



Εγγειοβελτιωτικά έργα και επιπτώσεις στο περιβάλλον

Ενότητα 2 : Υπολογισμός παροχών σε δίκτυα με ελεύθερη ζήτηση

Ευαγγελίδης Χρήστος
Τμήμα Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» 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.





Υπολογισμός παροχών σε δίκτυα με ελεύθερη ζήτηση



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Περιεχόμενα ενότητας

1. Διανομή νερού με ελεύθερη ζήτηση.
2. Μέθοδος Clement.
3. Θεωρία πιθανοτήτων στη λειτουργία υδροστομίων.
4. Ποιότητα λειτουργίας.
5. Στοιχεία διωνυμικής κατανομή.
6. 1^{ος} τύπος Clement.
7. 2^{ος} τύπος Clement.
8. Συμπεράσματα.



Σκοποί ενότητας

Η ενότητα εισάγει τον ενδιαφερόμενο σε θέματα που αφορούν:

- τη διανομή του νερού με ελεύθερη ζήτηση.
- μεθόδους κατανομής των παροχών σε ένα δίκτυο αγωγών υπό πίεση.
- μαθηματικούς τύπους αντιμετώπισης του προβλήματος.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Υπολογισμός παροχών σε δίκτυα με ελεύθερη ζήτηση

Διανομή νερού με ελεύθερη ζήτηση (1/4)

Η συλλογική οργάνωση των αρδεύσεων στηριζόταν μέχρι τώρα στο «ωρολόγιο πρόγραμμα», που έχει όμως δυσχέρειες και μειονεκτήματα στα δίκτυα καταϊονισμού. Με βάση το προηγούμενο σύστημα ο Γενικός Οργανισμός Εγγείων Βελτιώσεων συντάσσει ένα ημερολόγιο που καθορίζει την αρχή κάθε αρδευτικής περιόδου κατά την οποία κάθε παραγωγός θα έχει στη διάθεσή του συγκεκριμένη ποσότητα νερού.



Διανομή νερού με ελεύθερη ζήτηση (2/4)

Έτσι η άρδευση γίνεται με ορισμένες δόσεις και σε ορισμένα χρονικά διαστήματα, κάτι που όμως έρχεται σε αντίθεση με:

- Τη χρονική μεταβολή της υδατοκατανάλωσης.
- Τη μεταβολή των αρδευτικών δόσεων τοπικά και χρονικά.

Έτσι σε άλλες περιοχές υπάρχει έλλειμα, σε άλλες περιοχές παρατηρείται σπατάλη νερού, ενώ ο αγρότης πρέπει να προσαρμόσει τις καλλιέργειες στην περιοδικότητα των αρδεύσεων.



Διανομή νερού με ελεύθερη ζήτηση (3/4)

Τελικά η άρδευση με «ωρολόγιο πρόγραμμα» είναι αποδεκτή μόνο σε περιοχές με ομοιογενή εδάφη, όπου και εφαρμόζεται η μονοκαλλιέργεια.



Διανομή νερού με ελεύθερη ζήτηση (4/4)

Έτσι εφαρμόζεται η διανομή νερού με «ελεύθερη ζήτηση», με βάση την οποία ο αγρότης μπορεί να διαθέσει νερό με μια περιορισμένη παροχή σε κάθε ώρα της ημέρας και της νύχτας. Σε κάθε αγροτεμάχιο υπάρχει μία υδροληψία με ορισμένο αριθμό στομίων που μπορεί ο αγρότης να ανοίξει και να κλείσει κατά βούληση. Το νερό πωλείται με τον όγκο στους καλλιεργητές και ελέγχεται με ατομικούς μετρητές.



Μέθοδος Clement (1/6)

Ο Γάλλος μηχανικός R. Clement ανέπτυξε μία μέθοδο για την κατανομή των παροχών μέσα σε ένα δίκτυο αγωγών υπό πίεση, που λειτουργεί με ελεύθεση ζήτηση.

Το πρόβλημα που επιλύεται είναι το εξής:

Δίνεται ένα αρδευτικό δίκτυο με συνολική έκταση S στρέμματα, στο οποίο έχουν τοποθετηθεί R υδροστόμια, παροχή κάθε υδροστομίου d .



Μέθοδος Clement (2/6)

Η παροχή αυτή ρυθμίζεται και διατηρείται σταθερή μέσω ενός ρυθμιστή παροχής και είναι μεγαλύτερη από τη συνεχή θεωρητική παροχή αρδεύσεως του υδροστομίου d_0 . Ο καλλιεργητής για να αρδεύσει, επομένως το αγροτεμάχιο του μπορεί να χρησιμοποιήσει την υδροληψία για χρονικό διάστημα μικρότερο του 24ωρου.



Μέθοδος Clement (3/6)

Η μέγιστη παροχή που απαιτείται στην κεφαλή του αρδευτικού δικτύου και κατά την περίοδο αιχμής, με βάση τα παραπάνω, δεν είναι R^*d (παροχή που αντιστοιχεί στο άνοιγμα όλων των υδροστομίων) αλλά μικρότερη. Το πρόβλημα είναι να υπολογίσουμε με τη μέθοδο Clement την παροχή αιχμής (που είναι μικρότερη από R^*d) στην κεφαλή και στους επί μέρους κλάδους του δικτύου αλλά και τις διαμέτρους των αγωγών του δικτύου.



Μέθοδος Clement (4/6)

Δεδομένα του προβλήματος:

- S =ολική επιφάνεια άρδευσης σε στρέμματα.
- R =αριθμός εγκατεστημένων υδροστομίων.
- d =παροχή υδροστομίου l/s, σταθερή κατά Clement.
- Y_{ε} =μηνιαίες αρδευτικές ανάγκες μήνα αιχμής.
- T =η διάρκεια του μήνα αιχμής σε ώρες, ή η διάρκεια της ημέρας (συνήθως $T=24$ ώρες).
- T' = χρόνος πραγματικής χρήσεως δικτύου.



Μέθοδος Clement (5/6)

Απόδοση χρονικής χρησιμοποίησης δικτύου:

$$r = \frac{T'}{T}$$

Συνεχής θεωρητική ειδική παροχή αρδεύσεως:

$$q_0 = \frac{Y_\varepsilon}{T}$$

Μέση ειδική παροχή αρδεύσεως: $q_0' = \frac{Y_\varepsilon}{T'} = \frac{q_0}{r}$



Μέθοδος Clement (6/6)

Η θεωρητική συνεχής παροχή του δικτύου Q αντιστοιχεί στις ανάγκες σε αρδευτικό νερό ολόκληρης της εξυπηρετούμενης επιφάνειας S και ορίζεται ως:

$$Q = q_0 * S$$

Μέση παροχή δικτύου κατά την περίοδο T' :

$$Q' = q'_0 * S = \frac{Q}{r}$$

Η μέγιστη παροχή είναι $R*d$ και η ζητούμενη παροχή Q είναι απαραίτητα: $Q' < Q < R*d$



Θεωρία πιθανοτήτων στη λειτουργία υδροστομίων (1/3)

Όγκος νερού που θα χορηγήσει το δίκτυο σε περίοδο T ή T' : $V = Y_{\varepsilon} * S = Q * T = Q' * T'$

Μέσος όγκος νερού κάθε υδροστομίου για την ίδια περίοδο: $v = \frac{Q' * T'}{R}$

Αν t' ο χρόνος μέσης λειτουργίας ενός υδροστομίου, η παροχή του υδροστομίου d :

$$d = \frac{v}{t'} = \frac{Q' * T'}{R * t'}$$

$$\text{Και } t' \text{ είναι: } t' = \frac{Q' * T'}{R * d} = \frac{q_0 * S * T'}{r * R * d}$$



Θεωρία πιθανοτήτων στη λειτουργία υδροστομίων (2/3)

Ο Clement εισάγει την έννοια της πιθανότητας μέσης λειτουργίας για κάθε υδροστόμιο:

p =πραγματικός χρόνος ανοίγματος μίας υδροληψίας σε μία μέρα/πραγματική διάρκεια μίας ημέρας αρδεύσεως.

Η πιθανότητα μη λειτουργίας του υδροστομίου:

$$q=1-p$$



Θεωρία πιθανοτήτων στη λειτουργία υδροστομίων (3/3)

Αν θέσουμε: $A = \frac{q_0 * S}{r * d} = \frac{Q'}{d}$, η πιθανότητα είναι:
$$p = \frac{A}{R}$$

όπου A συμβολίζει έναν αριθμό υδροστομίων,
άρα είναι ο λόγος δύο αριθμών υδροστομίων.

Επίσης αν θέσουμε: $d_0 = \frac{Q}{r * R} = \frac{Q'}{R}$

Τότε έχουμε το p ως λόγο δύο παροχών:

$$p = \frac{d_0}{d}$$



Ποιότητα λειτουργίας (1/3)

Η πιθανότητα να έχουμε σε R εγκατεστημένα υδροστόμια του αρδευτικού δικτύου κατά μέγιστο N ανοιχτά είναι:

$$F(x) = P_0 + P_1 + P_2 + \dots + P_{N-1} + P_N = \sum_{x=0}^N P_x$$

Οι πιθανότητες P_x παρέχουν το νόμο της τυχαίας μεταβλητής x ενώ ο παραπάνω τύπος δίνει τη συνάρτηση κατανομής $F(x)$ της x :

$$F(x) = P_r(x < N) = \sum_{x=0}^n P_x$$



Ποιότητα λειτουργίας (2/3)

Η συνάρτηση αυτή $F(x)$ καλείται από τον Clement ποιότητα λειτουργίας του δικτύου, γιατί χαρακτηρίζει την περισσότερο ή λιγότερο καλή λειτουργία του δικτύου από την άποψη αν ικανοποιούνται ή όχι οι αρδευτικές ανάγκες από τα υδροστόμια. Όσο το N και επομένως το $F(x)$ είναι μεγάλο, τόσο το δίκτυο είναι ικανό να ανταποκριθεί σε μεγάλες απαιτήσεις.



Ποιότητα λειτουργίας (3/3)

Η παράσταση $1-F(x)$ παριστάνει την πιθανότητα απώλειας ή εμφράξεως του δικτύου, δηλαδή αν τα N υδροστόμια είναι ανοιχτά καμία άλλη ζήτηση δε μπορεί να ικανοποιηθεί.

Παράδειγμα: Αν η ποιότητα λειτουργίας είναι 99% σημαίνει ότι στις 100 μεταβάσεις ενός καλλιεργητή στο δίκτυο, μία μόνο φορά δε θα βρει ικανοποιητική παροχή.



Στοιχεία διωνυμικής κατανομής (1/1)

Όταν ο αριθμός των εγκατεστημένων υδροστομίων είναι μεγάλος, αποδεικνύεται ότι η διωνυμική κατανομή τείνει προς την κανονική κατανομή.

Χαρακτηστικά στοιχεία διωνυμικής κατανομής:

Μέση τιμή: $m \quad x = R * p$

Διακύμανση: $u \quad x = R * p * q$

Τυπική απόκλιση: $\sigma = \sqrt{u(x)} = \sqrt{R * p * q}$



1^{ος} Τύπος Clement (1/9)

Ο πρώτος τύπος Clement είναι:

$$N = R * p + U(F(x)) * \sqrt{R * p * q}$$

και δίνει τον αριθμό των υδροστομίων N, που πρέπει να είναι ταυτόχρονα ανοιχτά για να έχουμε μία ποιότητα λειτουργίας F(x), που αντιστοιχεί στον αριθμό U.

$$\text{Επειδή: } p = \frac{q_0 * S}{r * R * d} = \frac{A}{R} \text{ και } q = 1 - p$$



1^{ος} Τύπος Clement (2/9)

Ο τύπος γράφεται του Clement:

$$N = A + U(F(x)) * A * \sqrt{\frac{1}{A} - \frac{1}{R}} = A + B$$

Η παροχή Q για την οποία θα πρέπει να υπολογιστεί το δίκτυο είναι:

$$Q = N * d = R * p * d + U(F(x)) * d * \sqrt{R * p * q}$$



1^{ος} Τύπος Clement (3/9)

Από τους παραπάνω τύπους διαπιστώνουμε ότι ο αριθμός των υδροστομίων N που προκύπτει από τον τύπο του Clement, είναι άθροισμα δύο όρων:

- Ο όρος $A = q_0 * S / r * d = Q' / d$ παριστάνει το μέσο αριθμό υδροστομίων που απαιτούνται για να διοχετευτεί η μέση παροχή Q' .
- Ο όρος $B = U(F(x)) * \sqrt{R * p * q}$ εκφράζει την αύξηση ως προς το μέσο αριθμό των υδροστομίων, επειδή η κατανομή γίνεται με ελεύθερη ζήτηση.



1^{ος} Τύπος Clement (4/9)

Τιμές παραμέτρων

Δύο είναι οι βασικές παράμετροι από τις οποίες εξαρτάται ο τύπος του Clement:

- Η απόδοση χρησιμοποίησης του δικτύου r .
- Ο συντελεστής $U(F(x))$ που είναι συνάρτηση της ποιότητας λειτουργίας και θα τον ονομάζουμε στο εξής συντελεστή ποιότητας λειτουργίας.



1^{ος} Τύπος Clement (5/9)

Παρατηρήσεις στις τιμές παραμέτρων

Ένα υδροστόμιο αρδεύσεως χαρακτηρίζεται από δύο παραμέτρους:

- Τη μέση παροχή d .
- Το χρόνο λειτουργίας.

Οι δύο αυτές παράμετροι ενσωματώνονται στην πιθανότητα λειτουργίας του υδροστομίου, που χαρακτηρίζει την προσωπική ελευθερία του καλλιεργητή.



1^{ος} Τύπος Clement (6/9)

Η ελευθερία είναι τόσο πιο μεγάλη όσο πιο μικρή είναι η πιθανότητα p . Έτσι ορίζεται σαν ατομική ελευθερία ο λόγος:

$$f = \frac{1}{p} = \frac{r * R * d}{Q} = \frac{d}{d_0}$$

Άρα η ελευθερία είναι ελάχιστη όταν $p=1$ ή $d = d_0$

Δηλαδή έχουμε συνεχή άρδευση με παροχή ίση με τη θεωρητική. Ο Clement συνιστά:

$$3.33 < f < 5$$



1^{ος} Τύπος Clement (7/9)

Εφαρμογή της μεθόδου

- Προσδιορίζουμε την απόδοση χρησιμοποιήσεως του δικτύου r .
- Υπολογίζουμε την παροχή των υδροστομίων d .
Αν είναι διαφορετική στα διάφορα υδροστόμια, τότε χωρίζουμε το δίκτυο σε υποομάδες.
- Ελέγχουμε τη θεωρητική ελευθερία f με βάση τα κριτήρια που αναφέρθηκαν και ενδεχομένως τροποποιούμε τη d .



1^{ος} Τύπος Clement (8/9)

- Υπολογίζουμε την πιθανότητα λειτουργίας των υδροστομίων με βάση την εξίσωση:

$$p = \frac{q_0 * S}{r * R * d}$$

- Εκλέγουμε μία ποιότητα λειτουργίας $F(x)$ και τον αντίστοιχο συντελεστή $U(F(x))$. Στη συνέχεια υπολογίζουμε από τον τύπο του Clement τον αριθμό των υδροστομίων N

$$N = R * p + U(F(x)) * \sqrt{R * p * q}$$

$$Q = N * d$$



1^{ος} Τύπος Clement (9/9)

- Για να υπολογίσουμε τις διαμέτρους των αγωγών των υποδικτύων με υδροστόμια R_1, R_2, \dots, R_n και παροχή υδροστομίων d , χρησιμοποιούμε πάλι το προηγούμενο τύπο του N και βρίσκουμε τα N_1, N_2, \dots, N_n υδροστόμια και τις αντίστοιχες παροχές

$Q_1 = N_1 * d, Q_2 = N_2 * d, \dots, Q_n = N_n * d$, με τις οποίες υπολογίζουμε τις διαμέτρους:

$$Q_N = \sum_i R_i * p_i * d_i + U(F(x)) * \sqrt{\sum_i R_i * p_i * d_i * d_i^2}$$



2^{ος} Τύπος Clement (1/3)

Το μαθηματικό μοντέλο του πρώτου τύπου του Clement είναι ικανοποιητικό, αν οι ατομικές ζητήσεις είναι ανεξάρτητες και ο αριθμός των υδροστομίων μεγάλος. Επειδή όμως:

- Τα υδροστόμια δεν έχουν την ίδια παροχή.
- Η συχνότητα λειτουργίας τους διαφέρει.
- Οι ζητήσεις δεν είναι εντελώς ανεξάρτητες.
- Ο αριθμός υδροστομίων είναι μικρός κλπ.



2^{ος} Τύπος Clement (2/3)

Για τους παραπάνω λόγους ο Clement παρουσίασε και ένα δεύτερο τύπο που διέπεται από τη θεωρία των στοχαστικών διαδικασιών.

Αντίστοιχα με την παράσταση $1-F(x)$, ο Clement ορίζει στο δεύτερο τύπο την $F(a)$ που την ονομάζει συσσώρευση ζήτησης.

$$F(a) = \frac{1}{\sqrt{R * p * q}} * H(U)$$



2^{ος} Τύπος Clement (3/3)

Η συσσώρευση ζήτησης εκφράζει σε ποσοστό (%) τον αριθμό των υδροστομίων, που σε μία ορισμένη στιγμή δε θα εξυπηρετήσουν τον καλλιεργητή.

Έτσι με βάση τον πρώτο τύπο, ο δεύτερος γίνεται:

$$N = R * p + \frac{U * H(U)}{F(a)} = A + \frac{U * H(U)}{F(a)}$$



Συμπεράσματα (1/1)

Ο Clement προτείνει, με βάση αριθμητικά αποτελέσματα, να υπολογίζονται τα μικρά δίκτυα με τον πρώτο τύπο και με ποιότητα λειτουργίας $F(x)=99\%$ και τα μεγάλα δίκτυα με το δεύτερο τύπο και συσσώρευση ζήτησης $F(a)=1\%$.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Χρήστος Ευαγγελίδης.
«Εγγειοβελτιωτικά έργα και επιπτώσεις στο περιβάλλον. Υπολογισμός
παροχών σε δίκτυα με ελεύθερη ζήτηση». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014.
Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<http://eclass.auth.gr/courses/OCRS198/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [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».



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

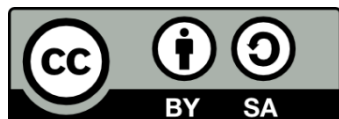
[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Δαλάκης Νικόλαος
Θεσσαλονίκη, Εαρινό Εξάμηνο 2013-2014



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

