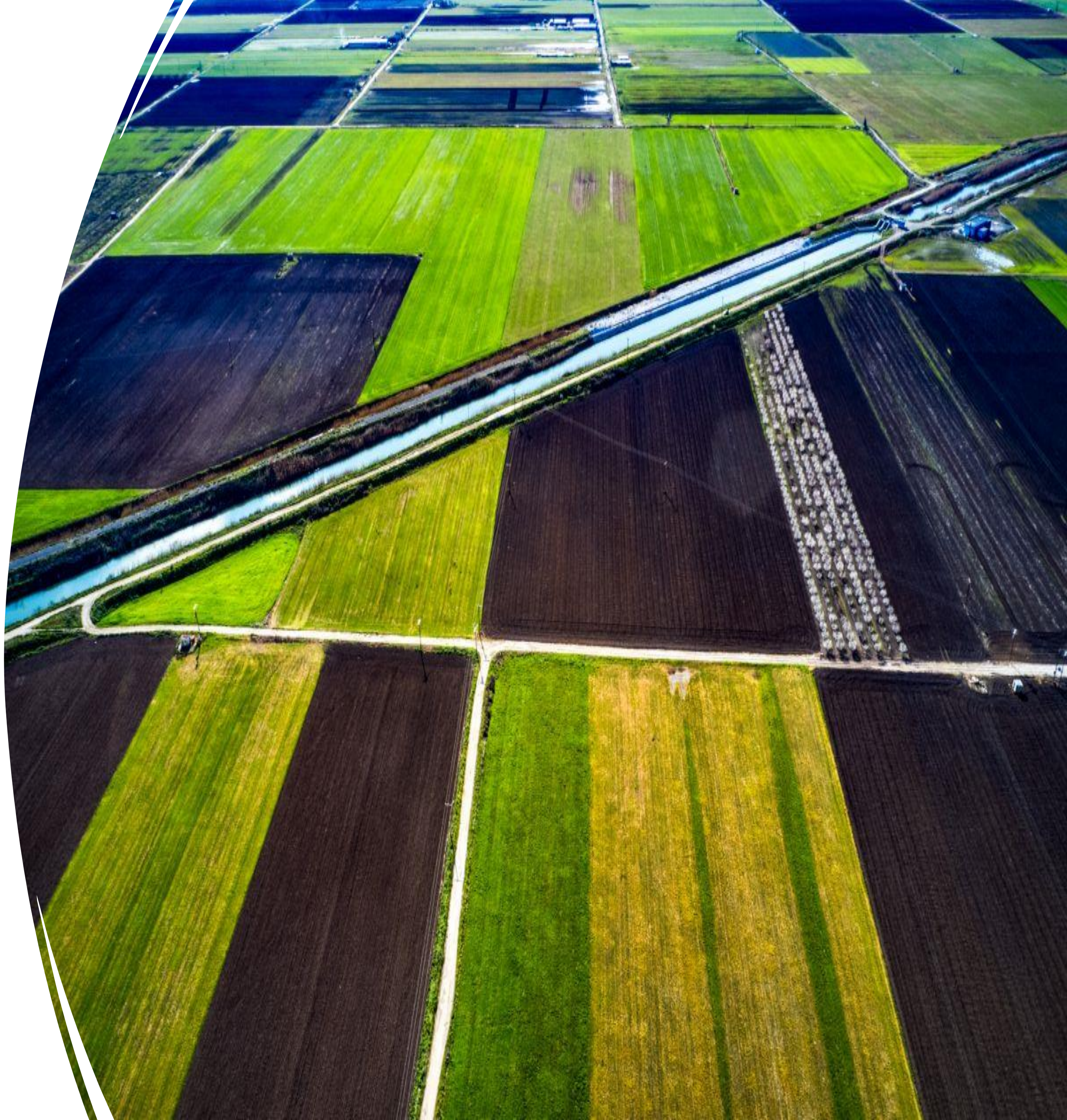
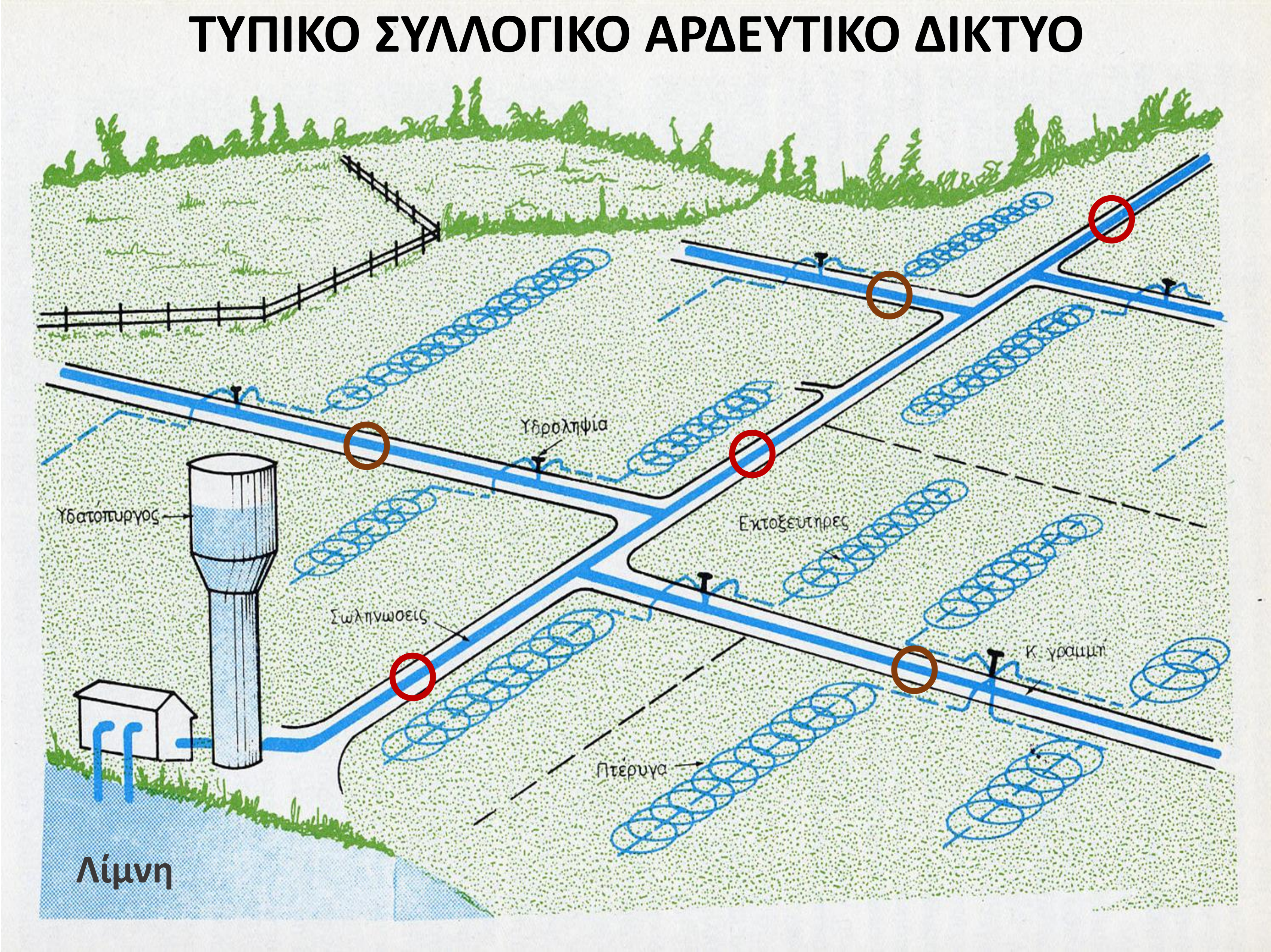
ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΑ ΕΡΓΑ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

- **Σαμαρίνας Ν.**
- **Ευαγγελίδης Χ.**



1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ



ΤΥΠΙΚΟ ΣΥΛΛΟΓΙΚΟ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ
Υδροληψία
Υδατόπυργος
Εκτοξευτήρες
Σωληνώσεις
Κ. γραμμή
Πτέρυγα
Λίμνη

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Αρδευτικά Δίκτυα

Ωρολόγιο Πρόγραμμα

Γεωργικός Οργανισμός Εγγείων Βελτιώσεων με βάση το Ν.Δ 38881/30-12-1958, Άρθρο 12

Ημερολόγιο καταγραφής ώρας και ημέρας

Η άρδευση με ωρολόγιο πρόγραμμα είναι παραδεκτή μόνο σε περιοχές με ομοιογενή εδάφη, όπου εφαρμόζεται η μονοκαλλιέργεια.

Ελεύθερη Ζήτηση

Θεωρείται καλύτερη από το ωρολόγιο πρόγραμμα.

Πλεονεκτήματα:

- Η ελευθερία που δίνεται στον καλλιεργητή να διαθέτει το νερό με μια περιορισμένη παροχή οποιαδήποτε ώρα του 24ώρου
- Η δυνατότητα που δίνεται στον καλλιεργητή να καθορίσει τη δόση και τη διάρκεια της άρδευσης λαμβάνοντας υπόψη τις εδαφολογικές συνθήκες και τις ανάγκες των φυτών.
- Ο όγκος του νερού πωλείται στους καλλιεργητές και η ποσότητά του ελέγχεται με μετρητές.

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Βασικά στοιχεία για τη μέθοδο του Clement

Θεωρία που αναπτύχθηκε το 1955, από το Γάλλο μηχανικό Clement και αφορά μια μέθοδο που εφαρμόζεται και στην χώρα μας για την κατανομή των παροχών μέσα σε ένα δίκτυο αγωγών υπο πίεση που λειτουργεί με ελεύθερη ζήτηση.
Η μέθοδος βασίζεται στη **θεωρία πιθανοτήτων.**

Το πρόβλημα που τίθεται για επίλυση είναι το εξής:

Αρδευτικό δίκτυο με ολική έκταση ***S*** στρ. και ***R*** υδροστόμια με παροχή ***d***.

Η παροχή αυτή ρυθμίζεται και διατηρείται σταθερή με τη βοήθεια ενός ρυθμιστή παροχής σε κάθε χρονική στιγμή της ημέρας και είναι *μεγαλύτερη απο τη συνεχή θεωρητική παροχή αρδεύσεως του υδροστομίου* $\boldsymbol{d_0}$, δηλαδή την παροχή που θα εξυπηρετούσε τις αρδευτικές ανάγκες για όλο το 24ωρο. Ο καλλιεργητής λοιπόν για να αρδεύσει το αγροτεμάχιό του, μπορεί να χρησιμοποιήσει την υδροληψία για μικρότερο χρονικό διάστημα απο το 24ωρο.
Πολύ μικρή πιθανότητα να ανοιχτούν ταυτόχρονα όλα τα υδροστόμια του δικτύου.

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Η μέγιστη παροχή που απαιτείται στη κεφαλή του αρδευτικού δικτύου δεν είναι $R \cdot d$ (δηλ. όλα τα υδροστόμια) **αλλά μικρότερη.**

Το πρόβλημα λοιπόν στην προκειμένη περίπτωση είναι:

Να υπολογίσουμε με τη μέθοδο του **Clement** την παροχή αιχμής (< $R \cdot d$) στην κεφαλή του δικτύου και στους επιμέρους κλάδους του δικτύου και στη συνέχεια να υπολογίσουμε τις διαμέτρους των αγωγών του δικτύου με βάση τις στατιστικά υπολογισμένες παροχές.

Δεδομένα του προβλήματος:

- ***S*,** είναι η ολική επιφάνεια που θα αρδευτεί σε στρέμματα
- ***R*,** είναι ο αριθμός των εγκαταστημένων υδροστομίων που εξυπηρετούν την επιφάνεια.
- ***d***, είναι η παροχή ενός υδροστομίου lt/s ή σε m^3/h. Η παροχή αυτή θεωρείται σταθερή στη μέθοδο του Clement.
- ***Ye***, είναι οι μηνιαίες αρδευτικές ανάγκες του μήνα της αιχμής (ή και οι ημερήσιες) σε m^3/στρέμμα.
- ***T*,** είναι η διάρκεια του μήνα της αιχμής σε ώρες ή η διάρκεια της ημέρας (συνήθως παίρνουμε T=24ώρες)
- ***T’*,** είναι ο χρόνος της πραγματικής χρήσεως του δίκτυου για την προηγούμενη διάρκεια.

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Με βάση τα προηγούμενα δεδομένα ο Clement θέτει:

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

και ορίζει τον λόγο αυτό σαν **απόδοση της χρονικής χρησιμοποιήσεως του δικτύου**.
Σα **θεωρήτική ειδική παροχή αρδεύσεως** σε m^3/h/στρέμμα ορίζεται ο λόγος:

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

Ενώ σα **μέση ειδική παροχή αρδεύσεως** ορίζεται ο λόγος:

$$q_0' = \frac{\Upsilon_\varepsilon}{T} = \frac{q_0}{r}$$

Η θεωρητική συνεχής παροχή του δικτύου Q_s αντιστοιχεί στις ανάγκες σε αρδευτικό νερό ολόκληρης της εξυπηρετούμενης επιφάνειας S, εκφράζεται σε m^3/h κα ορίζεται:

$$Q_s = q_0 \cdot S$$

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Η μέση παροχή του δικτύου κατά την περίοδο του πραγματικού χρόνου αιχμής T' είναι:

$$Q_s{}' = q_0' \cdot S = \frac{Q_s}{r'}$$

Η **μέγιστη παροχή του δικτύου** είναι $R \cdot d$ και η παροχή Q για την οποία πρέπει να υπολογιστεί το δίκτυο, περιλαμβάνεται απαραίτητα μεταξύ του $Q_s{}'$ και του $R \cdot d$

$$Q_s{}' < Q < R \cdot d$$

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Εφαρμογή της θεωρίας των πιθανοτήτων στη λειτουργία των υδροστομίων

Ο **όγκος του νερού** που θα χορηγήσει το δίκτυο σε μια περίοδο *T* ή *T′* είναι:

$$\mathrm{V} = \mathrm{Y}_\varepsilon \cdot S = Q \cdot T = Q' \cdot T'$$

Ενώ ο **μέσος όγκος του νερού** κάθε υδροστομίου για την ίδια περίοδο είναι:

$$\upsilon = \frac{Q' \cdot T'}{\mathrm{R}}$$

Έτσι αν *t′* είναι ο χρόνος της μέσης λειτουργίας ενός υδροστομίου, η παροχή του υδροστομίου *d* δίνεται ως εξής:

$$d = \frac{\upsilon}{t'} = \frac{Q' \cdot T'}{\mathrm{R} \cdot t'}$$

και ο χρόνς ο *t′* προκύπτει ίσος προς:

$$t' = \frac{Q' \cdot T'}{\mathrm{R} \cdot d} = \frac{q_0' \cdot S \cdot T'}{r \cdot R \cdot d}$$

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Ο Clement εισάγει την έννοια της **συχνότητας** ή **πιθανότητας** της μέσης λειτουργίας για κάθε υδροστόμιο ως εξής:

$$p = \frac{\pi\rho\alpha\gamma\mu\alpha\tau\iota\kappa ό\varsigma\ \chi\rho ό\nu o\varsigma\ \alpha\nu o\iota\gamma\mu\alpha\tau o\varsigma\ \mu\iota\alpha\ \upsilon\delta\rho o\lambda\eta\psi\iota\alpha\varsigma\ \sigma\varepsilon\ \mu\iota\alpha\ \eta\mu\varepsilon\rho\alpha}{\pi\rho\alpha\gamma\mu\alpha\tau\iota\kappa\eta\ \delta\iota\alpha\rho\kappa\varepsilon\iota\alpha\ \mu\iota\alpha\varsigma\ \eta\mu\varepsilon\rho\alpha\varsigma\ \alpha\rho\delta\varepsilon\upsilon\sigma\varepsilon\omega\varsigma} =$$

$$= \frac{t'}{T'} = \frac{Q'}{\mathrm{R} \cdot d} = \frac{Q}{r \cdot R \cdot d} = \frac{q_0 \cdot S}{r \cdot R \cdot d}$$

Η πιθανότητα μη λειτουργίας του υδροστομίου είναι:

$$q = 1 - p$$

Η πιθανότητα *p* μπορεί να εκφραστεί και διαφορετικά αν θέσουμε:

$$\mathrm{A} = \frac{q_0 \cdot S}{r \cdot d} = \frac{Q'}{d}$$

Το Α παριστά ένα αριθμό υδροστομίων και επομένως έχουμε:

$$p = \frac{A}{R}$$ δηλαδή ο λόγος δυο αριθμών υδροστομίων

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Επίσης αν θέσουμε:

$$d_0 = \frac{Q}{r \cdot R} = \frac{Q'}{R}$$

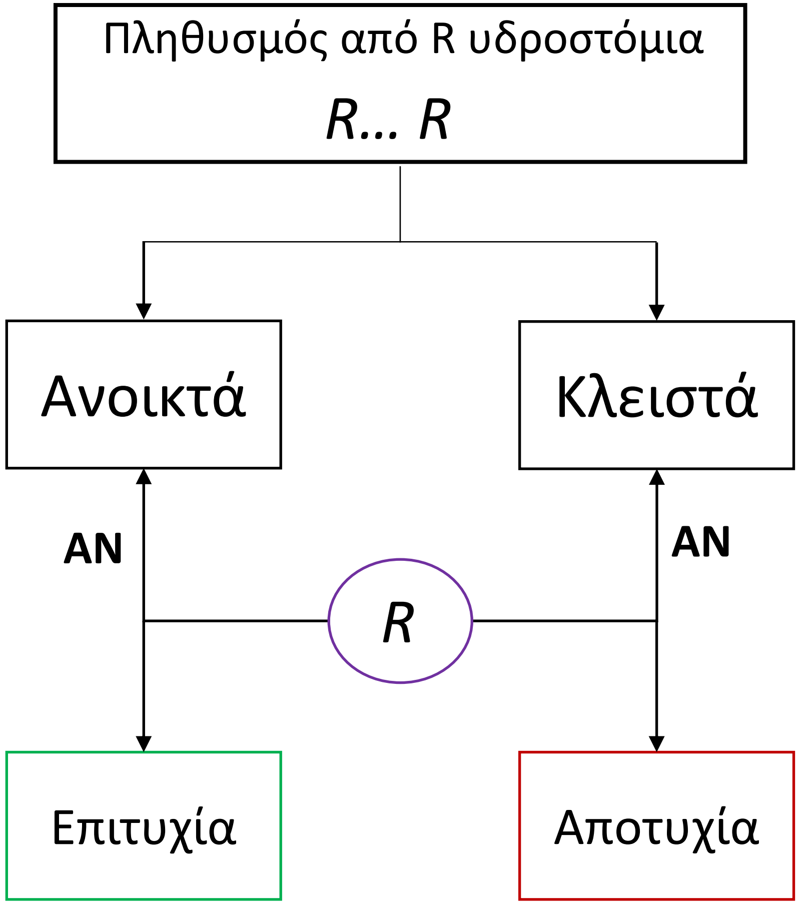
Το d_0 εκφράζει τη συνεχή παροχή αρδεύσεως του ενός υδροστομίου σε m^3/h, δηλαδή την παροχή που έπρεπε να έχει κάθε υδροστόμιο για να ικανοποιηθούν οι συνολικές αρδευτικές ανάγκες σ’όλη την πραγματική διάρκεια τη αρδεύσεως. Έτσι, η πιθανότητα p εκφράζεται σα λόγος δυο παροχών:

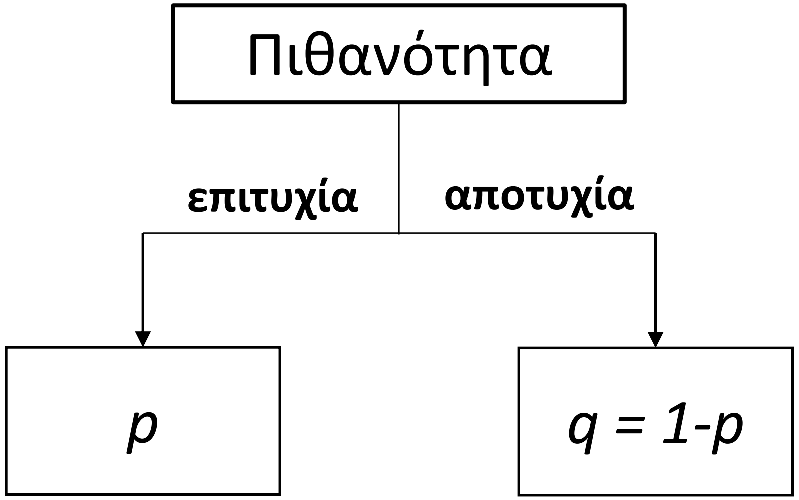
$$\mathrm{p} = \frac{d_0}{d}$$

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Διωνυμική κατανομή

Η κατανομή αυτή εφαρμόζεται στις επανειλημμένες δοκιμές





Το ενδεχόμενο της **λειτουργίας** ή της **μη λειτουργίας** είναι βέβαιο γεγονός και η πιθανότητα ισούται με τη μονάδα:

$$p + q = 1$$

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Η **διωνυμική κατανομή** ισχύει με την προϋπόθεση ότι:

- Η πιθανότητα των επιτυχιών παραμένει σταθερή σε κάθε δοκιμή.
- Οι δοκιμές μεταξύ τους είναι ανεξάρτητες και καλούνται δοκιμές του Bernoulli

Έτσι προκύπτουν κάποια θεωρήματα.

Θεώρημα 1: Εάν $p_1 = p_2 = p_3 = \cdots p_x$ είναι οι πιθανότητες λειτουργίας x υδροστομίων η πιθανότητα P να λειτουργούν ταυτόχρονα τα x υδροστόμια σε μια δοκιμή είναι:

$$P = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdots p_x = p^x$$

Θεώρημα 2: Η πιθανότητα να μη λειτουργούν τα *R-x* υδροστόμια είναι:

$$P = (1 - p_1)(1 - p_2) \cdots (1 - p_{R-x}) = q_1 \cdot q_2 \cdots q_{R-x} = q^{R-x}$$

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Θεώρημα 3: Η πιθανότητα P να λειτουργούν τα x υδροστόμια και να μη λειτουργούν τα *R-x* είναι:

$$P = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdots p_x \cdot q_1 \cdots q_{R-x} = p^x \cdot q^{R-x}$$

Θεώρημα 4: Αν p είναι η πιθανότητα της λειτουργίας (επιτυχία) ενός υδροστομίου και q είναι η πιθανότητα της μη λειτουργίας (αποτυχία), τότε η πιθανότητα σε R υδροστόμια να έχουμε x υδροστόμια ανοικτά ειναι:

$$P_x = {}_{R}C_x \cdot P^x \cdot q^{R-x}$$

όπου

$${}_{R}C_x = \frac{R!}{x!\,(R-x)!} = \binom{R}{x} \longrightarrow$$

ο αριθμός των δυνατών συνδυασμών *R* υδροστομίων ανά *x*, της προηγούμενης ακολουθίας

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Η τυχαία λοιπόν μεταβλητή *x* (ή λειτουργία του υδροστομίου στην προκειμένη περίπτωση) μπορεί να πάρει τις *R+1* ακέραιες τιμες:

$$0, 1, 2, 3, \mathrm{x}, \ldots, \mathrm{R}$$

Όπου η τιμή *x* έχει για πιθανότητα την:

$$P_x = {}_{R}C_x \cdot P^x \cdot q^{R-x}$$

Αυτή η πιθανότητα είναι ο όρος του διωνυμικού αναπτύγματος:

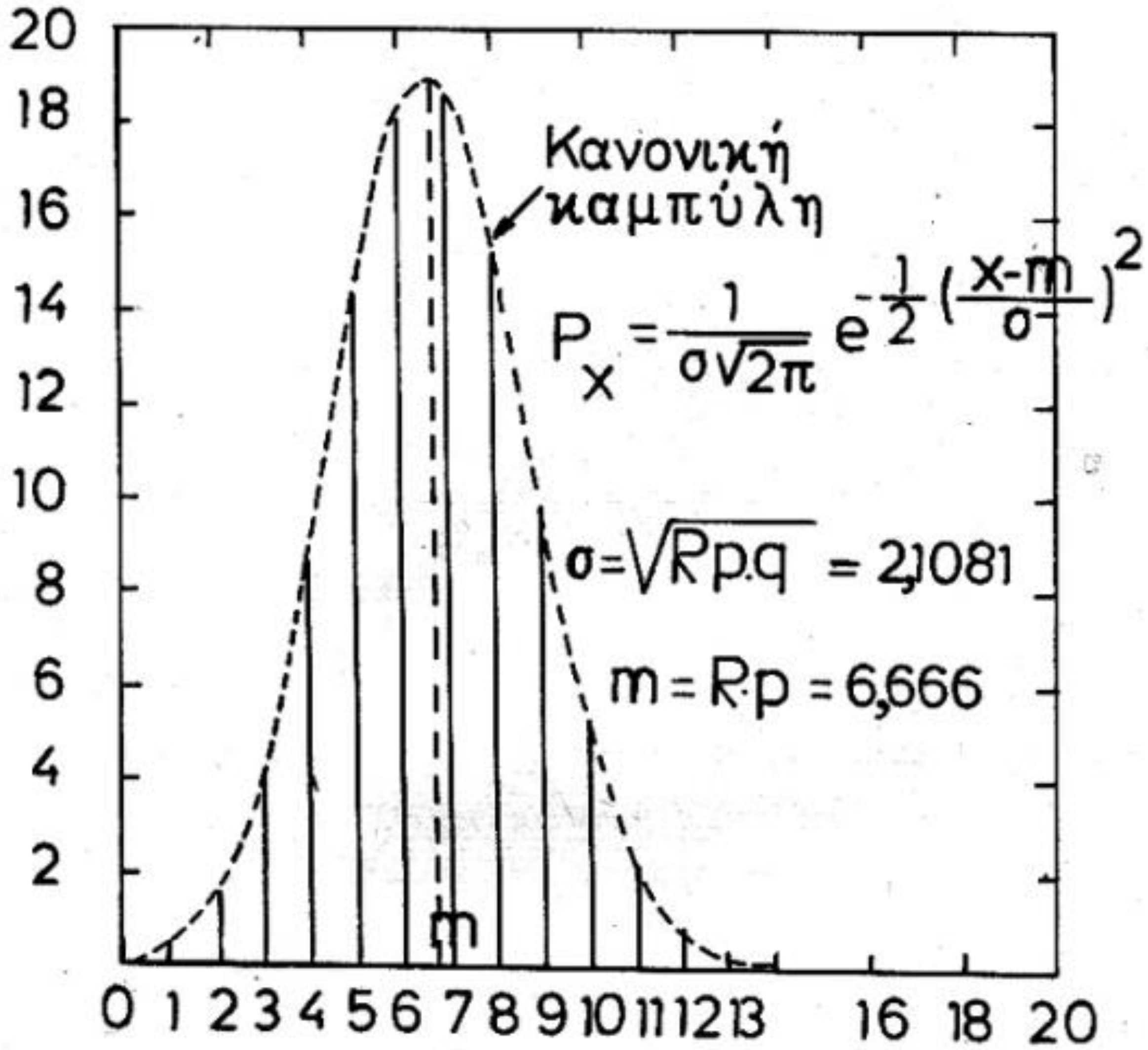
$$(p+q)^R = 1 = p^R + {}_{R}C_1 \cdot p^{R-1} \cdot q + {}_{R}C_2 \cdot p^{R-2} \cdot q^2 + \cdots + {}_{R}C_x \cdot p^x \cdot q^{R-x} + \cdots + {}_{R}C_1 \cdot p^{R-x} + q^R$$

Γι αυτό και η σειρά

$$P_0, P_1, P_2, \ldots, P_x, \ldots, P_R,$$

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

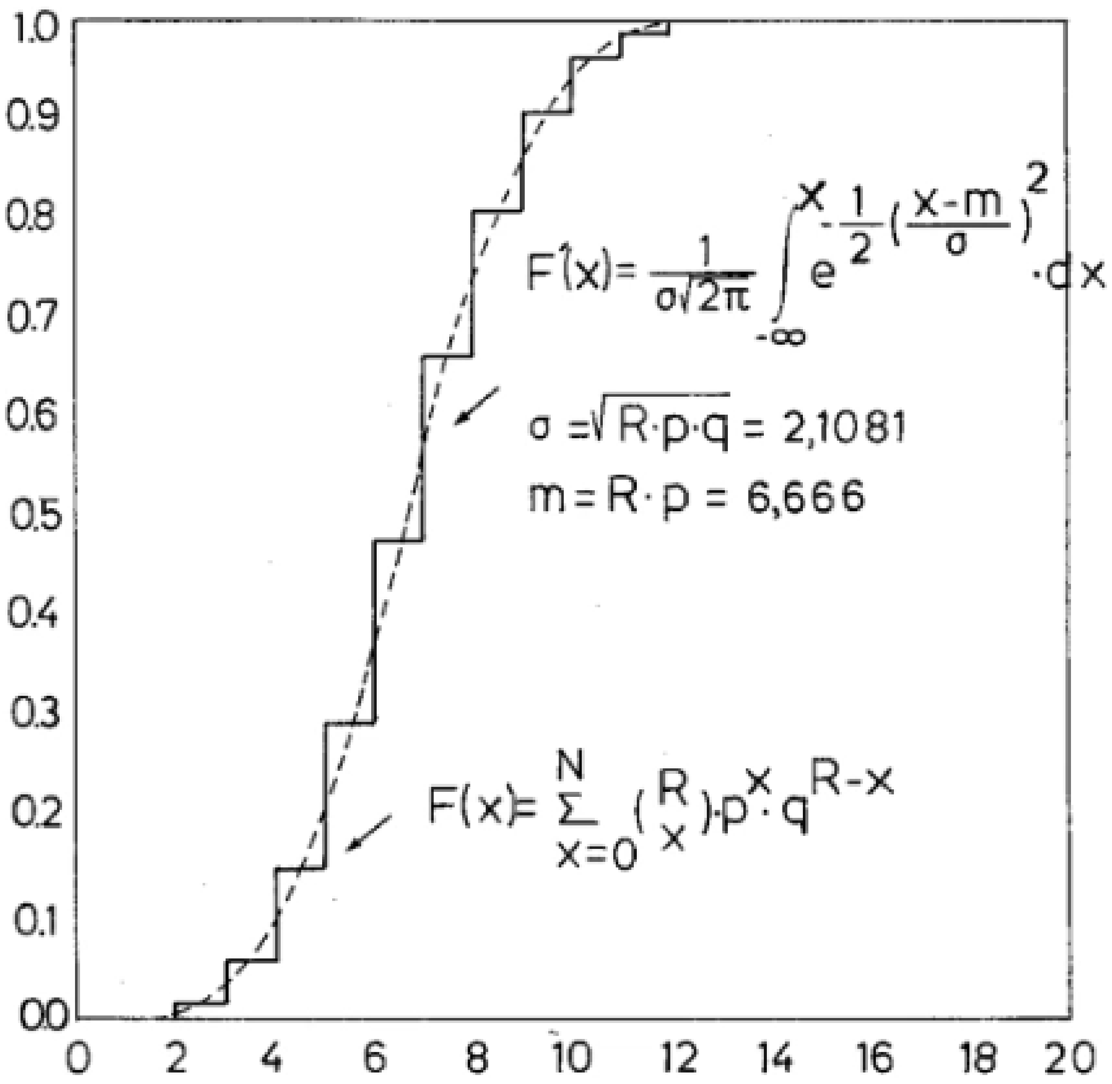
Πιθανότητα επι τοις εκατό % P_x να έχουμε **x** υδροστόμια ανοικτά



Αριθμός ανοικτών υδροστομίων **x**

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Τιμές της συναρτήσεως κατανομής F(x)



Αριθμός των εγκατεστημένων υδροστομίων F

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Ποιότητα λειτουργίας

Θεώρημα 5: Η πιθανότητα να έχουμε σε *R* εγκατεστημένα υδροστόμια του αρδευτικού δικτύου κατά μέγιστο *N* ανοιχτά, είναι:

$$F(x) = \sum_{x=0}^{N} {}_{R}C_{x} \cdot p^{x} \cdot q^{R-x} \qquad (1)$$

ή

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

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι οι πιθανότητες P_x παρέχουν το νόμο της τυχαίας μεταβλητής (υδροστόμιο) x, που είναι ο διωνυμικός, ενώ ο τύπος (1) δίνει τη συνάρτηση $F(x)$ της μεταβλητής *x* δηλαδή:

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

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Η $F(x)$ καλείται **ποιότητα λειτουργίας(Π.Λ)** του δικτύου κατά τον Clement, 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 περισσότερο πολυάριθμες απαιτήσεις.

Η $1 - F(x)$ παριστάνει την πιθανότητα **απώλειας** ή **εμφράξεως** του δικτύου, δηλαδή αν τα *N* υδροστόμια είναι ανοικτά καμιά άλλη ζήτηση δεν μπορεί να ικανοποιηθεί.

Π.χ Π.Λ → **99%**

↓

Στις **100** μεταβάσεις

↓

1 φορά μόνο μη ικανοποιητική παροχή

Αν δίνεται μια **Π.Λ** που περιλαμβάνεται μεταξύ του 0 και 1 αλλά γενικά είναι γειτονική προς τη μονάδα (π.χ 0.95 ή 0.99) ο τύπος (1) που είδαμε προηγουμένως επιτρέπει να υπολογίσουμε για ένα δοσμένο δίκτυο, τον αριθμό *N* των υδροληψιών που θα θεωρήσουμε ότι λειτουργούν ταυτόχρονα.

Ο υπολογισμός των διαστάσεων των διαμέτρων του δικτύου θα είναι τέτοιος ώστε η παροχή $N{\cdot}d$ να εξασφαλίζεται, όσες και αν είναι οι υδροληψίες σε λειτουργία, αρκεί βέβαια ο αριθμός τους να μην ξεπερνά το *N*.

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Για να υπολογίσουμε το *N* όταν γνωρίζουμε τον αριθμό των εγκατεστημένων υδροστομίων R και την πιθανότητα κάθε υδροληψίας *P* θα πρέπει να συντάξουμε ένα πίνακα όπως ο διπλανός και να βρούμε τις αθροιστικές πιθανότητες που μας δίνουν και την ποιότητα λειτουργίας.

Αν R → Πολύ μεγάλο → Σφάλμα

Αν **R = 20** υδροστόμια και $\boldsymbol{F(x)}$ = **98.7%**

N=11

Αριθμός x υδροληψιών ανοικτών	Πιθανότητα μιας ακολουθίας $p^x \cdot q^{R-x}$	${}_RC_x = \binom{R}{x}$	Πιθ. P_x % να έχουμε x υδρολ. ανοικτό	Αθροιστικές πιθανότητες
0	$3.007 \cdot 10^{-4}$	1	0.03	0.0003000
1	$1.503 \cdot 10^{-4}$	20	0.30	0.0033000
2	$7.518 \cdot 10^{-5}$	190	1.43	0.0175900
3	$3.759 \cdot 10^{-5}$	1.140	4.28	0.0604460
4	$1.879 \cdot 10^{-5}$	4.845	9.11	0.1515110
5	$9.397 \cdot 10^{-6}$	15.504	14.57	0.2972130
6	$4.698 \cdot 10^{-6}$	38.760	18.21	0.4793420
7	$2.349 \cdot 10^{-6}$	77.520	18.21	0.6614710
8	$1.174 \cdot 10^{-6}$	125.970	14.79	0.0809450
9	$5.873 \cdot 10^{-7}$	167.960	9.86	0.9081040
10	$2.936 \cdot 10^{-7}$	184.756	5.43	0.9623630
11	$1.468 \cdot 10^{-7}$	167.960	2.47	0.9870260
12	$7.342 \cdot 10^{-8}$	125.970	0.92	0.9962750
13	$3.671 \cdot 10^{-8}$	77.520	0.28	0.9991200
14	$1.835 \cdot 10^{-8}$	38.760	0.07	0.9998320
15	$9.177 \cdot 10^{-9}$	15.504	0,01	0.9999740
16	$4.588 \cdot 10^{-9}$	4.845	$2.22 \cdot 10^{-3}$	0.9999960
17	$2.294 \cdot 10^{-9}$	1.140	$2.61 \cdot 10^{-4}$	0.9999995
18	$1.147 \cdot 10^{-9}$	190	$2.18 \cdot 10^{-5}$	0.9999997
19	$5.735 \cdot 10^{-10}$	20	$1.14 \cdot 10^{-6}$	0.9999997
20	$2.867 \cdot 10^{-10}$	1	$2.86 \cdot 10^{-8}$	0.9999997

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Χαρακτηριστικά στοιχεία διωνυμικής κατανομής – κανονική κατανομή

Όταν το R είναι πολύ μεγάλο → η διωνυμική κατανομή τείνει προς την → κανονική κατανομή

1. <u>Μέση τιμή</u>

Η μέση τιμή της μεταβλητής x δίνεται ως εξής:

$$m\{x\} = \sum_{x=0}^{R} x \cdot P_{(x)}$$

ή

$$m\{x\} = \sum_{x=0}^{R} x \binom{R}{x} \cdot p^{x} \cdot q^{R-x}$$

$$m\{x\} = p \sum_{x=1}^{R} x \binom{R}{x} p^{x-1} \cdot q^{R-x}$$

(Βάζουμε x=1 επειδή ο πρώτος όρος είναι ίσος με 0)

Αλλά έχουμε τη σχέση:

$$x\binom{R}{x} = x \frac{R!}{x!\,(R-x)} = R \frac{(R-1)!}{(x-1)!\,(R-x)!} = R\binom{R-1}{x-1}$$

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Επομένως, η προηγούμενη σχέση καταλήγει:

$$\boldsymbol{m\{x\}} = p \cdot R \sum_{x-1}^{R} \binom{R-1}{x-1} p^{x-1} \cdot q^{R-x} = p \cdot R \sum_{\nu-0}^{R-1} \binom{R-1}{\nu} p^{\nu} \cdot q^{(R-1)\nu} = p \cdot R(p+q)^{\mathrm{R}-1} = \boldsymbol{R \cdot p}$$

γιατί $(p+q)^{\mathrm{R}-1} = 1$

Άρα η **μέση τιμή της x** προκύπτει ίση προς:

$$m\{x\} = R \cdot p$$

1. <u>Διακύμανση</u>

Η διακύμανση μιας μεταβλητής ισούται όπως είναι γνωστό με:

$$u\{x\} = m\{(x - m\{x\})^2\} = m\{x^2\} - m^2\{x\}$$

ή

$$u\{x\} = \sum_{x=0}^{R} (x - m\{x\})^2 \cdot P(x) = \sum_{x=0}^{R} x^2 \cdot P(x) - \left(\sum_{x=0}^{R} x \cdot P(x) \right)^2$$

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Μπορούμε όμως την προηγούμενη σχέση να την γράψουμε λίγο διαφορετικά

$$u\{x\} = m\{x^2\} - m^2\{x\} = m\{x^2\} - m\{x\} - m^2\{x\} + m\{x\} = m\{x(x-1)\} - m\{x\}(\{x\} - 1)$$

και κάνοντας κάποιες πράξεις

$$m\{x(x-1)\} = \sum_{x=0}^{R} x(x-1)\binom{R}{x} \cdot p^x \cdot q^{R-x} =$$

$$= R(R-1) \cdot p^2 \sum_{x=2}^{R} \binom{R-2}{x-2} p^{x-2} \cdot q^{R-x} =$$

$$= R(R-1)p^2(p+q)^{R-2} = R(R-1)p^2$$

καταλήγουμε

$$u\{x\} = R(R-1)p^2 - pR \cdot (p \cdot R - 1) = R \cdot p(1-p) = R \cdot p \cdot q$$

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Από την προηγούμενη σχέση προκύπτει επίσης ο τύπος της **τυπικής απόκλισης**:

$$\sigma = \sqrt{u}(x) = \sqrt{R \cdot p \cdot q}$$

Για να αποδείξουμε τη σύγκλιση της διωνυμικής κατανομής προς την κατανομή Gauss – Laplace εφαρμόζουμε στα παραγοντικά τον τύπο του Stirling:

$$n! = \sqrt{2\pi}\, n^{n+1/2} e^{-n} (1 + E_n)$$

Όπου E_n είναι μια συνάρτηση που τείνει στο μηδέν , όταν το *n* τείνει στο άπειρο

Η συνάρτηση αυτή E_n είναι κατά προσέγγιση:

$$E_n = \frac{1}{12n} + \frac{1}{288n^2} + \cdots$$

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Διαπιστώνουμε από την προηγούμενη απόδειξη ότι η διωνυμική κατανομή τείνει για R αρκετά μεγάλο στην κανονική κατανομή. Αντί λοιπόν να γράφουμε τη σχέση:

$$P_r\{x \leq N\} = \sum_{x=0}^{N} \binom{R}{x} p^x \cdot q^{R-x}$$

και να καταρτίζουμε πίνακες για να βρούμε τη ζητούμενη ποιότητα λειτουργίας είναι πολύ πιο απλό να γράψουμε τη σχέση

$$F'^{(x)} = P_r\{x \leq N\} = \int_{-\infty}^{N} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-1/2(x-m/\sigma)^2}\, dx$$

Και παίρνουμε τις τιμές της *F(x)* από πίνακες έτοιμους της κανονικής κατανομής.

3. ΠΡΩΤΟΣ ΤΥΠΟΣ ΤΟΥ Clement

Έτσι λοιπόν η σχέση:

$$F'^{(x)} = P_r\{x \leq N\} = \int_{-\infty}^{N} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-1/2(x-m/\sigma)^2}\, dx$$

θέσουμε:

$$U = \frac{x-m}{\sigma}$$

τότε αυτή μετασχηματίζεται στην ανοιγμένη συνάρτηση των Gauss-Laplace:

$$F(U) = P_r\{U \leq U_N\} = \int_{-\infty}^{U_N} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{\frac{-U^2}{2}} \cdot dU$$

Οι τιμές τώρα τις $F(U)$ δίνονται από ένα συγκεκριμένο πίνακα.

3. ΠΡΩΤΟΣ ΤΥΠΟΣ ΤΟΥ Clement

Αν στην σχέση:

$$U = \frac{x - m}{\sigma}$$

Για *x=N* μπορεί να γραφεί και ως εξής:

$$U\big(F(x)\big) = \frac{N - R \cdot p}{\sqrt{R \cdot p \cdot q}}$$

ή

$$\boxed{\boldsymbol{N = R \cdot p + U\big(F(x)\big) \cdot \sqrt{R \cdot p \cdot q}}}$$

Η παραπάνω σχέση αποτελεί τον **πρώτο τύπο της ελεύθερης ζήτησης** ή αλλιώς τον **πρώτο τύπο του Clement** και δίνει τον αριθμό των υδροστομίων *N,* που πρέπει να είναι ταυτόχρονα ανοιχτά, για να έχουμε μια **ποιότητα λειτουργίας *F(x)***, που αντιστοιχεί στον αριθμό ***U***.

3. ΠΡΩΤΟΣ ΤΥΠΟΣ ΤΟΥ Clement

Επειδή η πιθανότητα p είναι ίση:

$$p = \frac{q_0 \cdot S}{r \cdot R \cdot d} = \frac{A}{R} \xrightarrow{\text{και}} q = 1 - p$$

ο τύπος που είδαμε προηγουμένως γράφεται:

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

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

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

3. ΠΡΩΤΟΣ ΤΥΠΟΣ ΤΟΥ Clement

Από τον τύπο:

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

διαπιστώνουμε ότι ο αριθμός των υδροστομίων *N*, που προκύπτει από τον τύπο του Clement είναι άθροισμα δυο όρων, του ***A*** και του ***B.***

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

Τιμές παραμέτρων

Δυο είναι βασικά οι παράμετροι από τις οποίες εξαρτάται ο τύπος του Clement:

1. Η απόδοση της χρησιμοποιήσεως του δικτύου ***r***
2. Ο συντελεστής $\boldsymbol{U\big(F(x)\big)}$, που είναι η συνάρτηση της ποιότητας λειτουργίας και που θα τον καλούμε από δω και πέρα ***συντελεστή*** *ποιότητας λειτουργίας*.

3. ΠΡΩΤΟΣ ΤΥΠΟΣ ΤΟΥ Clement

1. Απόδοση χρησιμοποιήσεως του δικτύου *r*

Η τιμή του συντελεστή *r* δίνεται από την σχέση $r = T'/T$, όπου το T' είναι η πραγματική διάρκεια αρδεύσεως μέσα σε μια μέρα. Θεωρούμε ότι στο χρόνο $\mathrm{T} - T'$ δε γίνεται κανένα πότισμα. Στην πραγματικότητα είναι δυνατόν η ζήτηση σε κάθε υδροστόμιο, που χαρακτηρίζεται με την πιθανότητα *p*, αν μην είναι σταθερή, αλλά μεταβλητή. Για λόγους όμως απλοποίησης θεωρούμε ότι κατά το χρόνο $\mathrm{T} - T'$ έχουμε *p=0* , ενώ στον υπόλοιπο χρόνο T' η *p* παραμένει σταθερή. Έως τώρα οι μελετητές παραδέχονται τιμές του *r* μεταξύ:

$$\frac{16}{24} = 0{,}667 \qquad \kappa\alpha\iota \qquad \frac{18}{24} = 0{,}75$$

Ο Clement υποθέτει ότι το *r* οφείλει να είναι πολύ κοντά στη μονάδα και ότι οι κανονισμοί που καθιερώθηκαν είναι πολύ αυστηροί. Οι καλλιεργητές που έχουν εξοικειωθεί στην άρδευση με καταιονισμό, έχουν την τάση να καλλιεργούν σ’ οποιοδήποτε ώρα της μέρας και έτσι με την πάροδο του χρόνου το *r* θα έπρεπε να αυξάνεται και να τείνει προς τη μονάδα.

3. ΠΡΩΤΟΣ ΤΥΠΟΣ ΤΟΥ Clement

2. Τιμή του συντελεστή της ποιότητας λειτουργίας $U\left(F(x)\right)$

Ο συντελεστής $U\left(F(x)\right)$ εξαρτιέται από τη ποιότητα λειτουργίας που εκλέξαμε, δηλαδή από την πιθανότητα που υπάρχει, έτσι ώστε ο αριθμός των ανοικτών υδροστομίων να μη ξεπερνά την ικανότητα μεταφοράς του δικτύου.

Δίνουμε παρακάτω μερικές κύριες τιμές.

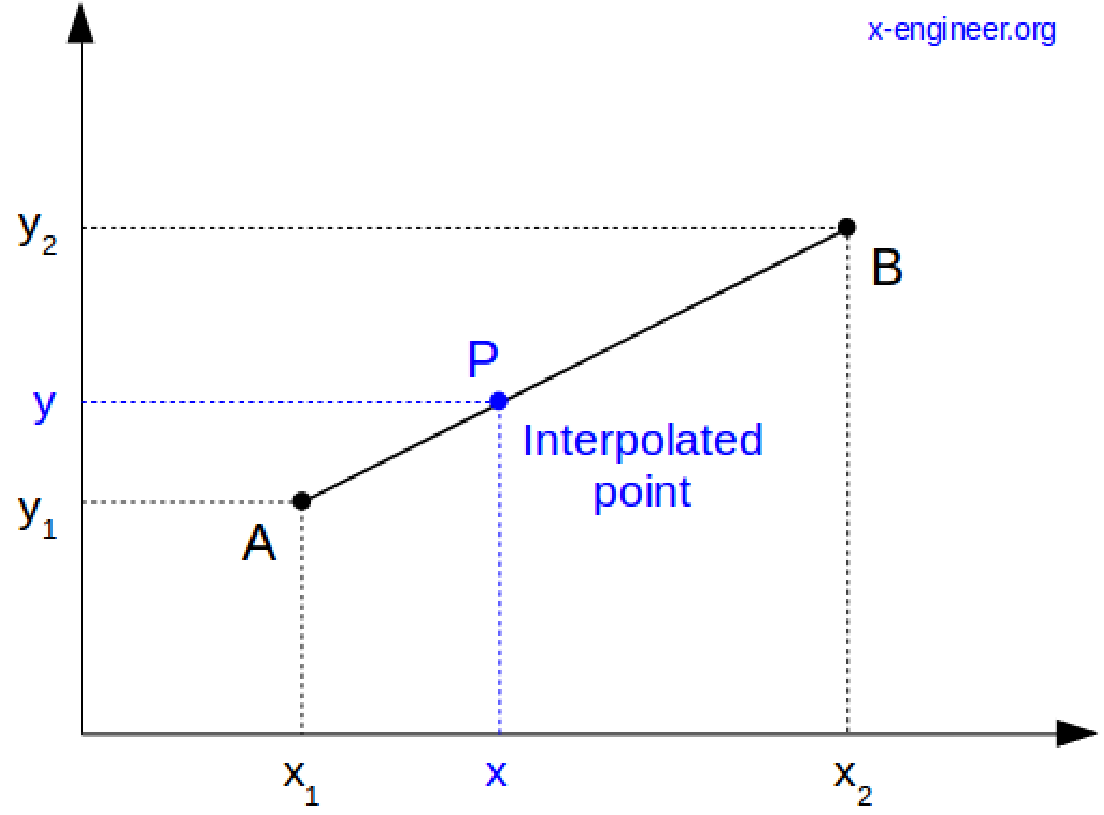
$U\left(F(x)\right)$	$F(x)$ %
3.090	99.9
2.324	99
1.645	95
1.282	90
0.824	30

3. ΠΡΩΤΟΣ ΤΥΠΟΣ ΤΟΥ Clement

U	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	.500000	.503989	.507978	.511966	.515953	.519938	.523922	.527903	.531881	.535856
0,1	.539828	.543795	.547758	.551717	.555670	.559618	.563560	.567495	.571424	.575345
0,2	.579260	.583166	.587064	.590954	.594835	.598706	.602568	.606420	.610261	.614092
0,3	.617911	.621720	.625616	.629300	.633072	.636831	.640576	.644309	.648027	.651732
0,4	.655422	.659097	.662757	.666402	.670031	.673645	.677242	.680822	.684386	.687933
0,5	.691462	.694974	.698468	.702944	.705402	.708840	.712260	.715661	.719043	.722405
0,6	.725747	.729069	.732371	.735653	.738914	.742154	.745373	.748571	.751748	.754903
0,7	.758036	.761148	.764238	.767305	.770350	.773373	.776373	.779350	.782305	.785236
0,8	.788145	.791030	.793892	.796731	.799546	.802338	.805106	.807850	.810570	.813267
0,9	.815940	.818589	.821214	.823814	.826391	.828944	.831472	.833977	.836457	.838913
1,0	.841345	.843752	.846136	.848495	.850830	.853141	.855428	.857690	.859929	.862143
1,1	.864334	.866500	.868643	.870762	.872857	.874928	.876976	.879000	.881000	.882977
1,2	.884930	.886861	.888768	.890651	.892512	.894350	.896165	.897958	.899727	.901475
1,3	.903200	.904902	.906582	.908241	.909877	.911492	.913085	.914656	.916207	.917736
1,4	.919243	.920730	.922196	.923642	.925066	.926471	.927855	.929219	.930563	.931889
1,5	.933193	.934478	.935744	.936922	.938220	.939429	.940620	.941792	.942947	.944083
1.6	.945201	.946301	.947384	.948449	.949497 95%	.950528	.951543	.952540	.953521	.954486
1,7	.955434	.956367	.957284	.958185	.959070	.959941	.960796	.961636	.962462	.963273
1,8	.964070	.964852	.965620	.966375	.967116	.967843	.968557	.969258	.969946	.970621
1,9	.971283	971933	.972571	.973197	.973810	.974412	.975002	.975581	.976138	.976704
2,0	.977250	.977784	.978308	.978822	.979325	.979818	.980301	.980774	.981237	.981691
2,1	.982136	.982571	.982997	.983414	.983823	.984222	.984614	.984997	.985371	.985738
2,2	.986097	.986447	.986791	.987126	.987454	.987776	.988089	.988396	.988696	.988989
2,3	.989276	.989556	.989830	.990097	.990358	.990613	.990862	.991106	.991344	.991576
2,4	.991802	.992024	.992240	.992451	.992656	.992857	.993053	.993244	.993431	.993613
2,5	.993790	.993963	.994132	.994297	.994457	.994614	.994766	.994915	.995060	.995201
2,6	.995339	.995473	.995604	.995731	.995855	.995975	.996093	.996207	.996319	.996427
2,7	.996533	.996636	.996736	.996833	.996928	.997020	.997110	.997197	.997282	.997365
2,8	.997445	.997523	.997599	.997673	.997744	.997814	.997882	.997948	.998012	.998074
2,9	.998134	.998193	.998250	.998305	.998359	.998411	.998462	.998511	.998559	.998605
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
3,0	.998650	.999032	.999313	.999517	.999663	.999767	.999841	.999892	.999928	.999952

3. ΠΡΩΤΟΣ ΤΥΠΟΣ ΤΟΥ Clement

Γραμμική παρεμβολή – linear interpolation



$$y = y_1 + \frac{(x - x_1) \cdot (y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}$$

Για **ΠΛ. 95%** από τον πίνακα έχουμε ότι:

x_1 $\quad$ x $\quad$ x_2

0.949497 < **0.95** < 0.950528

$U \downarrow$ $\quad$ $U \downarrow$

1.6404 $\quad$ 1.6505

y_1 $\quad$ y_2

Παρεμβολή $\downarrow$

1.645

3. ΠΡΩΤΟΣ ΤΥΠΟΣ ΤΟΥ Clement

Οι μελετητές εκλέγουν γενικά τιμές του $\boldsymbol{F(x)}$ ίσες προς 95% και 99%.

Θα φαινόταν τολμηρό να εκλέξει κανείς κάτω από 95% και μάταιο πάνω από 99%.

Οι προηγούμενες παρατηρήσεις ως προς την τιμή του *r* οδηγούν στο συμπέρασμα ότι για ένα καλό αποτέλεσμα θα έπρεπε να εκλέξουμε μια τιμή του *r* πολύ γειτονική του 1 ή ίσως και 1, και επίσης να δεχθούμε για το *U* την τιμή που αντιστοιχεί σε ΠΛ $\boldsymbol{F(x)}$ = 99% δηλαδή ***U*** *= 2.324.*

Ορισμένοι μελετητές θεωρούν ότι θα πρέπει να μεταβάλλουμε την ΠΛ εφόσον μετατοπιζόμαστε από τα άκρα του δικτύου προς την κεφαλή. Δέχονται λοιπόν 99% στα άκρα, για να κατέβουν στο 95% ή ακόμη και στο 90% στην κεφαλή. Εντούτοις τόσο ο Clement όσο και ο Bonnal δε δέχονται αυτή τη μείωση.

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Παρατηρήσεις πάνω στην ελεύθερη ζήτηση

Ένα υδροστόμιο αρδεύσεως χαρακτηρίζεται βασικά από παραμέτρους:

- Τη μέση παροχή *d* που εξαρτιέται ουσιαστικά από τον αριθμό των εκτοξευτήρων, που λειτουργούν ταυτόχρονα στην ή στις γραμμές αρδεύσεως
- Το χρόνο λειτουργίας, ο οποίος όταν οριστεί το *d* εξαρτιέται πλέον από τα εδαφολογικά και γεωργικά χαρακτηριστικά των αγροτεμαχίων, που αρδεύονται από τα υδροστόμιο

Οι δυο αυτές παράμετροι ολοκληρώνονται τελικά στην πιθανότητα της λειτουργίας του υδροστομίου, που χαρακτηρίζει την προσωπική ελευθερία του καλλιεργητή. Έτσι η ελευθερία είναι τόσο πιο μεγάλη όσο η πιθανότητα p είναι πιο μικρή. Ορίζουμε λοιπόν σαν **ατομική ελευθερία *f*** το λόγο:

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

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Παρατηρήσεις πάνω στην ελεύθερη ζήτηση

Η ελευθερία λοιπόν είναι ο λόγος της παρόχής *d* του υδροστομίου προς τη συνεχή παροχή αρδεύσεως του ενός υδροστομίου d_0, είναι δε ελάχιστη όταν *p=1* ή *d*=d_0, δηλαδή έχουμε συνεχή άρδευση με παροχή ίση προς τη θεωρητική

Ο Clement συνιστά μια τιμή του f που ικανοποιεί την παρακάτω ανισότητα:

$$3.33 < f < 5$$

ενώ ο Bonnal δέχεται ότι:

- Για μεγάλα αγροτεμάχια πρέπει να λαμβάνεται:

$$d \approx 1.33\, q_0' \cdot s$$

  Η τιμή αυτήν είναι παραδεκτή από την Compagnie du Bas-Rhone Languedoc για ιδιοκτησίες μεγαλύτερες από 15*ha*

- Για μικρότερα αγροτεμάχια πρέπει να λαμβάνεται:

$$d \approx (2.4 \sim 3)\, q_0' \cdot s$$

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Παρατηρήσεις πάνω στην ελεύθερη ζήτηση

Παράδειγμα στο δίκτυο Καβασίλων

Δεδομένα:

Ειδική παροχή q_0' = 0.086 l/s/στρ.

Ένα υδροστόμιο εξυπηρετεί s = 23.5 στρ.

Σύμφωνα με τον Bonnal:

$$\left.\begin{array}{c} d = 3 \cdot 0{,}086 \cdot 23.5 = 6.06\ l/s \\ \text{και} \\ d_0 = 0{,}086 \cdot 23.5 = 2.02\ l/s \end{array}\right\} \quad \boxed{f = \frac{d}{d_0} = 3}$$

Οι μελετητές του δικτύου Καβασίλων διάλεξαν μια θεωρητική ελευθερία *f = 2.8.*

Τελική η ελευθερία που έχει κάθε καλλιεργητής είναι εντελώς υποκειμενική έννοια και πρέπει να προσδιορίζεται από προσεκτική εξέταση των παρακάτω διαφόρων παραγόντων που περιορίζουν ή αυξάνουν την ελευθερία σε κάθε ειδική περίπτωση:

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Παρατηρήσεις πάνω στην ελεύθερη ζήτηση

1. Η διάταξη των αγροτεμαχίων, η μορφή, τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά, η μέση επιφάνεια και η απόσταση αυτών.
2. Ο τρόπος που χρησιμοποιείται το φορητό υλικό (συλλογικό ή ατομικός)
3. Οι εφαρμοζόμενες καλλιέργειες
4. Τα διαθέσιμα εργατικά χέρια
5. Το απόθεμα του υλικού αρδεύσεως
6. Το επίπεδο και ο τρόπος ζωής των καλλιεργητών κλπ.

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω χαρακτηριστικά και τον τύπο της ατομικής ελευθερίας που είδαμε πιο πριν εκλέγεται η d (ίση με το άθροισμα της παροχής των εκτοξευτήρων) και ελέγχεται η f σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια.

Στο ελεύθερο όμως εμπόριο υπάρχουν συσκευές περιορισμού της παροχής με καθορισμένες τιμές $d_1, d_2,\ d_3, \ldots$ χωρίς ενδιάμεσες τιμές. Έτσι αν η υπολογισθείσα παροχή d του υδροστομίου πέσει μεταξύ δυο τιμών του εμπορίου, **διαλέγουμε πάντοτε τη μεγαλύτερη τιμή** και η πραγματική ελευθερία f' θα είναι μεγαλύτερη από αυτήν που εκλέξαμε αρχικά

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Γενίκευση και εφαρμογή του τύπου της ζήτησης

Στον πρώτο τύπο του Clement είδαμε πως εμφανίζεται η μέση παροχή ενός υδροστομίου. Μέσα σε ένα δίκτυο αρδεύσεως είναι δυνατό οι παροχές να είναι μεταβλητές και να διανέμονται έτσι σε ένα ορισμένο αριθμό τάξεων, που να εξαρτιούνται από τους περιοριστές των παροχών, που κάθε υδροστόμιο είναι εφοδιασμένο.

Έστω λοιπόν i μια από αυτές τις τάξεις που περιλαμβάνουν R_i υδροστόμια με παροχή d_i και μέση πιθανότητα p_i. Ο πρώτος τύπος του Clement μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε από τις τάξεις i. Επιπλέον έχει τη θεμελιώδη ιδιότητα ότι είναι προσθετικός. Μπορούμε λοιπόν να γράψουμε , αν ονομάσουμε Q_N την παροχή της αιχμής,

$$Q_N = \mu\varepsilon\sigma\eta\ \tau\iota\mu\eta\ \tau\eta\varsigma\ \pi\alpha\rho o\chi\eta\varsigma + U(F(x)) \cdot \sqrt{\delta\iota\alpha\kappa\acute{\upsilon}\mu\alpha\nu\sigma\eta\ \tau\eta\varsigma\ \pi\alpha\rho o\chi\eta\varsigma}$$

Αλλά

$$\mathrm{M}\varepsilon\sigma\eta\ \tau\iota\mu\eta\ \tau\eta\varsigma\ \pi\alpha\rho o\chi\eta\varsigma = \sum_i p_i \cdot R_i \cdot d_i$$

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Γενίκευση και εφαρμογή του τύπου της ζήτησης

Επειδή δε τα υδροστόμια είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους, η διακύμανση του αθροίσματος είναι ίση με το άθροισμα των διακυμάνσεων. Αλλά η διακύμανση της παροχής είναι ίση προς $R_i \cdot p_i \cdot q_i \cdot di^2$. Τελικά λοιπόν ο τύπος της γενικευμένης ζήτησης είναι:

$$Q_N = \sum_i R_i \cdot p_i \cdot d_i + U\big(F(x)\big)\sqrt{\sum_i R_i \cdot p_i \cdot q_i \cdot di^2}$$

Για την πρακτική εφαρμογή της μεθόδου ακολουθούμε την παρακάτω πορεία:

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

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Γενίκευση και εφαρμογή του τύπου της ζήτησης

Για την πρακτική εφαρμογή της μεθόδου ακολουθούμε την παρακάτω πορεία:

4. Υπολογίζουμε την πιθανότητα λειτουργίας των υδροστομίων με βάση την εξίσωση:

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

5. Εκλέγουμε μια ποιότητα λειτουργίας $F(x)$ και τον αντίστοιχο συντελεστή $U\big(F(x)\big)$. Στη συνέχεια υπολογίζουμε από τον τύπο του Clement τον αριθμό των υδροστομίων *N*, για να υπολογίσουμε τον κοινό αγωγό στην αρχή του δικτύου και την ισχύ του αντλιοστασίου:

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

$$Q = N \cdot d$$

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Γενίκευση και εφαρμογή του τύπου της ζήτησης

Για την πρακτική εφαρμογή της μεθόδου ακολουθούμε την παρακάτω πορεία:

Αν υπάρχουν υποομάδες με διαφορετικές παροχές d_i τότε χρησιμοποιούμε τον τύπο 1 της διαφάνειας.

6. Για να υπολογίσουμε τις διαμέτρους των αγωγών των υποδικτύων με υδροστόμια $R_1, R_2,\ldots, R_n$ και παροχή υδροστομίων d, χρησιμοποιούμε τον παρακάτω τύπο και βρίσκουμε τα $N_1, N_2,\ldots,N_n$ υδροστόμια και τις αντίστοιχες παροχές
$$Q_1 = N_1 \cdot d, Q_2 = N_2 \cdot d, \ldots, Q_n = N_n \cdot d$$
με τις οποίες και υπολογίζουμε τις διαμέτρους των αγωγών.

$$Q_N = \sum_i R_i \cdot p_i \cdot d_i + U\big(F(x)\big) \sqrt{\sum_i R_i \cdot p_i \cdot {d_i}^2} \qquad (1)$$

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Αριθμητική εφαρμογή

Αρδευτικό δίκτυο Καβασίλων
Το δίκτυο έχει:

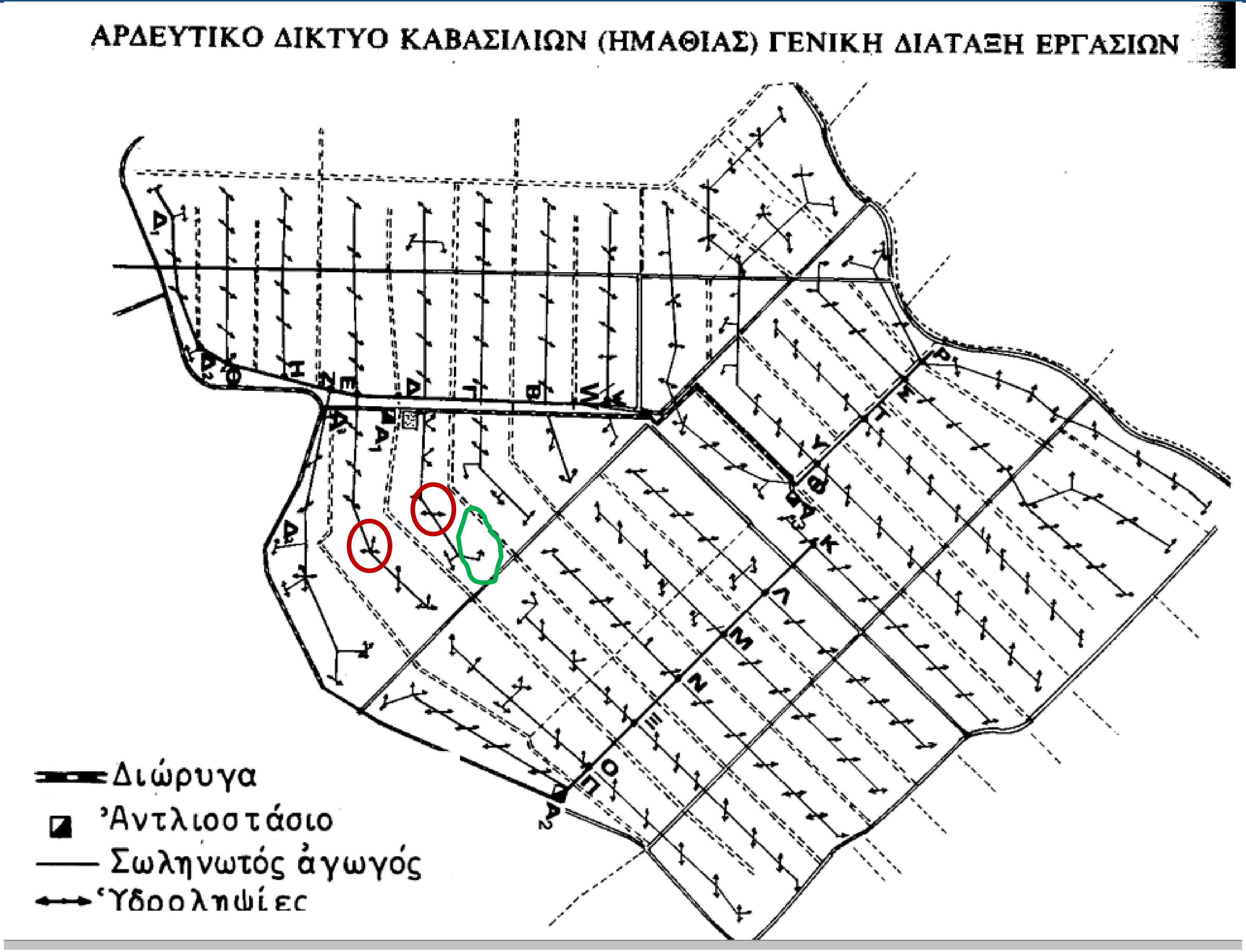
- ακαθάριστη έκταση 11.800 στρ. και
- Καθαρή αρδεύσιμη έκταση 10.750στρ.

Ζώνη αντλιοστασίου	A_1	3.600	στρέμματα
>>	A_2	3.500	>>
>>	A_3	3.650	>>
Συνολική έκταση		10.750	στρέμματα

Το q_0 έχει υπολογιστεί με βάση τις ανάγκες των καλλιεργειών κατά τον κρίσιμο μήνα Ιούλιο και είναι ίση με

$$q_0 = 0.0575 \text{ l/s/στρ.}$$

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ



3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Αριθμητική εφαρμογή

Από τους μελετητές η απόδοση χρησιμοποιήσεως εκλέχτηκε ίση προς:

$$r = \frac{16}{24} = 0,666$$

Ο αριθμός των εγκατεστημένων υδροστομίων σε κάθε περιοχή είναι:

Ζώνη αντλιοστασίου	A_1	R = 151	υδροστόμια
>>	A_2	R = 149	>>
>>	A_3	R = 156	>>
Συνολική έκταση		R = 456	υδροστόμια

Η εξυπηρετούμενη από κάθε υδροστόμιο αρδευτική έκταση είναι ίση με:

$$s_1 = \frac{S_1}{R} = \frac{3.600}{151} = 23.84\ \sigma\tau\rho.$$

$$s_2 = \frac{S_2}{R} = \frac{3.500}{149} = 23.84\ \sigma\tau\rho.$$

$$s_3 = \frac{S_3}{R} = \frac{3.650}{156} = 23.39\ \sigma\tau\rho.$$

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Αριθμητική εφαρμογή

Άρα κατά μέσο όρο έχουμε $s = \frac{S}{R} = 23.50$ στρέμματα

Ενώ η μέση ειδική παροχή αρδεύσεως είναι ίση με:

$$q_0' = \frac{q_0}{r} \approx 0.086 \text{ l/s/στρ.}$$

Η συνεχής παροχή αρδεύσεως για κάθε υδροστόμιο είναι ίση με:

$$d_0 = \frac{Q}{r \cdot R} = \frac{q_0 \cdot S}{r \cdot R} = 0.086 \cdot 23.50 = 2.02\ l/s$$

Από τους μελετητές εκλέχτηκα εκτοξευτήρες Ισραηλινής προέλευσης σε διάταξη 12x18 με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Πίεση λειτουργίας: $p_a = 2atm$
Παροχή εκτοξευτήρα: 1.69 m^3/h

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Αριθμητική εφαρμογή

Συνολικά τοποθετήθηκαν 12 εκτοξευτήρες σε κάθε γραμμή αρδεύσεως και η παροχή του υδροστομίου d είναι:

$$d = 12 \times 1.69 \frac{1000}{3.600} = 5.63\ l/s$$

Η θεωρητική ελευθερία είναι ίση:

$$f = \frac{5.63}{2.02} = 2.78$$

Έχουν εκλεγεί όμως περιοριστές παροχής της τάξης $d = 6\,\mathrm{l}/s$, οπότε η πραγματική ελευθερία είναι:

$$f' = \frac{5.63}{2.02} = 2.97 > f$$

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Αριθμητική εφαρμογή

Η πιθανότητα λειτουργίας ενός υδροστομίου υπολογίζεται με βάση τον τύπο:

$$p = \frac{q_0 \cdot S}{r \cdot R}\frac{1}{d} = \frac{q_0 \cdot s}{r \cdot d} = \frac{0.0575 \cdot 23.5}{0.666 \cdot 6} = 0.338$$

Η πιθανότητα αυτή θεωρείται σταθερή σε όλο το δίκτυο και έτσι εφαρμόζουμε πια τον τύπο του Clement

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

Σαν ποιότητα λειτουργίας εκλέχτηκε από τους μελετητές:

$$F(x) = 99\% \qquad \rightarrow \qquad U\big(F(x)\big) = 2.324$$

Έτσι ο παραπάνω τύπος παίρνει την μορφή:

$$N = 0.338 \cdot \mathrm{R} + 2.324\sqrt{R \cdot \ 0.338(1 - 0.338)} = 0.338 \cdot R + 1.324\sqrt{R}$$

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΗΤΗΣΗ

Αριθμητική εφαρμογή

Με βάση λοιπόν τον προηγούμενο τύπο υπολογίζουμε για κάθε αντλιοστάσιο την παροχή του ως εξής:

Αντλιοστάσιο A_1

$$N_1 = 0.338 \cdot 151 + 1.103\sqrt{151} = 51.03 + 13.55 = 64.59 \approx \textbf{65 υδροστόμια}$$

$$\boldsymbol{Q_1} = 65.6 = 390 l/s$$

Αντλιοστάσιο A_2

$$N_2 = 0.338 \cdot 149 + 1.103\sqrt{149} = 50.36 + 13.46 = 63.82 \approx \textbf{63 υδροστόμια}$$

$$\boldsymbol{Q_2} = 63.6 = 378 l/s$$

Αντλιοστάσιο A_3

$$N_3 = 0.338 \cdot 156 + 1.103\sqrt{156} = 52.73 + 13.77 = 66.50 \approx \textbf{67 υδροστόμια}$$

$$\boldsymbol{Q_2} = 67.6 = 402 l/s$$