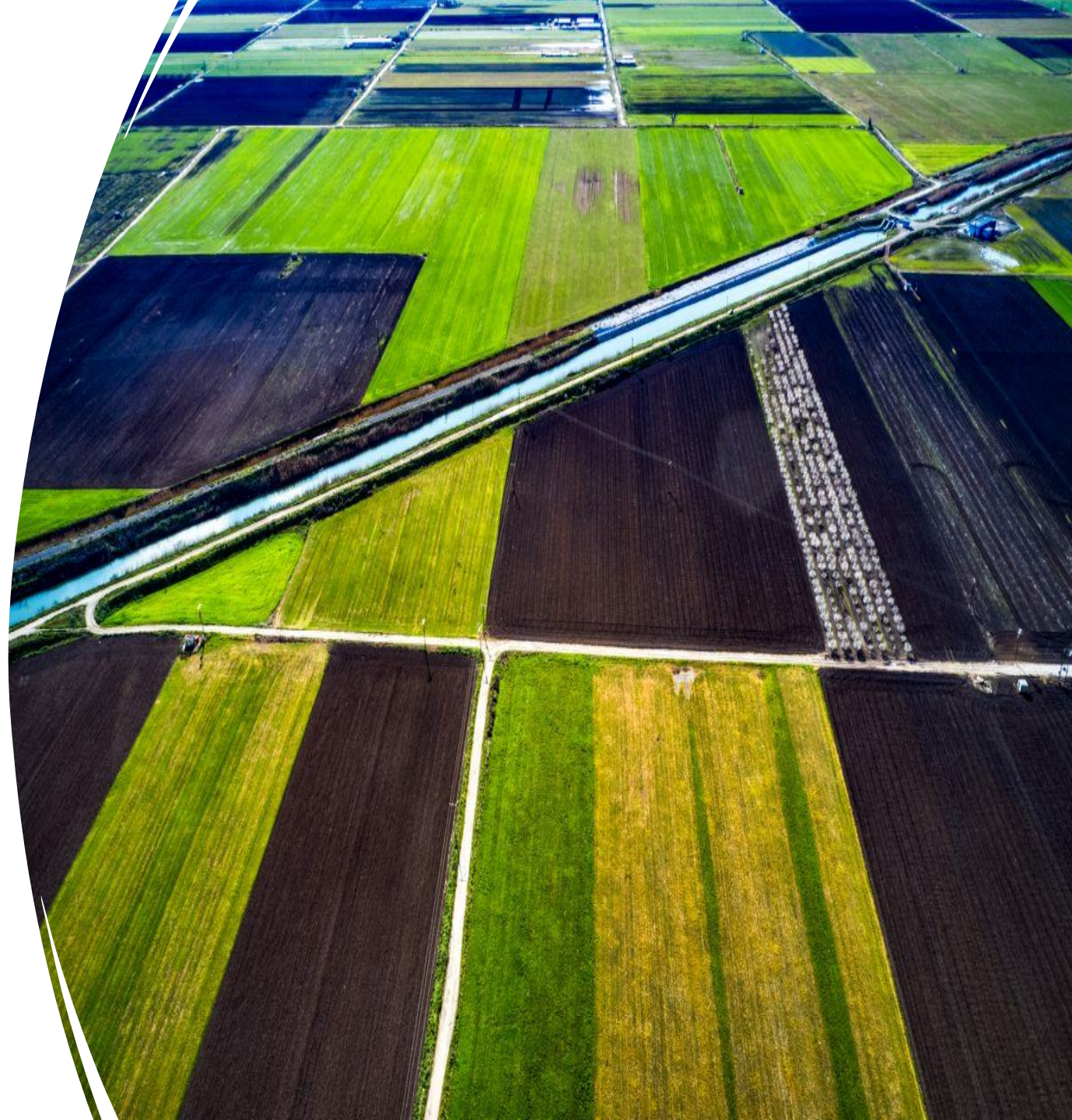


# ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΑ ΕΡΓΑ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

- Σαμαρίνας Ν.
- Ευαγγελίδης Χ.



### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

#### Ελαχιστοποίηση του κόστους

Η ολική δαπάνη του δικτύου εκφράζεται ως εξής:

$$P = \sum_{i=1}^n \delta_i(\Delta h_i, l_i, Q_i) \cdot l_i = \sum_{i=1}^n A \cdot D^v \cdot l_i = \sum_{i=1}^n A \cdot \frac{1}{C_0^v} \cdot \left( \frac{Q_i \cdot l_i^y}{\Delta h_i^y} \right)^{\frac{v}{x+2}} \cdot l_i$$

ή

$$P = \sum_{i=1}^n \frac{A}{C_0^v} \cdot \left[ \frac{l_i Q_i^{\frac{v}{y\nu+2+x}}}{\Delta h_i^{\frac{v}{y\nu+2+x}}} \right]^{\frac{y\nu+2+x}{2+x}}$$

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

**Ελαχιστοποίηση του κόστους**

$$\text{ή } P = \sum_{i=1}^n \frac{A}{C_0^\nu} \cdot \left[ \frac{l_i Q_i^z}{\Delta h_i^{yz}} \right]^\omega \quad \text{όπου} \quad z = \frac{\nu}{y\nu + 2 + x} \quad \text{και} \quad \omega = \frac{y\nu + 2 + x}{2 + x}$$

Εισάγουμε τώρα για κάθε αγωγό τη συνάρτηση:

$$\varphi_i = \left( \frac{A}{C_0^\nu} \right)^{1/\omega} \cdot l_i \cdot Q_i^z$$

Οπότε η παραπάνω σχέση γράφεται:

$$P = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\varphi_i}{\Delta h_i^{yz}} \right]^\omega$$

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

#### Ελαχιστοποίηση του κόστους

Η συνάρτηση  $\varphi_i$  εξαρτιέται μόνο από τους συντελεστές  $A$  και  $C_0$  του εκθέτες  $x, y, v$  και τις παραμέτρους  $l_i$  και  $Q_i$ . Η συνάρτηση  $\varphi_i$  εύκολα προσδιορίζεται για κάθε αγωγό από τα δεδομένα του προβλήματος. Σαν παράδειγμα αναφέρουμε:

Δίνεται ένας αγωγός μήκους  $l_i = 400m$  με παροχή  $Q_i = 40l/s$ . Το υλικό του αγωγού είναι από αμιαντοτσιμεντοσωλήνα και ζητείται να προσδιοριστεί η μορφή της συνάρτησης  $\varphi_i$ . Έχουμε λοιπόν:

1. Περίπτωση χρησιμοποίησης του τύπου των *Darcy-Weisbach*:

$$C_0 = \frac{1.6465}{f^{0.2}} \quad (x = 0.5, y = 0.5)$$

Σα συνάρτηση κόστους-διαμέτρου παίρνουμε τη:

$$\delta = 4114.2 \cdot D^{1.55818} \quad \mu\epsilon \quad (A = 4114.2, v = 1.55818)$$

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

Ελαχιστοποίηση του κόστους

$$z = \frac{\nu}{y\nu + 2 + x} = \frac{1.55818}{0.5 \cdot 1.55818 + 2.5} = \frac{1.55818}{3.27909} = 0.4752$$

$$\omega = \frac{y\nu + 2 + x}{2 + x} = \frac{3.27909}{2.5} = 1.311, \quad \frac{1}{\omega} = 0.762$$

$$C_0^\nu = \left( \frac{1.6465}{f^{0.2}} \right)^{1.55818} = \frac{2.175}{f^{0.0814}}$$

$$\varphi_i = \left( \frac{A}{C_0^\nu} \right)^{1/\omega} \cdot l_i \cdot q_i^z = \left( \frac{4114.2}{\frac{2.175}{f^{0.0814}}} \right)^{0.762} \cdot 400 \cdot 0.04^{0.4752} = f^{0.148} \cdot 314\,400 \cdot 0.216 \Rightarrow$$

$$\varphi_i = 27\,207.49 \cdot f^{0.148}$$



### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

#### Ελαχιστοποίηση του κόστους

2. Περίπτωση χρησιμοποίησης του τύπου Scimemi:

Στην περίπτωση αυτήν έχουμε:

$$C_0 = 4.32 \quad (x = 0.68, y = 0.56)$$

$$z = \frac{\nu}{y\nu + 2 + x} = \frac{1.55818}{0.56 \cdot 1.55818 + 1.68} = \frac{1.55818}{3.55258} = 0.4386$$

$$C_0^\nu = (4.32)^{1.55818} = 9.77683$$

$$\omega = \frac{y\nu + 2 + x}{2 + x} = \frac{3.55258}{2.68} = 1.32559, \quad \frac{1}{\omega} = 0.7544$$

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

#### Ελαχιστοποίηση του κόστους

2. Περίπτωση χρησιμοποίησης του τύπου Scimemi:

Τελικά θα έχουμε:

$$\varphi_i = \left( \frac{A}{C_0^\nu} \right)^{1/\omega} \cdot l_i \cdot q_i^z = \left( \frac{4114.2}{9.77683} \right)^{0.7544} \cdot 400 \cdot 0.04^{0.4386} = 95.41 \cdot 400 \cdot 0.243 \Rightarrow$$


$$\varphi_i = 9301$$

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

#### Ελαχιστοποίηση του κόστους

1. Περίπτωση χρησιμοποίησης του τύπου των *Darcy-Weisbach*:


$\varphi_i$



Συνάρτηση του συντελεστή τριβής  $f$

2. Περίπτωση χρησιμοποίησης του τύπου *Scimemi*:

$\varphi_i$



Σταθερή ποσότητα

Η συνάρτηση  $\varphi_i$  μπορεί να προσδιοριστεί για όλους τους αγωγούς του δικτύου σύμφωνα με το παράδειγμα που δείξαμε. Η συνάρτηση  $P$  στην περίπτωση του τύπου του **Scimemi** εκφράζεται πια σε συνάρτηση των  $n$  αγνώστων  $\Delta h_i$ , ενώ στην περίπτωση του τύπου των **Darcy-Weisbach** εξαρτιέται ακόμη και από τους  $n$  αριθμούς  $f_i$ .



### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

#### Ελαχιστοποίηση του κόστους

Ζητάμε λοιπόν την ελαχιστοποίηση της συνάρτησης:

$$P = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\varphi_i}{\Delta h_i^{yz}} \right]^{\omega}$$

Με τους περιορισμούς:

$$\Delta h_i > 0 \quad \text{για όλα τα } i \quad \text{και}$$

$$\sum_{i=1}^i \Delta h_i = H_0 - H_j$$

για όλες τις **πλήρεις διαδρομές**, δηλαδή ο δείκτης  $j$  παίρνει  $k$  τιμές όσα είναι και τα **πέρατα** του δικτύου. Θέτουμε τώρα:

$$f_i = \sum_{i=1}^i \Delta h - (H_0 - H_j) = 0$$

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

#### Ελαχιστοποίηση του κόστους

Για να βρούμε το ελάχιστο της συνάρτησης  $P$ , γνωρίζοντας ότι τα  $\Delta h_i$  υπόκεινται στους περιορισμούς που είδαμε πριν, **μηδενίζουμε** τις  $n$  πρώτες παραγώγους της παράστασης:

$$F = P + \sum_{j=1}^k \lambda_j \cdot f_j$$

δηλαδή:

$$\frac{\partial F}{\partial \Delta h_i} = \frac{\partial P}{\partial \Delta h_i} + \sum_{j=1}^k \lambda_j \cdot \frac{\partial f_j}{\partial \Delta h_i} = 0$$

Οι παραπάνω συντελεστές  $\lambda_j$  καλούνται **πολλαπλασιαστές του Lagrange**.

Από την σχέση:

$$P = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\varphi_i}{\Delta h_i^{yz}} \right]^\omega \quad \text{παίρνουμε} \quad \frac{\partial P}{\partial \Delta h_i} = -\omega \cdot y \cdot z \cdot \frac{\varphi_i^\omega}{\Delta h_i^{\omega yz + 1}}$$

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

**Ελαχιστοποίηση του κόστους**

ενώ από τη σχέση:

$$f_i = \sum_{i=1}^i \Delta h_i - (H_0 - H_j) = 0 \quad \text{παίρνουμε} \quad \frac{\partial f_j}{\partial \Delta h_i} = 1$$

Έτσι η εξίσωση

$$\frac{\partial F}{\partial \Delta h_i} = \frac{\partial P}{\partial \Delta h_i} + \sum_{j=1}^k \lambda_j \cdot \frac{\partial f_i}{\partial \Delta h_i} = 0$$

γίνεται:

$$\frac{\partial P}{\partial \Delta h_i} = -\omega \cdot y \cdot z \cdot \frac{\varphi_i^\omega}{\Delta h_i^{\omega y z + 1}} + \sum_{j=1}^k \lambda_j = 0 \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

#### Ελαχιστοποίηση του κόστους

Υπενθυμίζουμε ότι το άθροισμα  $\sum \lambda_j$  νοείται για πλήρεις διαδρομές.

Απο τις σχέσεις:

$$P = \sum_{i=1}^n \frac{A}{C_0^v} \cdot \left[ \frac{l_i Q_i^z}{\Delta h_i^{yz}} \right]^\omega \quad \text{όπου} \quad z = \frac{v}{yv + 2 + x} \quad \text{και} \quad \omega = \frac{yv + 2 + x}{2 + x}$$

παίρνουμε

$$\omega \cdot y \cdot z + 1 = \frac{yv + 2 + x}{2 + x} \cdot y \cdot \frac{v}{yv + 2 + x} + 1 = \frac{yv}{2 + x} + 1 = \frac{yv + 2 + x}{2 + x} = \omega$$

Και η σχέση:

$$\frac{\partial P}{\partial \Delta h_i} = -\omega \cdot y \cdot z \cdot \frac{\varphi_i^\omega}{\Delta h_i^{\omega yz + 1}} + \sum_{j=1}^k \lambda_j = 0 \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

Ελαχιστοποίηση του κόστους

γίνεται

$$\omega \cdot y \cdot z \left[ \frac{\varphi_i}{\Delta h_i^{yz}} \right]^\omega = \sum_{j=1}^k \lambda_j, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

Έτσι λοιπόν η ελαχιστοποίηση της συνάρτησης  $P$  μας οδηγεί στην επίλυση του ακόλουθου προβλήματος:

$$\omega \cdot y \cdot z \left[ \frac{\varphi_i}{\Delta h_i^{yz}} \right]^\omega = \sum_{j=1}^k \lambda_j, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^j \Delta h_i - (H_0 - H_n) = 0 \quad j = 1, 2, 3, \dots, k$$

Σύστημα μη γραμμικό

Επίλυση με επαναληπτικές μεθόδους

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

#### ΑΣΚΗΣΗ

Δίδονται δυο αγωγοί με τα εξής χαρακτηριστικά:

α)  $l=500\text{m}$ ,  $Q=50\text{l/s}$ ,  $A=452$ ,  $\nu=1.75$  στη σχέση  $\delta = A \cdot D^\nu$  ( $D$  σε μέτρα)

β)  $l=700\text{m}$ ,  $Q=60\text{l/s}$  και ίδια  $A$  και  $\nu$ .

Χρησιμοποιώντας την τιμή  $f=0.013$  να βρείτε τα  $\varphi$  των αγωγών.

α) *Darcy-Weisbach*:

$$C_0 = \frac{1.6465}{f^{0.2}} \quad (x = 0.5, y = 0.5)$$

Σα συνάρτηση κόστους-διαμέτρου παίρνουμε τη:

$$\delta = 452 \cdot D^{1.75} \quad \text{με} \quad (A = 452, \nu = 1.75)$$

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

#### ΑΣΚΗΣΗ

$$z = \frac{v}{yv + 2 + x} = 0.518$$

$$\omega = \frac{yv + 2 + x}{2 + x} = 1.35, \quad \frac{1}{\omega} = 0.74$$

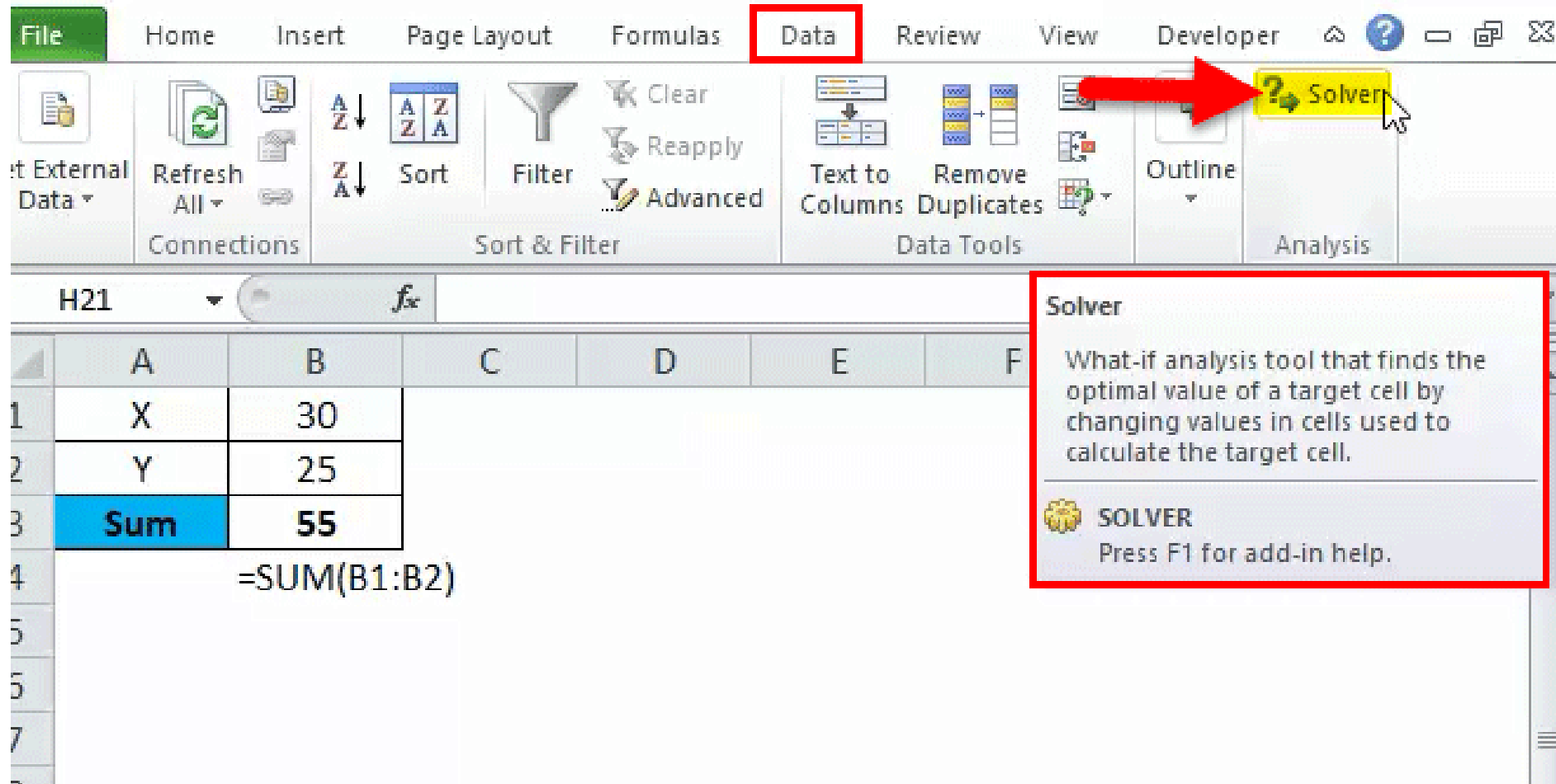
$$C_0^v = \left( \frac{1.6465}{f^{0.2}} \right) = 3.924$$

$$\varphi_i = \left( \frac{A}{C_0^v} \right)^{1/\omega} \cdot l_i \cdot q_i^z = \left( \frac{452}{10.94} \right)^{0.74} \cdot 500 \cdot 0.05^{0.518} = \mathbf{1665.04}$$



### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

# Solver Tool in Excel



The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the 'Data' tab selected in the ribbon. The 'Solver' button is highlighted in yellow, and a red arrow points to it. A tooltip for the Solver tool is displayed, providing a definition and instructions.

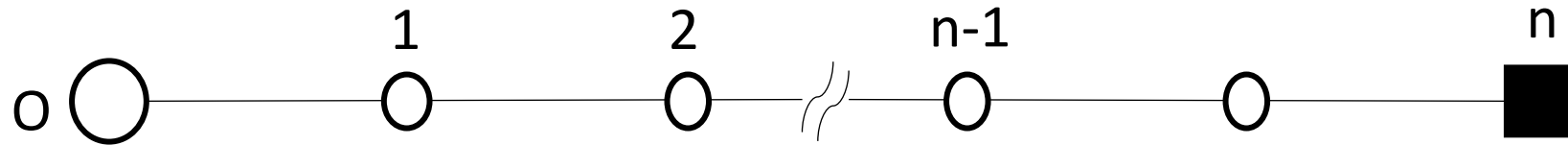
**Solver**  
What-if analysis tool that finds the optimal value of a target cell by changing values in cells used to calculate the target cell.

**SOLVER**  
Press F1 for add-in help.

|   | A          | B           | C | D | E | F |
|---|------------|-------------|---|---|---|---|
| 1 | X          | 30          |   |   |   |   |
| 2 | Y          | 25          |   |   |   |   |
| 3 | <b>Sum</b> | <b>55</b>   |   |   |   |   |
| 4 |            | =SUM(B1:B2) |   |   |   |   |
| 5 |            |             |   |   |   |   |
| 6 |            |             |   |   |   |   |
| 7 |            |             |   |   |   |   |
| 8 |            |             |   |   |   |   |

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

Περίπτωση ενός δικτύου με αγωγούς στη σειρά



*Δίκτυο με αγωγούς στη σειρά*

Το σύστημα των εξισώσεων που είδαμε πιο πριν γράφεται:

$$\omega \cdot y \cdot z \left[ \frac{\varphi_i}{\Delta h_i} \right]^\omega = \lambda \quad (\text{μόνο μια διαδρομή})$$

$$\sum_{i=1}^n \Delta h_i - (H_0 - H_n) = 0$$

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

Περίπτωση ενός δικτύου με αγωγούς στη σειρά

Από την πρώτη εξίσωση παίρνουμε:

$$\Delta h_i = \varphi_i \frac{(\omega \cdot y \cdot z)^{1/\omega}}{\lambda^{1/\omega}}$$

Την τιμή αυτήν του  $\Delta h_i$  βάζουμε στη δεύτερη εξίσωση και παίρνουμε:

$$\frac{(\omega \cdot y \cdot z)^{1/\omega}}{\lambda^{1/\omega}} \sum_{i=1}^n \varphi_i = H_0 - H_n \quad \text{ή} \quad \lambda = \omega \cdot y \cdot z \cdot \left( \sum \varphi_i \right)^\omega / (H_0 - H_n)^\omega$$

και

$$\Delta h_i = (H_0 - H_n) \frac{\varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i}$$

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

#### Περίπτωση ενός δικτύου με αγωγούς στη σειρά

Η παραπάνω λύση δίνει πάντοτε  $\Delta h_i > 0$  πρέπει όμως να γίνει ο έλεγχος των ανισοτήτων:

$$\sum_{i=1}^n \Delta h_i \leq H_0 - H_m = 0 \quad m = 1, 2, 3, \dots, n$$

για όλους τους κόμβους του δικτύου. Αν σε έναν ή περισσότερους κόμβους του δικτύου δεν ισχύει η ανισότητα, τότε η λύση δεν είναι ορθή και στην περίπτωση αυτή απαιτείται διαχωρισμός του δικτύου σε δυο ή περισσότερα ανεξάρτητα τμήματα.

Για να μπορέσουμε στην περίπτωση αυτή να χωρίσουμε το δίκτυο σε ανεξάρτητα τμήματα εργαζόμαστε ως εξής:

Παρατηρούμε πρώτα ότι στην εξίσωση:

$$\Delta h_i = (H_0 - H_n) \frac{\varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i} \quad \text{έχουμε} \quad \varphi_i = \left( \frac{A}{C_0^v} \right)^{1/\omega} \cdot l_i \cdot Q_i^z \quad \text{και} \quad S_i = \frac{\Delta h_i}{l_i}$$

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

Περίπτωση ενός δικτύου με αγωγούς στη σειρά

Οπότε η προηγούμενη σχέση γράφεται ως:

$$S_i = (H_0 - H_n) \frac{\left(\frac{A}{C_0^v}\right)^{1/\omega}}{\sum_{i=1}^n \varphi_i} \cdot Q_i^z$$

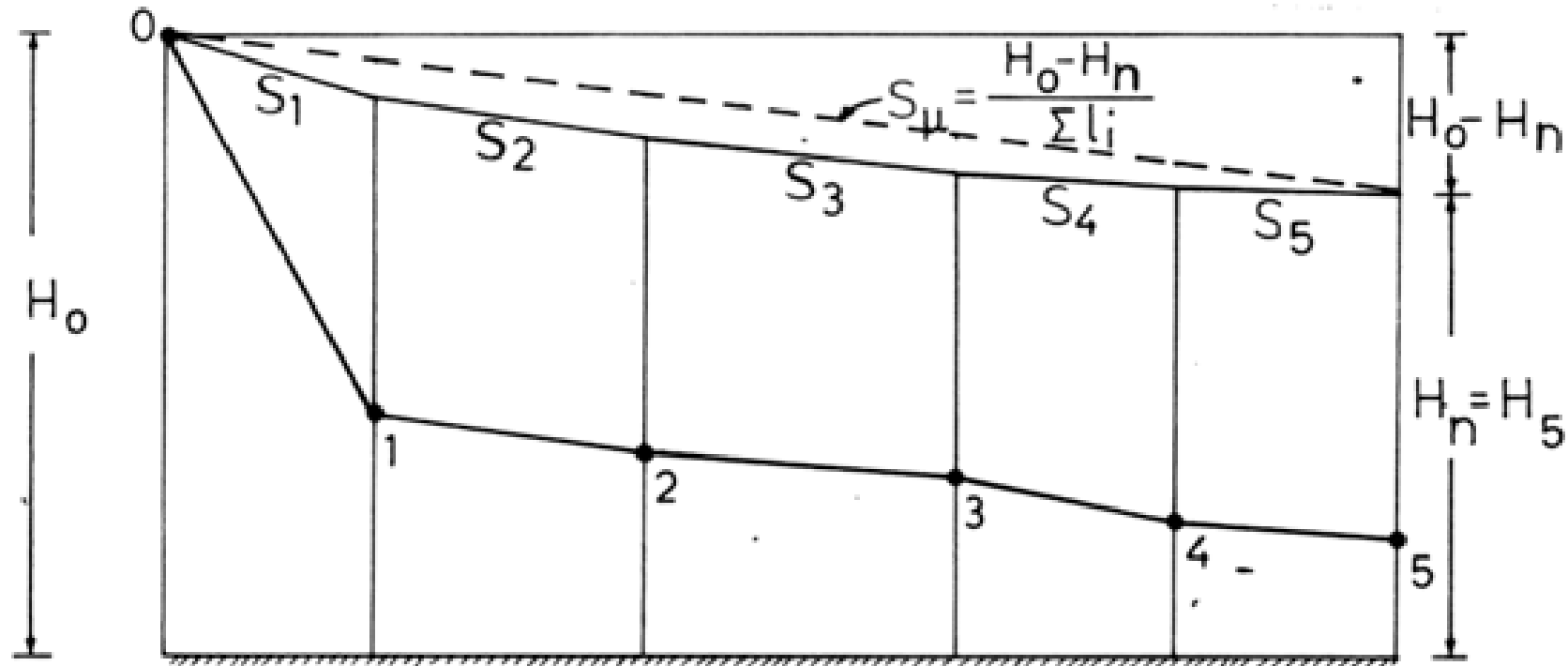
Δηλαδή η κλίση  $S_i$  είναι **ανάλογη** της **παροχής**  $Q_i$

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

#### Περίπτωση ενός δικτύου με αγωγούς στη σειρά

Επειδή είναι  $Q_i > Q_{i+1}$  θα είναι και  $S_i > S_{i+1}$  για όλα τα  $i$ , δηλαδή η οικονομική πιεζομετρική γραμμή αποτελεί μια πολυγωνική γραμμή, που ξεκινά από το  $H_0$ , καταλήγει στο  $H_n$  και στρέφει τα κοίλα της προς πάνω, τα δε υψόμετρα των κόμβων, που δίνει, είναι μικρότερα από τα υψόμετρα που προκύπτουν από τη μέση κλίση, η οποία δίνεται από τη σχέση:

$$S_{\mu} = \frac{(H_0 - H_n)}{\sum_{i=1}^n l_i}$$



### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

**Περίπτωση ενός δικτύου με αγωγούς στη σειρά**

Αν λοιπόν σε ένα δίκτυο με  $n$  αγωγούς στη σειρά η μέση κλίση  $S_\mu$  είναι μικρότερη από όλες τις μέσες κλίσεις όλων των διαδρομών του δικτύου, δηλαδή αν ισχύει η ανισότητα:

$$\frac{H_0 - H_n}{\sum_{i=1}^n l_i} < \frac{H_0 - H_m}{\sum_{i=1}^m l_i} \quad \text{για } m = 1, 2, 3, \dots, n$$

τότε το δίκτυο εξετάζεται **σαν ενιαίο**.

Αν για μια διαδρομή  $O-m$  ισχύει η ανισότητα:

$$\frac{H_0 - H_m}{\sum_{i=1}^m l_i} < \frac{H_0 - H_n}{\sum_{i=1}^n l_i} \quad \text{τότε προκύπτει ότι:} \quad H_m > H_0 - \frac{H_0 - H_n}{\sum_{i=1}^n l_i} \sum_{i=1}^m l_i$$

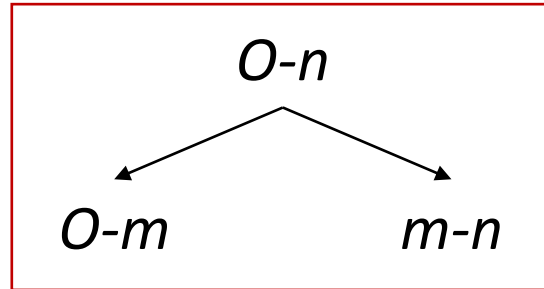
και επομένως  $H_m$  είναι μεγαλύτερο από το υψόμετρο της οικονομικής πιεζομετρικής γραμμής, επειδή η τελευταία είναι κάτω από τη μέση κλίση του δικτύου.



### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

**Περίπτωση ενός δικτύου με αγωγούς στη σειρά**

Το σωστό σε αυτήν την περίπτωση είναι να χωρίσουμε το δίκτυο σε δυο αυτοτελή:



Το δίκτυο  $(m-n)$  έχει πλέον σαν αρχή το  $m$  με υψόμετρο  $H_m$ . Η διαδικασία ελέγχου των κλίσεων επαναλαμβάνεται και στο τμήμα  $(m-n)$  και τελικά το δίκτυο μελετιέται με τοπικά αυτοτελή τμήματα. Αφού λοιπόν με τη σχέση:

$$\Delta h_i = (H_0 - H_n) \frac{\varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i}$$

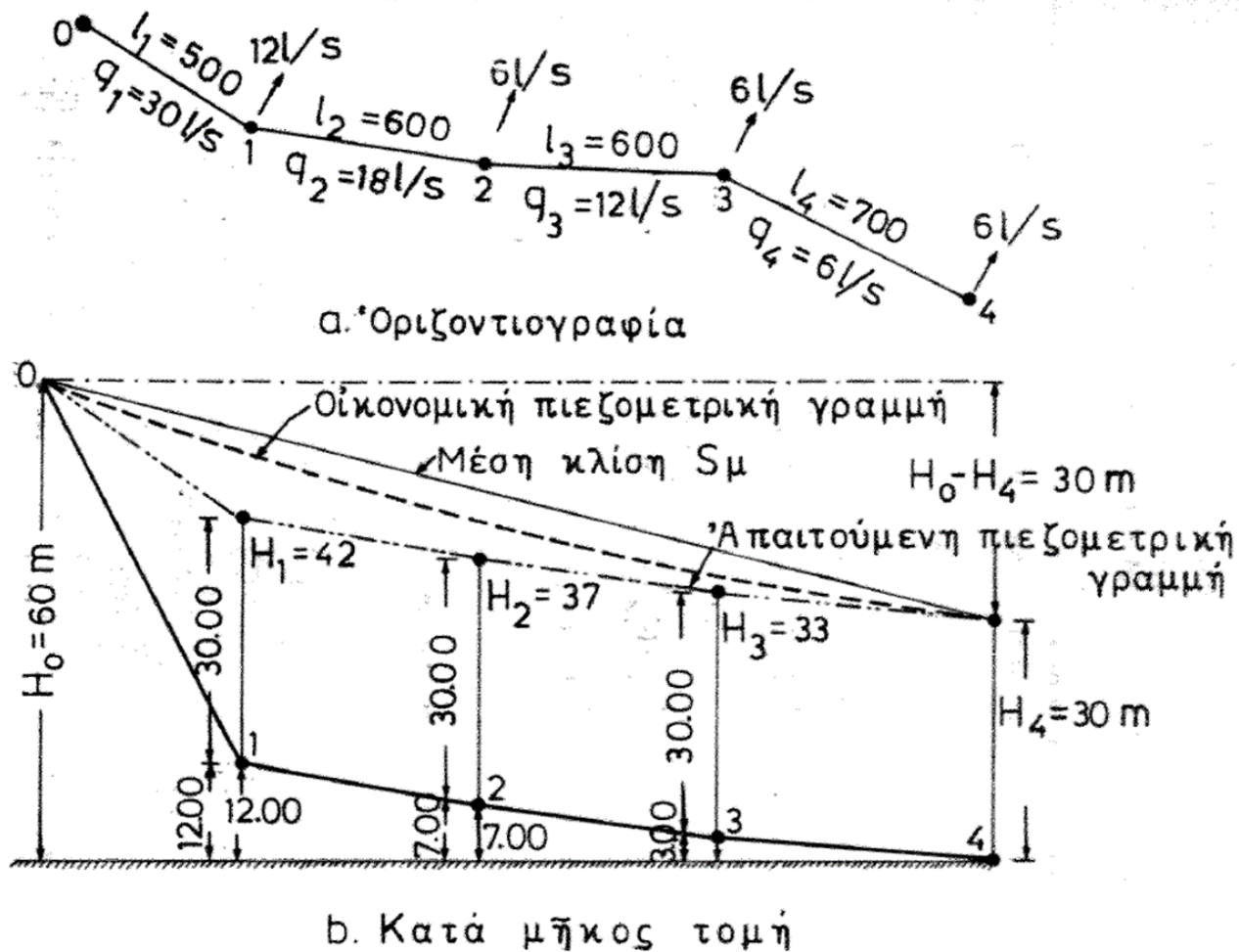
βρήκαμε την οικονομική πιεζομετρική γραμμή, οι οικονομικές διάμετροι θα προκύψουν από τη σχέση:

$$D_i = \frac{1}{C_o} \left[ \frac{Q_i \cdot l_i^y}{\Delta h_i^y} \right]^{1/x+2}$$

# 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

## Αριθμητική εφαρμογή

Δίνεται η περίπτωση του παρακάτω σχήματος, δηλαδή ενός δικτύου με **τέσσερις αγωγούς στη σειρά** και με παροχές που έχουν ήδη υπολογιστεί με τη μέθοδο του Clement και χρειάζεται να υπολογίσουμε τις οικονομικές διαμέτρους του δικτύου με υλικό που αποτελείται από αμιαντοσωλήνες.



### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

#### Αριθμητική εφαρμογή

Σαν εξίσωση ροής παίρνουμε τον τύπο του Scimemi:

$$V = 164.99 \cdot R^{0.68} \cdot S^{0.56} \quad \text{με} \quad (x = 0.68, y = 0.56)$$

Σαν σχέση κόστους υλικών-διαμέτρων παίρνουμε τη σχέση

$$\delta = 4114.2 \cdot D^{1.55818} \quad \text{με} \quad (A = 4114.2, \nu = 1.55818)$$

με  $\delta$  σε ευρώ/m και  $D$  σε m.

Υπολογίζουμε πρώτα τις συναρτήσεις  $\varphi_i$  από τον τύπο:

$$\varphi_i = \left( \frac{A}{C_0^\nu} \right)^{1/\omega} \cdot l_i \cdot Q_i^Z$$

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

#### Αριθμητική εφαρμογή

Οι σταθερές  $C_0^v$ ,  $\omega$  και  $z$  έχουν υπολογιστεί όπως είδαμε πιο πριν και είναι:

$$C_0^v = 9.77683 \quad \omega = 1.32559 \quad z = 0.4386$$

Επομένως,

$$\left(\frac{A}{C_0^v}\right)^{1/\omega} = 95.41$$

και η συνάρτηση  $\varphi_i$  παίρνει τη μορφή:

$$\varphi_i = \left(\frac{A}{C_0^v}\right)^{1/\omega} \cdot l_i \cdot Q_i^z = 95.41 \cdot l_i \cdot Q_i^{0.4386}$$

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

#### Αριθμητική εφαρμογή

Με τα δεδομένα τώρα του σχήματος που είδαμε παίρνουμε:

$$\varphi_1 = 10248.18$$

$$\varphi_2 = 9829.36$$

$$\varphi_3 = 8227.94$$

$$\varphi_4 = 7082.82$$

$$\sum_{i=1}^n \varphi_i = 35388.30$$

Οι απώλειες φορτίου  $\Delta h_i$  υπολογίζονται τώρα από την εξίσωση:

$$\Delta h_i = (H_0 - H_n) \frac{\varphi_i}{\sum_{i=1}^4 \varphi_i}$$

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

#### Αριθμητική εφαρμογή

Πριν προχωρήσουμε στον υπολογισμό των  $\Delta h_i$  κάνουμε ένα έλεγχο του κριτηρίου που αναφέραμε προηγουμένως:

$$S_{\mu} = \frac{(H_0 - H_4)}{\sum_{i=1}^4 l_i} = \frac{30}{2.400} = 0.0125$$

$$S_1 = \frac{(H_0 - H_1)}{l_i} = \frac{18}{50} = 0.036 > S_{\mu}$$

$$S_2 = \frac{(H_0 - H_2)}{\sum_{i=1}^2 l_i} = \frac{23}{1100} = 0.0209 > S_{\mu}$$

$$S_3 = \frac{(H_0 - H_3)}{\sum_{i=1}^3 l_i} = \frac{27}{1700} = 0.0209 > S_{\mu}$$

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

#### Αριθμητική εφαρμογή

Σύμφωνα λοιπόν με τις προηγούμενες σχέσεις τα κριτήρια ισχύουν και το δίκτυο εξετάζεται σαν ενιαίο. Υπολογίζουμε τώρα τα  $\Delta h_i$ :

$$\Delta h_i = (H_0 - H_4) \frac{\varphi_i}{\sum_{i=1}^4 \varphi_i} = \frac{30}{35388.2} \cdot \varphi_i = 8.477 \cdot 10^{-4} \cdot \varphi_i$$

$$\Delta h_1 = 8.687\text{m}$$

$$\Delta h_2 = 8.333\text{m}$$

$$\Delta h_3 = 6.975\text{m}$$

$$\Delta h_4 = 6.004\text{m}$$

$$\longrightarrow \sum_{i=1}^4 \Delta h_i = 29.999 \approx 30\text{m}$$

Οι διάμετροι των αγωγών θα υπολογιστούν από τη σχέση:

$$D_i = \frac{1}{C_o} \left[ \frac{Q \cdot l_i^y}{\Delta h_i^y} \right]^{1/x+2} = 0.23148 \left[ Q_i \left( \frac{l_i}{\Delta h_i} \right)^{0.56} \right]^{0.3731}$$



### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

#### Αριθμητική εφαρμογή

Από τη σχέση αυτή προκύπτει τελικά:

$$D_1 = 0.146\text{m}, \quad \text{εκλέγεται} \quad \Phi 150$$

$$D_2 = 0.126\text{m}, \quad \text{εκλέγεται} \quad \Phi 125$$

$$D_3 = 0.113\text{m}, \quad \text{εκλέγεται} \quad \Phi 125$$

$$D_4 = 0.093\text{m}, \quad \text{εκλέγεται} \quad \Phi 100$$

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

#### Αριθμητική εφαρμογή

| Αγωγός       | $\Phi$<br>(mm) | Τιμή μονάδας<br>(δρχ/m) | Μήκος αγωγού<br>(m) | Δαπάνη αγωγού σε<br>(δρχ) |
|--------------|----------------|-------------------------|---------------------|---------------------------|
| $l_1$        | 150            | 205.6                   | 500                 | 102.800                   |
| $l_2$        | 125            | 150.30                  | 600                 | 90.180                    |
| $l_3$        | 125            | 150.30                  | 600                 | 90.180                    |
| $l_4$        | 100            | 111.10                  | 700                 | 77.770                    |
| Ολική δαπάνη |                |                         |                     | 360.930                   |

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

#### Αριθμητική εφαρμογή

Υπενθυμίζουμε και πάλι ότι οι τιμές αυτές αφορούν μόνο προμήθεια επι τόπου των αμιαντοσιμεντοσωλήνων και τοποθέτηση αυτών. Το υλικό κόστος  $P$  θα μπορούσε να υπολογιστεί και από τον τύπο:

$$P = \sum_{i=1}^4 \left[ \frac{\varphi_i}{\Delta h_i^{yz}} \right]^{\omega}$$

Χρησιμοποιώντας αυτόν τον τύπο έχουμε:

$$P_1 = 103.938$$

$$P_2 = 99.662$$

$$P_3 = 83.331$$

$$P_4 = 71.666$$

---

$$P = 358.597$$

# 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

## Αριθμητική εφαρμογή

Οι μικρές διαφορές που παρουσιάζονται οφείλονται βασικά:

1. Στην παραδοχή ότι η συνάρτηση κόστους-διαμέτρου είναι εκθετική.
2. Στη διαφορά μεταξύ υπολογιζόμενης διαμέτρου και εκλεγόμενης επειδή στο εμπόριο ή μεταβολή της διαμέτρου είναι ασυνεχής, δηλαδή κάθε 5, 10, 15, 20 κ.λπ. χιλιοστά.

### 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

| α/α | Διάμετροι       |                   |                  | Τιμές                         |                   |
|-----|-----------------|-------------------|------------------|-------------------------------|-------------------|
|     | Ονομαστική<br>Ψ | Εσωτερική<br>(mm) | Εσωτερική<br>(m) | ΦΕΚ440B/<br>5-4-2005<br>(€/m) | Εμπορίου<br>(€/m) |
| 1   | 16              | 12.40             | 0.0124           | -                             | 0.25 €            |
| 2   | 20              | 16.20             | 0.0162           | -                             | 0.35 €            |
| 3   | 25              | 20.40             | 0.0204           | -                             | 0.54 €            |
| 4   | 32              | 26.00             | 0.0260           | 2.50 €                        | 0.76 €            |
| 5   | 40              | 32.60             | 0.0326           | 3.00 €                        | 1.18 €            |
| 6   | 50              | 40.80             | 0.0408           | 3.50 €                        | 1.81 €            |
| 7   | 63              | 51.40             | 0.0514           | 4.50 €                        | 2.86 €            |
| 8   | 75              | 61.20             | 0.0612           | 5.10 €                        | 4.04 €            |
| 9   | 90              | 73.60             | 0.0736           | 7.00 €                        | 5.76 €            |
| 10  | 110             | 90.00             | 0.0900           | 9.50 €                        | 8.55 €            |
| 11  | 125             | 102.20            | 0.1022           | 11.00 €                       | 11.09 €           |
| 12  | 140             | 114.40            | 0.1144           | 14.00 €                       | 13.91 €           |
| 13  | 160             | 130.80            | 0.1308           | 16.50 €                       | 18.11 €           |
| 14  | 180             | 147.20            | 0.1472           | 19.75 €                       | 23.83 €           |
| 15  | 200             | 163.60            | 0.1636           | 23.00 €                       | 28.14 €           |
| 16  | 225             | 184.00            | 0.1840           | 28.00 €                       | 35.79 €           |
| 17  | 250             | 204.40            | 0.2044           | 33.50 €                       | 43.99 €           |
| 18  | 280             | 229.00            | 0.2290           | 47.00 €                       | 64.48 €           |
| 19  | 315             | 257.60            | 0.2576           | 58.00 €                       | 81.71 €           |
| 20  | 355             | 290.40            | 0.2904           | 72.00 €                       | 103.41 €          |
| 21  | 400             | 327.20            | 0.3272           | 98.00 €                       | 144.65 €          |
| 22  | 450             | 368.00            | 0.3680           | 123.00 €                      | 182.93 €          |
| 23  | 500             | 409.00            | 0.4090           | 145.00 €                      | 225.76 €          |
| 24  | 560             | 458.00            | 0.4580           | 181.00 €                      | 283.34 €          |
| 25  | 630             | 515.40            | 0.5154           | 230.00 €                      | 358.13 €          |