



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



Διαχείριση και Προσομοίωση Υδροδοτικών Συστημάτων

Ενότητα 2: Προβλήματα Υδροδοτικών Συστημάτων

Βασίλης Κανακούδης
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Σκοποί ενότητας

- Κατανόηση των προβλημάτων των δικτύων ύδρευσης
- Σύνδεση των προβλημάτων με τα συμπτώματα που εμφανίζονται
- Σύνδεση των προβλημάτων με τις αιτίες τους
- Κατανόηση των μεθόδων αντιμετώπισης των προβλημάτων και σύνδεσή τους
- Παρουσίαση εγχειριδίου σύνδεσης των προβλημάτων με τις μεθόδους αντιμετώπισης



Περιεχόμενα ενότητας

Προβλήματα υδροδοτικών συστημάτων.

Σύνδεση των προβλημάτων με αιτίες και συμπτώματα.

Τρόποι αντιμετώπισης των προβλημάτων των δικτύων ύδρευσης.

Εγχειρίδιο σύνδεσης προβλημάτων με τρόπους αντιμετώπισής τους.



Διαχείριση Δικτύων Ύδρευσης αρχικά

- Αρχικά η διαχείριση της λειτουργίας των δικτύων ύδρευσης στόχευε στην επίτευξη της πλήρους κάλυψης των απαιτήσεων κατανάλωσης με το μικρότερο δυνατό λειτουργικό κόστος.
- Τα έκτακτα περιστατικά και οι επιπτώσεις τους δημιούργησαν την ανάγκη της περαιτέρω μελέτης αυτών των προβλημάτων.



Προβλήματα Δικτύων Ύδρευσης

- Τα κυριότερα προβλήματα των δικτύων διανομής νερού:
 - απώλειες νερού,
 - η μείωση της φυσικής τους ακεραιότητας,
 - η μείωση της παροχτευτικής τους ικανότητας
 - η υποβάθμιση της ποιότητας νερού κατά τη μεταφορά του.



Προβλήματα Δικτύων Ύδρευσης

Απώλειες Νερού

- Οι απώλειες νερού περιλαμβάνουν:
 - ποσότητες νερού που χάνονται λόγω διαρροών, θραύσεων
 - την μη εξουσιοδοτημένη χρήση νερού
- Δεν περιλαμβάνουν την εξουσιοδοτημένη χρήση του νερού που δεν μετράται.
- Διεθνώς αποδεκτά τα όρια του 5-10%, ενώ σε πολλές περιοχές οι απώλειες φτάνουν ή και ξεπερνούν το 40-50%.



Δείκτες Επιπέδου Λειτουργίας Δικτύου

I

- Μη τιμολογούμενο νερό (Unaccounted-for-Water – UFW):
 - Η διαφορά της μετρούμενης κατανάλωσης από την παροχή εισόδου του νερού στο δίκτυο.
 - Μεγάλες τιμές του δείκτη δείχνουν ότι απαιτείται παρέμβαση στο δίκτυο.
- Ειδική κατανάλωση νερού:
 - το πηλίκο της παροχής εισόδου στη διάρκεια μιας μέρας και του εξυπηρετούμενου πληθυσμού.
 - Τυπικές τιμές του δείκτη διαφέρουν από χώρα σε χώρα και από περιοχή σε περιοχή.
 - Ετήσια κατανάλωση κατ'άτομο: ΗΠΑ 215m³, Γαλλία 106m³, Αίγυπτος 77m³, Ινδία 52m³ & Κίνα 32m³.



Δείκτες Επιπέδου Λειτουργίας Δικτύου

II

- Ειδική οικιακή κατανάλωση:
 - ο λόγος της μετρούμενης οικιακής κατανάλωσης προς τους οικιακούς καταναλωτές
 - όσο μικρότερη είναι η τιμή του δείκτη τόσο αυξημένη είναι η πιθανότητα της υπομέτρησης
- Εμπορο-βιομηχανική ειδική κατανάλωση:
 - Ο λόγος της εισερχόμενης παροχής μη συμπεριλαμβανομένης της εμπορο-βιομηχανικής κατανάλωσης προς τον ενεργό εκυπηρευόμενο πληθυσμό
 - Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του δείκτη τόσο αυξημένη είναι η πιθανότητα ύπαρξης διαρροής στο δίκτυο.



Δείκτες Επιπέδου Λειτουργίας Δικτύου

III

- Δείκτης νυχτερινής χρήσης:
 - χρησιμοποιείται προκειμένου να ελεγχθεί η ύπαρξη διαρροών στο δίκτυο & για τον χωρικό προσδιορισμό των τμημάτων του δικτύου στα οποία συμβαίνει η διαρροή.
 - Ο λόγος της ελάχιστης ωριαίας κατανάλωσης νερού (κατά τη διάρκεια της νύχτας) προς τη μέση ωριαία κατανάλωση.
 - Τιμή του δείκτη που υπερβαίνει το 30% δηλώνει την πιθανότητα ύπαρξης σημαντικών διαρροών στο δίκτυο.



Δείκτες Επιπέδου Λειτουργίας Δικτύου

IV

- «Υδατικό αποτύπωμα» (water footprint):
 - Η ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών.
 - Δείκτης χρήσης γλυκού νερού και περιλαμβάνει όχι μόνο την άμεση χρήση νερού ενός καταναλωτή ή παραγωγού αλλά και την έμμεση (Hoekstra et al., 2012), π.χ. το υδατικό αποτύπωμα ενός προϊόντος είναι ο όγκος γλυκού νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του προϊόντος σε όλη την εφοδιαστική αλυσίδα.
- Εικονικό Νερό (Virtual Water):
 - το νερό που καταναλώνεται αλλά και ενσωματώνεται κατά τη διαδικασία της παραγωγής ενός προϊόντος (Alan 1998).



Φυσική Ακεραιότητα Δικτύου

- Αφορά την ικανότητα των αγωγών να ανταπεξέρχονται σε συνθήκες ανάπτυξης εσωτερικών πιέσεων και εξωτερικών φορτίσεων (Κανακούδης, 1998).
- Δείκτης μείωσης της φυσικής ακεραιότητας του δικτύου: αριθμός και τύπος θραύσεων.
- Ο ρυθμός εμφάνισης βλαβών (break rate value) αποτιμά την φυσική ακεραιότητα του δικτύου συνολικά ή τοπικά και εκφράζεται αν αριθμός βλαβών ανά μήκος αγωγών και χρονικό διάστημα στο οποίο οι βλάβες εμφανίστηκαν.
- Διάφοροι τύποι θραύσεων των αγωγών: περιμετρική, αξονική ή διαμήκης, σημειακή, σκασίματα στις ενώσεις, ανομοιόμορφη τυχαία και κωνοειδής θραύση
- Ρόλο παίζουν οι εξωτερικές συνθήκες, π.χ. καιρικές συνθήκες, το είδος του εδάφους, το βάθος τοποθέτησης του αγωγού και η απόσταση των αγωγών από παρακείμενες κατασκευές ή δίκτυα (Κανακούδης, 1998).



Παροχετευτική Ικανότητα Δικτύου I

- Η μειωμένη παροχετευτική ικανότητα συνεπάγεται την αδυναμία της λειτουργίας του δικτύου να εκπληρώσει τον στόχο του: την κάλυψη των απαιτήσεων κατανάλωσης σε ποσότητα και σε πίεση του παροχετευόμενου νερού (Κανακούδης, 1998).
- Οφείλεται:
 - στην υποδιαστασιολόγηση των αγωγών και
 - στη δημιουργία θρόμβων ή κρούστας στα τοιχώματά τους.



Παροχετευτική Ικανότητα Δικτύου II

- Ενδείξεις ύπαρξης τέτοιων προβλημάτων:
 - μείωση των πιέσεων στην περίοδο αιχμής της ζήτησης
 - δυσκολία επαναπλήρωσης των δεξαμενών αποθήκευσης νερού του δικτύου κατά την ίδια περίοδο ή σε περίπτωση πυρόσβεσης (Κανακούδης 1998, Kanakoudis 2004).
- Παράγοντες επιδείνωσης του προβλήματος:
 - Η ευαισθησία του υλικού κατασκευής των αγωγών σε διάβρωση
 - ο βαθμός της διαβρωτικής ικανότητας του νερού.
- Η μεταβολή των δύο αυτών παραγόντων μπορεί να προσδιορίσει τον συντελεστή τραχύτητας των αγωγών που ουσιαστικά αποτελεί μέτρο της μεταβολής με τον χρόνο των εσωτερικών χαρακτηριστικών του αγωγού, λόγω οξείδωσης-διάβρωσης.



Ποιότητα Νερού I

- Η κατάσταση του δικτύου ύδρευσης επηρεάζει και επηρεάζεται από την ποιότητα του νερού.
- Τα χαρακτηριστικά του νερού ταξινομούνται σε (Τσακίρης και Αλεξιάκης, 2010):
 - Οργανοληπτικές παραμέτρους: χρώμα, θολερότητα, γεύση, οσμή
 - Χημικές παραμέτρους: θερμοκρασία, ενεργός οξύτητα (pH), ηλεκτρική αγωγιμότητα, αλκαλικότητα, σκληρότητα, στερεά, ανόργανες παράμετροι (άζωτο, αργίλιο, αρσενικό κλπ.)
 - Οργανικές παραμέτρους: (διοξίνες, υδρογονάνθρακες, χλωροφαινόλες, φαινόλες, κλπ.)
 - Μικροβιολογικές παραμέτρους: ιοί, βακτήρια, μύκητες, φύκη, πρωτόζωα.
- Πολλά από τα χαρακτηριστικά του νερού οφείλονται στην πηγή προέλευσής του αλλά μπορεί να προέρχονται από την διέλευση του νερού στο δίκτυο (π.χ. σίδηρος από τα τοιχώματα) ή από την επεξεργασία του νερού λόγω προσθήκης χημικών (π.χ. υπολειμματικό χλώριο, τριαλογονομεθάνια κλπ.).



Ποιότητα Νερού II

- Η ποιότητα του νερού επιδεινώνεται με τον χρόνο παροχής λόγω συσσωρευμένων ιζημάτων εξαιτίας χαμηλής παροχής.
- Αναπτύσσονται προϊόντα διάβρωσης και βιομεμβράνες (βιοφιλμ) που αναπτύσσονται από την παρουσία μικροοργανισμών και βιοδιασπώμενων οργανικών ουσιών.
- Προβλήματα ποιότητας νερού παρουσιάζονται και στις περιπτώσεις διακόπτομενης παροχής νερού στα δίκτυα ύδρευσης.



Προβλήματα δικτύων & συμπτώματα I

WL	Απώλειες Νερού
WL1	Συχνή εμφάνιση οπών λόγω διάβρωσης
WL2	Συχνή εμφάνιση διαρροών στις ενώσεις και στις συνδέσεις των αγωγών
WL3	Υψηλό ποσοστό ελάχιστης νυχτερινής κατανάλωσης
WL4	Υψηλή τιμή ειδικής κατανάλωσης μετά την αφαίρεση της βιομηχανικής χρήσης
WL5	Υψηλή τιμή του δείκτη «μη τιμολογούμενο νερό»
WL6	Χαμηλή τιμή της μετρούμενης ειδικής οικιακής κατανάλωσης
WL7	Μη ικανοποιητικοί δείκτες απωλειών νερού
WL8	Μη ικανοποιητικά αποτελέσματα ανίχνευσης διαρροών
WL9	Μη ικανοποιητικά αποτελέσματα ελέγχου μετρητών
WL10	Μη ικανοποιητικά αποτελέσματα ελέγχου υδατικού ισοζυγίου του δικτύου
WL11	Ανάλυση ή άλλη ένδειξη επιφανειακού νερού
SF	Φυσική Ακεραιότητα του Δικτύου
SF1	Θραύσεις στις διμεταλλικές ενώσεις
SF2	Θραύσεις κάτω από το επίπεδο στάθμης του υπόγειου υδροφορέα
SF3	Θραύσεις σε αργιλώδες έδαφος έρδασης – πλήρωσης
SF4	Θραύσεις σε έδαφος με υψηλά επίπεδα αλατότητας
SF5	Συχνές περιφερειακές – περιμετρικές θραύσεις
SF6	Συχνά τυχαία σπασίματα αγωγών
SF7	Συχνές διαμήκεις – αξονικές θραύσεις
SF8	Αυξημένο ποσοστό θραύσεων το χειμώνα
SF9	Συνεχώς αυξανόμενος ρυθμός θραύσεων
SF10	Αιχμές εσωτερικών πιέσεων
SF11	Ανάβληση ή άλλη ένδειξη επιφανειακού νερού

Πηγή: Κανακούδης, 1998



Προβλήματα δικτύων & συμπτώματα

II

CCF	Παροχτευτική Ικανότητα του Δικτύου
CCF1	Εμφάνιση θολού νερού
CCF2	Οξείδωση των επενδύσεων
CCF3	Χαμηλή πίεση κατά την αιχμή λειτουργίας
CCF4	Χαμηλή αποδοτικότητα των αντλιών
CCF5	Μείωση του συντελεστή (C) Hazen – Williams
CCF6	Μη ικανοποιητικά αποτελέσματα ελέγχου στα σημεία υδροληψίας από το δίκτυο
CCF7	Λειτουργία των αντλιών συνεχώς στο όριο των δυνατοτήτων τους
CCF8	Σχηματισμός πουρι ή θρόμβων στα τοιχώματα των αγωγών
CCF9	Πολύ υψηλές ταχύτητες ροής
CCF10	Μεγάλο εύρος διακυμάνσεων στις στάθμες των δεξαμενών αποθήκευσης νερού
PWQ	Ποιότητα του Νερού στο Δίκτυο
PWQ1	Παράπονα καταναλωτών για βρώμικο νερό
PWQ2	Υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης ασβεστίου
PWQ3	Υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης μολύβδου
PWQ4	Μη ικανοποιητικά αποτελέσματα ελέγχου του δείκτη (LI) Langelier
PWQ5	Παράπονα καταναλωτών για κόκκινο νερό

Πηγή: Κανακούδης, 1998



Αιτίες των Προβλημάτων

Αιτίες των προβλημάτων

- Διάβρωση,
- μείωση παροχετευτικής ικανότητας,
- διαρροές,
- θραύσεις,
- υποβάθμιση της ποιότητας του νερού και
- άλλα προβλήματα.



Διάβρωση I

- Η διάβρωση των αγωγών αποτελεί όχι μόνο την αιτία προβλημάτων αλλά και ένα ξεχωριστό πρόβλημα.
- Εσωτερική διάβρωση: όταν το νερό αποτελεί τον διαβρωτικό παράγοντα (μεταξύ του εσωτερικού του αγωγού και του νερού) και μπορεί να οφείλεται στην πίεση του νερού ή την διαβρωτική του δράση (λόγω των ποιοτικών του χαρακτηριστικών).
- Εξωτερική διάβρωση: όταν ο περιβάλλον χώρος προκαλεί φαινόμενα διάβρωσης (μεταξύ του αγωγού και του εδάφους).
- Χαρακτηριστικά του εδάφους που επηρεάζουν το ρυθμό διάβρωσης:
 - pH,
 - δυναμικό οξειδοαναγωγής,
 - ύπαρξη σουλφιδίων (Engelhardt et al. 2000)
 - αργιλικά εδάφη και εδάφη που συγκρατούν την υγρασία (Male & Walski, 1991).



Εσωτερική & Εξωτερική Διάβρωση



Αγωγός που έχει υποστεί εσωτερική & εξωτερική διάβρωση (Κανακούδης, 1998)



Διάβρωση II

- Τα προβλήματα εξαιτίας της διάβρωσης:
 - αύξηση των ρυθμών εμφάνισης διαρροών και θραύσεων,
 - η μείωση της παροχетеυτικής ικανότητας του δικτύου και της πίεσης του νερού.
- Η εμφάνιση της διάβρωσης σε έναν αγωγό οφείλεται σε διάφορες αιτίες:
 - Ένταση του διαβρωτικού χαρακτήρα του μεταφερόμενου νερού
 - Ένταση του διαβρωτικού χαρακτήρα του περιβάλλοντος υλικού
 - Οι διμεταλλικές ενώσεις κατά μήκος του αγωγού
 - Η άμεση επαφή του αγωγού με συνεχές ρεύμα
 - Η έλλειψη επένδυσης στον αγωγό.



Μείωση Παροχетеυτικής Ικανότητας I

- Προκαλεί συνέπειες σε όλο το δίκτυο ύδρευσης αφού μειώνεται το ολικό φορτίο στο δίκτυο.
- Κυριότερες αιτίες :
 - Λειτουργικά σφάλματα ή ελλείψεις ελέγχων στο δίκτυο
 - Εσφαλμένη διαστασιολόγηση του αγωγού
 - Έλλειψη απαραίτητων στοιχείων και συσκευών στο δίκτυο
 - Φαινόμενα που οφείλονται στο μεταφερόμενο νερό και στα χαρακτηριστικά του
- Υποδιαστασιολόγηση των δεξαμενών αποθήκευσης: διακυμάνσεις στη στάθμη όταν η ζήτηση είναι σε αιχμή και μειώνεται το διαθέσιμο φορτίο και η παροχетеυτική ικανότητα του δικτύου.



Μείωση Παροχетеυτικής Ικανότητας II

- Οι αιτίες της αδυναμίας για την κάλυψη των απαιτήσεων σε ποσότητα και πίεση νερού στον καταναλωτή:
 - ανεπάρκεια της δυναμικότητας των αντλητικών συγκροτημάτων που οφείλεται σε:
 - αντλίες που πιθανόν να μην βρίσκονται στις θέσεις που πρέπει,
 - η δυναμικότητά τους μπορεί να έχει ξεπεραστεί,
 - οι ήδη υπάρχουσες αντλίες μπορεί να μην λειτουργούν κανονικά.
 - μεγάλες γραμμικές απώλειες (εξαιτίας υποδιαστασιολόγησης αγωγών) που οφείλονται σε:
 - λανθασμένη λειτουργία των βαλβίδων και των βανών εξαιτίας εσφαλμένου ελέγχου και συντήρησή τους.
 - ξένες ύλες που μπορεί να υπάρχουν από την εγκατάσταση του αγωγού ή να δημιουργούνται κατά τη λειτουργία του δικτύου λόγω διάβρωσης.



Διαρροές

- Εμφανίζονται στις ενώσεις των αγωγών κυρίως και στις συνδέσεις του δικτύου με τους αγωγούς των καταναλωτών.
- Ο εντοπισμός τους είναι ιδιαίτερα δύσκολος και αποτελεί την αιτία για το μεγάλο ποσοστό απωλειών στα δίκτυα ύδρευσης ενώ παράλληλα δημιουργεί τις συνθήκες για την εμφάνιση και άλλων προβλημάτων, π.χ. ποιότητας νερού, εξωτερικής διάβρωσης κ.α.



Διαρροή σε αγωγό



Διαρροή σε κεντρικό αγωγό



Θραύσεις I

- Έχουν συνήθως μεγάλες επιπτώσεις και προκαλούν την μεγαλύτερη κοινωνική αντίδραση αφού είναι εμφανείς.
- Διακρίνονται σε:
 - Θραύσεις που προέρχονται από προϋπάρχουσες διαρροές και αποτελούν αποτελέσματα σταδιακής εξέλιξης
 - Θραύσεις που συμβαίνουν χωρίς να έχει προϋπάρξει σημείο διαρροής.
- Διαφορές διαρροών - θραύσεων:
 - Ο εντοπισμός των θραύσεων είναι άμεσος αφού γίνονται εύκολα αντιληπτές, σε αντίθεση με τις διαρροές.
 - Οι απώλειες νερού εξαιτίας των διαρροών είναι τελικά πολύ μεγαλύτερες από αυτές που προκαλούνται από τις θραύσεις.



Θραύσεις II

- Αιτίες των θραύσεων των αγωγών είναι:
 - Η υπέρβαση της αντοχής τους σε εξωτερικές φορτίσεις ή σε εσωτερικές πιέσεις που αναπτύσσονται κατά τη λειτουργία (υδραυλικό πλήγμα, πάγωμα μεταφερόμενου νερού, κ.α.)
 - Αστοχία λόγω μείωσης της αντοχής του εξαιτίας της φυσιολογικής του γήρανσης ή λόγω κακοτεχνίας ή «τραυματισμού» κατά την τοποθέτηση
 - Εσωτερική ή εξωτερική διάβρωση
 - Επαφή του αγωγού με γειτονικές κατασκευές
 - Σεισμική δραστηριότητα.



Υποβάθμιση Ποιότητας Νερού

- Συμβαίνει με την μεταβολή των χαρακτηριστικών του κατά τη μεταφορά του κυρίως λόγω της διείσδυσης ρυπαντών μέσω οπών στους αγωγούς υπό χαμηλή πίεση.
- Αίτια υποβάθμισης της ποιότητας του νερού:
 - τα ίδια φυσικά χαρακτηριστικά του νερού που το καθιστούν διαβρωτικό με αποτέλεσμα ουσίες από τα τοιχώματα των αγωγών να διαχέονται στο διερχόμενο νερό λόγω της διάβρωσης των αγωγών.
- Παράγοντες που αυξάνουν την διαβρωτική ικανότητα του νερού (Male & Walski, 1991):
 - Υψηλές συγκεντρώσεις διαλυτών σουλφιδίων ή χλωριδίων.
 - Το πολύ μαλακό νερό είναι διαβρωτικό.
 - Το διαλυμένο οξυγόνο συνεισφέρει στην διάβρωση με τον σχηματισμό οξειδίων.
 - Το χαμηλό pH όπου το διοξείδιο του άνθρακα διαλύεται δημιουργεί ανθρακικό οξύ που αντιδρά με το σίδηρο και προκαλεί διάβρωση.



Άλλα προβλήματα

- «Εμπορικές» ή «φαινόμενες» απώλειες:
 - εσφαλμένες ενδείξεις των μετρητών κατανάλωσης
 - κλοπή νερού μέσω παράνομων συνδέσεων.
 - Αποτέλεσμά τους είναι η απώλεια εσόδων για τις εταιρείες ύδρευσης, η αδυναμία ελέγχου και η ενθάρρυνση της σπατάλης του νερού.
- Από τις συσκευές που είτε είναι ανεπαρκείς ή δεν λειτουργούν.



Αιτίες των προβλημάτων του δικτύου I

C	Διάβρωση
C1	Υψηλής διαβρωτικής – οξειδωτικής ικανότητας νερό
C2	Διμεταλλικές ενώσεις
C3	Απευθείας επαφή με συνεχές ρεύμα
C4	Υψηλής διαβρωτικής – οξειδωτικής ικανότητας εξωτερικό περιβάλλον
C5	Μη επενδεδυμένοι αγωγοί
LCC	Μείωση της Παροχетеυτικής Ικανότητα του Δικτύου
LCC1	Ανεπαρκές μέγεθος αγωγών
LCC2	Ανεπαρκής δυναμικότητα αντλιών
LCC3	Ανεπαρκείς βαλβίδες μείωσης της πίεσης
LCC4	Λανθασμένος τρόπος ελέγχου και συντήρησης βαλβίδων
LCC5	Αιωρούμενα υλικά στον αγωγό
LCC6	Ανεπαρκής όγκος δεξαμενών αποθήκευσης νερού
LCC7	Ευνοϊκές συνθήκες δημιουργίας ανόργανων αποθέσεων (π.χ. πουρί και θρόμβων)

Πηγή: Κανακούδης, 1998



Αιτίες των προβλημάτων του δικτύου

II

LB	Διαρροές και Θραύσεις
LB1	Όχι καλής ποιότητας υλικό ενώσεων αγωγών
LB2	Επαφή με άλλες κατασκευές
LB3	Μικρή αντοχή αγωγών σε φορτίσεις
LB4	Όχι καλής ποιότητας υλικό κατασκευής αγωγών
LB5	Ανεπαρκές βάθος έδρασης με αποτέλεσμα την εμφάνιση πάγου
WQD	Υποβάθμιση της Ποιότητας του Νερού στο Δίκτυο
WQD1	Διείσδυση ουσιών (κυρίως μικροοργανισμοί)
WQD2	Μεταβολή των χαρακτηριστικών του νερού
M	Άλλες Αιτίες
M1	Ανεπαρκής αντιπληγματικός έλεγχος και προστασία
M2	Παράνομες συνδέσεις – υδροληψίες στο δίκτυο
M3	Μη ολοκληρωμένη μέτρηση των καταναλώσεων σε όλο το δίκτυο
M4	Εσφαλμένη μέτρηση των καταναλώσεων σε όλο το δίκτυο
M5	Ανεπαρκής αριθμός βαλβίδων – βανών αποκλεισμού
M6	Ανεπαρκής αριθμός βαλβίδων εξαέρωσης

Πηγή: Κανακούδης, 1998



Αντιμετώπιση των Προβλημάτων

Τρόποι αντιμετώπισης προβλημάτων

- Βελτίωση φυσικών χαρακτηριστικών δικτύου
- Αλλαγή πρακτικών λειτουργίας & συντήρησης
- Βελτίωση τρόπου συλλογής δεδομένων λειτουργίας



Βελτίωση φυσικών χαρακτηριστικών δικτύου I

- Διασφάλιση της ορθής μέτρησης της κατανάλωσης με την επισκευή/αντικατάσταση ελαττωματικών μετρητών και εξάλειψη των φαινομένων κλοπής.
- Προσθήκη βαλβίδων απομόνωσης και βαλβίδων εξαερισμού στα υψηλότερα σημεία του δικτύου.
- Έλεγχος και αντιπληγματική προστασία του δικτύου με ειδικές βάνες, για την αποφυγή εμφάνισης υδραυλικού πλήγματος.
- Καθαρισμός των εσωτερικών τοιχωμάτων με ειδικές «ξύστρες», που ξύνουν το υλικό που έχει συσσωρευθεί στα τοιχώματα των αγωγών και αποκαθιστούν τους αγωγούς στην αρχική τους διάμετρο.
- Επένδυση των αγωγών με διάφορα υλικά, π.χ. τσιμεντοκονία και εποξειδικές ρητίνες.



Βελτίωση φυσικών χαρακτηριστικών δικτύου II

- Καθοδική προστασία: αποτελεί προληπτικό μέτρο για την αποφυγή της διάβρωσης και διακρίνεται στην γαλβανική και την ηλεκτρική.
 - Γαλβανική προστασία: χρησιμοποιείται ένα θυσιαζόμενο μέταλλο (άνοδος) που βρίσκεται υψηλότερα στη σειρά ηλεκτροκινητικότητας των μετάλλων από το υλικό κατασκευής του αγωγού και διαβρώνεται αυτό αντί του προστατευόμενου αγωγού.
 - Ηλεκτρική προστασία: απευθείας σύνδεση του αγωγού με εξωτερική πηγή συνεχούς ρεύματος
 - Χρήση αναστολέων (χημικών ενώσεων) που προστίθενται σε μικρή ποσότητα στο νερό και παρεμποδίζουν την εξέλιξη της διάβρωσης.
- Εξωτερική ενίσχυση της αντοχής των τοιχωμάτων των αγωγών.

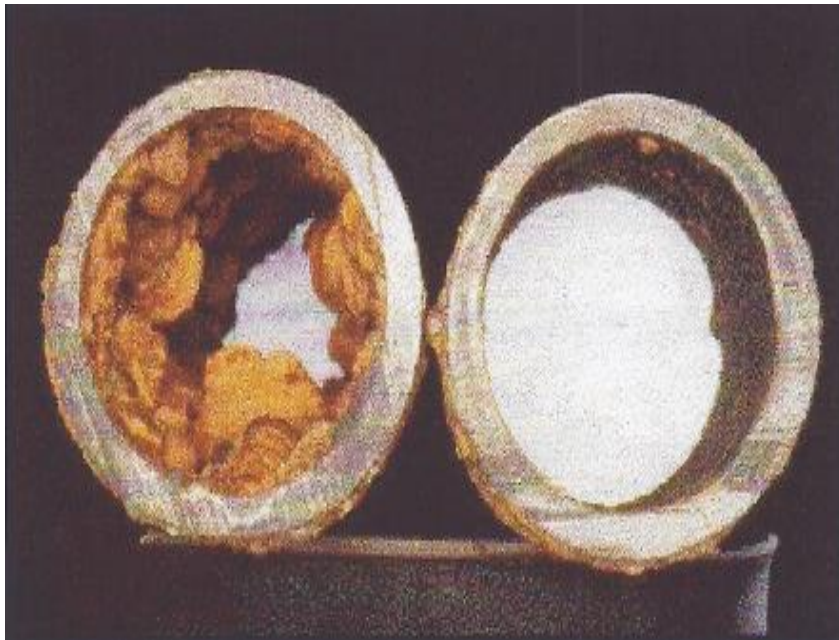


Βελτίωση φυσικών χαρακτηριστικών δικτύου III

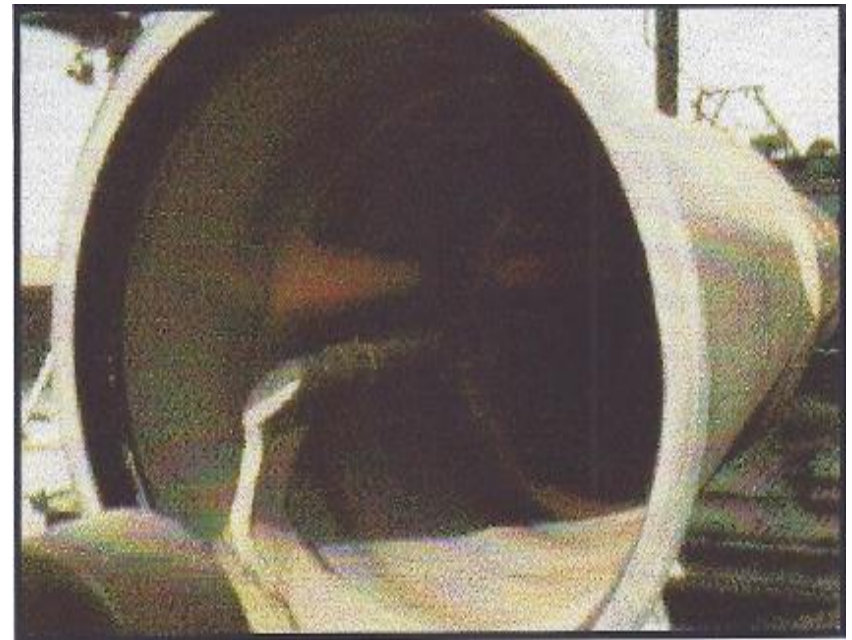
- Η αύξηση της δυναμικότητας του δικτύου:
 - προσθήκη νέων αντλιοστασίων
 - επέκταση της δυναμικότητας των αντλιοστασίων και την προσθήκη boosters (αύξηση πίεσης νερού) και βαλβίδων μείωσης πίεσης.
 - Στην περίπτωση ανεπαρκούς αγωγού εξαιτίας αύξησης της ζήτησης ή υποβάθμισης των χαρακτηριστικών του προτείνεται η αντικατάστασή του με άλλον αγωγό.
 - Η τοποθέτηση δακτυλίων με την μορφή των σφικτήρων αποτελεί λύση του προβλήματος της διαρροής.



Καθαρισμός & Επένδυση αγωγού



Πριν και μετά τον καθαρισμό με «ξύστρα»



Επένδυση του αγωγού με τσιμεντοκονία



Αλλαγή πρακτικών λειτουργίας & συντήρησης I

- Βελτίωση πρακτικών εκσκαφής, κατασκευής και τοποθέτησης των αγωγών.
- Βελτίωση της λειτουργίας του δικτύου:
 - αποφυγή δημιουργίας πάγου στα νεκρά σημεία
 - προσαρμογή του pH
 - αναστολή της οξειδωσης
 - τροποποίηση της λειτουργίας των αντλιών (βελτιστοποίηση βαθμού απόδοσης αντλιοστασίων) και των βαλβίδων πίεσης (διαμόρφωση ζωνών πίεσης).



Αλλαγή πρακτικών λειτουργίας & συντήρησης II

- Συντήρηση του δικτύου:
 - διενέργεια πλυσίματος των αγωγών,
 - οργάνωση συνεργείων για την εξασφάλιση της σωστής λειτουργίας των βαλβίδων απομόνωσης,
 - ανίχνευση και επισκευή των διαρροών,
 - έλεγχος και συντήρηση των μετρητών κατανάλωσης και τον εντοπισμό της μη εξουσιοδοτημένης χρήσης.



Βελτίωση του τρόπου συλλογής δεδομένων λειτουργίας

- Διαμόρφωση ενός μοντέλου προσομοίωσης της υδραυλικής λειτουργίας του δικτύου σε συνδυασμό με ένα σύστημα τηλεμετρίας – τηλελέγχου – τηλεχειρισμού.
- Λεπτομερής χαρτογράφηση του δικτύου.
- Δημιουργία συνεργείων για την ανίχνευση των διαρροών.
- Διατήρηση αρχείων λειτουργίας, βλαβών, επισκευών, συντήρησης και κόστους.
- Τακτικός έλεγχος των λογαριασμών χρέωσης των καταναλωτών συμβάλλει στον εντοπισμό εσφαλμένων μετρήσεων και κλοπής.



Ενέργειες αντιμετώπισης προβλημάτων I

SS	Βελτίωση των Φυσικών Χαρακτηριστικών του Δικτύου
SS1	Προσθήκη boosters και βαλβίδων μείωσης πίεσης
SS2	Αύξηση της δυναμικότητας των δεξαμενών αποθήκευσης
SS3	Προσθήκη νέων βαλβίδων
SS4	Καθοδική προστασία
SS5	Καθαρισμός δικτύων
SS6	Εξουδετέρωση – αποφυγή σημείων διμεταλλικής επαφής
SS7	Εξουδετέρωση της πηγής του συνεχούς ρεύματος
SS8	Βελτίωση των πρακτικών εγκατάστασης των αγωγών
SS9	Αύξηση της δυναμικότητας των αντλιοστασίων
SS10	Εγκατάσταση βαλβίδων εκκένωσης
SS11	Εγκατάσταση ενδοδικτυακής χλωρίωσης
SS12	Έλεγχος και επισκευή των ενώσεων
SS13	Επένδυση των αγωγών μετά τον καθαρισμό τους
SS14	Δημιουργία βρόγχων ροής
SS15	Τοποθέτηση μετρητών
SS16	Κατασκευή παράλληλων σειρών τροφοδοσίας
SS17	Εισαγωγή εσωτερικών αγωγών
SS18	Αντικατάσταση των αγωγών με άλλους από αντι-διαβρωτικό υλικό
SS19	Αντιπληγματικός έλεγχος

Πηγή: Κανακούδης, 1998



Ενέργειες αντιμετώπισης προβλημάτων II

OM	Λειτουργία και Συντήρηση του Δικτύου
OM1	Αλλαγή της λειτουργίας των βαλβίδων
OM2	Τακτικό ξέπλυμα των αγωγών
OM3	Επισκευή των διαρροών
OM4	Προσαρμογή – διόρθωση – βαθμονόμηση των μετρητών κατανάλωσης νερού
OM5	Έλεγχος των μετρητών κατανάλωσης νερού
OM6	Προσαρμογή του pH του νερού
OM7	Επαρκής έλεγχος της λειτουργίας των βαλβίδων
OM8	Βελτίωση των μεθόδων επεξεργασίας του νερού
DA	Βελτίωση του Τρόπου Συλλογής των Δεδομένων Λειτουργίας του Δικτύου
DA1	Προσομοίωση της λειτουργίας του δικτύου με τη χρήση κατάλληλου μοντέλου
DA2	Ανίχνευση των διαρροών
DA3	Χαρτογράφηση και λεπτομερειακή απεικόνιση του δικτύου
DA4	Διατήρηση αρχείων
DA5	Επίβλεψη των αρχείων των τιμολογίων χρέωσης των καταναλωτών
DA6	Έλεγχος πιθανής διείσδυσης στα σημεία υψηλής επικινδυνότητας

Πηγή: Κανακούδης, 1998



Πρακτικό Εγχειρίδιο Σύνδεσης
Προβλημάτων με Μεθόδους
Αντιμετώπισης

Σύνδεση συμπτωμάτων με τις κύριες & δευτερεύουσες αιτίες I

Σύμπτωμα Προβλήματος	Κύρια Αιτία Προβλήματος	Πιθανή Αιτία Προβλήματος
Απώλειες Νερού		
WL1	C2	C4
WL2	LB1, M1	
WL3	LB1	C1, C2, C3, C4, C5, M1, M2
WL4		C1, C2, C3, C4, C5, LB1, M1, M2, M3, M4
WL5		C1, C2, C3, C4, C5, LB1, M1, M2, M3, M4
WL6	M4	M2
WL7		C1, C2, C3, C4, C5, LB1, M2, M3, M4
WL8		C1, C2, C3, C4, C5, LB1
WL9	M4	LCC7
WL10		C1, C2, C3, C4, C5, LB1, M2, M3, M4
WL11		C1, C2, C3, C4, C5, LB2, LB3, LB4, M1

Πηγή: Κανακούδης, 1998



Σύνδεση συμπτωμάτων με τις κύριες & δευτερεύουσες αιτίες II

Σύμπτωμα Προβλήματος	Κύρια Αιτία Προβλήματος	Πιθανή Αιτία Προβλήματος
Φυσική Ακεραιότητα		
SF1	C2	C4
SF2	C4	LB4
SF3	C4	LB4
SF4	C4	LB4
SF5	LB2, LB3, LB4, LB5	C4
SF6	LB2, LB3, LB4, LB5	
SF7		C4, LB4, M1
SF8	LB5	C4, LB3, LB4
SF9		C1, C2, C3, C4, C5, LB2, LB3, LB4, M3
SF10	M1	
SF11	LB1, LB2, LB3, LB4, LB5, M1	C1, C2, C3, C4, C5

Πηγή: Κανακούδης, 1998



Σύνδεση συμπτωμάτων με τις κύριες & δευτερεύουσες αιτίες III

Σύμπτωμα Προβλήματος	Κύρια Αιτία Προβλήματος	Πιθανή Αιτία Προβλήματος
Παροχτευτικότητα		
CCF1	M6	
CCF2	C1	
CCF3	LCC1,LCC2,LCC4,LCC5,LCC6,LCC7	C1, C5 LCC3
CCF4	LCC2	LCC1, LCC3, LCC4, LCC5, LCC6, LCC7
CCF5	C1, C5, LCC7	
CCF6	LCC1,LCC2,LCC4,LCC5,LCC6	C1, C5, LCC3
CCF7	LCC2	LCC1, LCC3, LCC4, LCC5, LCC6, LCC7
CCF8	C1, C5, LCC7	
CCF9	LCC1	
CCF10	LCC6	LCC1, LCC3, LCC4, LCC5, LCC6, LCC7
Ποιότητα Νερού		
PWQ1	C1	WQD1, WQD2, M6
PWQ2	WQD2	
PWQ3	WQD2	
PWQ4	C1	
PWQ5	C1, C5	WQD2

Πηγή: Κανακούδης, 1998



Σύνδεση αιτιών με κύριες & δευτερεύουσες ενέργειες αντιμετώπισης I

Αιτία Προβλήματος	Κύρια Ενέργεια Αντιμετώπισης	Δευτερεύουσα Ενέργεια
Διάβρωση		
C1	OM6, OM8	SS13, SS14, SS17, SS18, OM2, DA4
C2	SS6, SS18	SS4, DA3, DA4
C3	SS7	SS18, DA3
C4	SS4	SS18, DA2, DA3, DA4
C5	SS13, SS17, SS18	SS4
Μείωση Παροχетеυτικής Ικανότητας		
LCC1	SS14, SS16, SS17	SS1, SS2, SS5, SS13, DA1
LCC2	SS1, SS9	SS2, DA1
LCC3	SS1	DA1, DA3
LCC4	OM1, OM7	DA4
LCC5	SS5, SS8, SS17, SS18	OM2, DA1
LCC6	SS2	SS9, DA1
LCC7	SS5, OM6, OM8	SS14, SS16, SS17, SS18

Πηγή: Κανακούδης, 1998



Σύνδεση αιτιών με κύριες & δευτερεύουσες ενέργειες αντιμετώπισης II

Αιτία Προβλήματος	Κύρια Ενέργεια Αντιμετώπισης	Δευτερεύουσα Ενέργεια
Διαρροές και Θραύσεις		
LB1	SS12, SS18	SS13, OM3, DA2, DA3, DA4
LB2	SS8	
LB3	SS8, SS17, SS18	DA3, DA4
LB4	SS17, SS18	SS13, DA2, DA3, DA4
LB5	SS8, SS18	DA4
Υποβάθμιση Ποιότητας Νερού		
WQD1	DA6	SS18
WQD2	SS11, OM8	SS13, SS14, SS18, OM2, OM6, DA3, DA4
Άλλες Αιτίες		
M1	SS8, SS19	
M2		SS15, OM5, DA5
M3	SS15	OM4, DA3, DA4
M4	OM5	OM4, DA4, DA5
M5	SS3	DA1, DA3
M6	SS10	

Πηγή: Κανακούδης, 1998



Βιβλιογραφία

- Alan, J.A. (1998). Virtual water: A strategic resource. Global solutions to regional deficits. *Groundwater*, 36(4), 545-546.
- Engelhardt, M.O., Skipworth, P. J., Savic, D.A., Saul, A.J., & Walters, G.A. (2000). Rehabilitation Strategies for Water Distribution Networks: A Literature Review with a UK Perspective. *Urban Water*, 2(2), 153-170
- Kanakoudis, V. (2004). A troubleshooting manual for handling operational problems in water pipe networks. *Water Supply: Research & Technology-AQUA*, 53(2), 109-124
- Male, J.W., & Walski, T.M. (1991). *Water Distribution Systems: A troubleshooting manual*. Michigan: Lewis Publishers, Inc.
- Κανακούδης, Β. (1998). *Ο Ρόλος των Έκτακτων Περιστατικών στη Διαμόρφωση Κριτηρίων Προληπτικής Συντήρησης και Αντικατάστασης των Αγωγών στα Δίκτυα Υδρευσης*. Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη
- Τσακίρης, Γ., & Αλεξάκης, Δ. (2010). Ποιότητα Νερού για Ανθρώπινη Κατανάλωση. Στο Γ. Τσακίρης (Εκδ.), *Υδραυλικά Έργα – Σχεδιασμός και Διαχείριση. Τόμος Ι: Αστικά Υδραυλικά Έργα*. (σελ.175-244). Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία



Τέλος Ενότητας

Προβλήματα Υδροδοτικών Συστημάτων

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **1.0**.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βασίλης Κανακούδης 2015. Βασίλης Κανακούδης. «Διαχείριση και Προσομοίωση Υδροδοτικών Συστημάτων. Προβλήματα Υδροδοτικών Συστημάτων». Έκδοση: 1.0. Βόλος 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://eclass.uth.gr/eclass/courses/MHXC131/>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

