).□

Είναι ώρα να παραμερισθούν μικροπολιτικές σκοπιμότητες και οι αποφάσεις για έργα που θα επηρεάσουν την διαχείριση του νερού στην Πρωτεύουσα επί πολλές δεκαετίες, να λαμβάνονται με βάση τα περιβαλλοντικά, κοινωνικά και τεχνικοοικονομικά δεδομένα και μακροχρόνιες προοπτικές.□

Αθήνα 18 Νοεμβρίου 1992□

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. Ν. Κατσίρης, ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΑΘΗΝΩΝ, □
Ιανουάριος 1991 □
 4. Municipal wastewater disinfection, □
EPA/625/1-86/021 □
 5. Technologies for upgrading existing or designing new
drinking water facilities □
EPA/625/4-89/023 □
 6. R.N. Rickles, Water Reuse, □
American Institute of Chemical Engineers □
Symposium series Nr. 78, Vol. 63 (1967). p. 74 □
 7. J.I. Stevens, Water Reuse □
American Institute of Chemical Engineers □

Symposium series Nr. 78, Vol. 63 (1967). p. 250 □
 8. ΥΠΕΧΩΔΕ / "ΥΔΡΟΕΞΥΓΕΙΑΝΤΙΚΗ" □
Συστήματα αποχέτευσης ακαθάρτων Β. και Α. Αττικής, 1989 □
 9. ΥΠΕΧΩΔΕ / Συμπράττοντα Γραφεία Μελετών, □
Μελέτη ενίσχυσης της ύδρευσης Αθηνών, 1990 □
 10. R.A. Hyde,
J. IWEM, 3, April 1989, p. 174 □
 11. M.A., Thompson, M.P. Robinson □
Am. Water Works Membrane Conference, March 1991 □
 12. B.T. Croll □
J. IWEM, 6, April 1992, p. 121 □