

8. ΒΡΟΧΟΣ ΣΩΛΗΝΩΝ ΣΕ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΔΙΑΤΑΞΗ

Ορίζονται ο βρόχος σωλήνων σε παράλληλη διάταξη και οι διαφορές των συστημάτων σωλήνων τα οποία περιλαμβάνουν τουλάχιστον ένα βρόχο σωλήνων σε παράλληλη διάταξη σε σχέση με τα αντίστοιχα απλά συστήματα. Αναλύονται τα προβλήματα επίλυσης σε ένα βρόχο σωλήνων σε παράλληλη διάταξη με αξιοποίηση των βασικών προβλημάτων και της μεθοδολογίας επίλυσης απλών συστημάτων.

8.1 Γενικά

8.1.1 Εισαγωγή

Ο βρόχος σωλήνων σε παράλληλη διάταξη είναι ένα επιμέρους στοιχείο, του οποίου θα αναλύσουμε το χειρισμό. Στην πράξη δεν αποτελεί *αυθύπαρκτο* σύστημα, αλλά εντάσσεται σε ένα σύστημα σωλήνων (βλ. 8.1.2).

Σε ένα βρόχο **όλοι** οι **σωλήνες** έχουν **κοινούς κόμβους** αρχής και τέλους.

Επομένως και οι **Γραμμές Ενέργειας** σε **όλους** τους **σωλήνες** του βρόχου έχουν **κοινά** (ενεργειακά) **υψόμετρα** αρχής και τέλους:

8.1.2 Εξισώσεις και Γραμμή Ενέργειας

- Σε καθένα από τους κόμβους αρχής και τέλους ισχύει η εξίσωση συνέχειας:

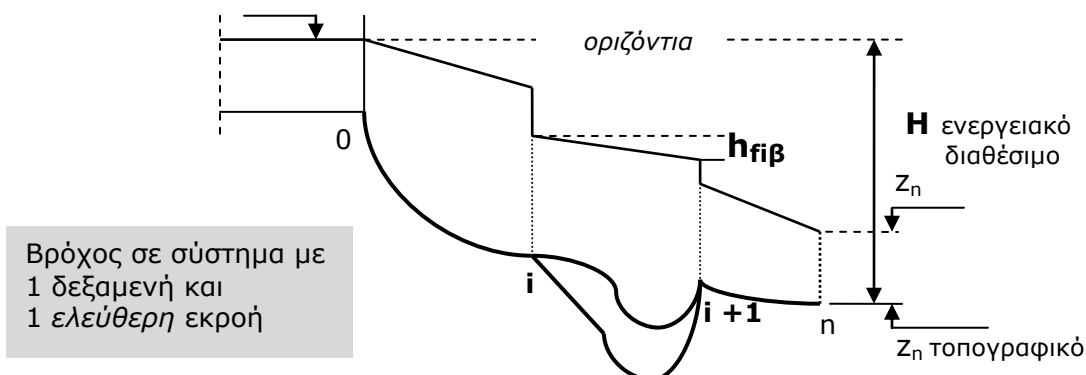
$$Q_{\beta} = \sum_{\beta 1}^{\beta n} Q_{\beta i} \quad (66), \text{ όπου:}$$

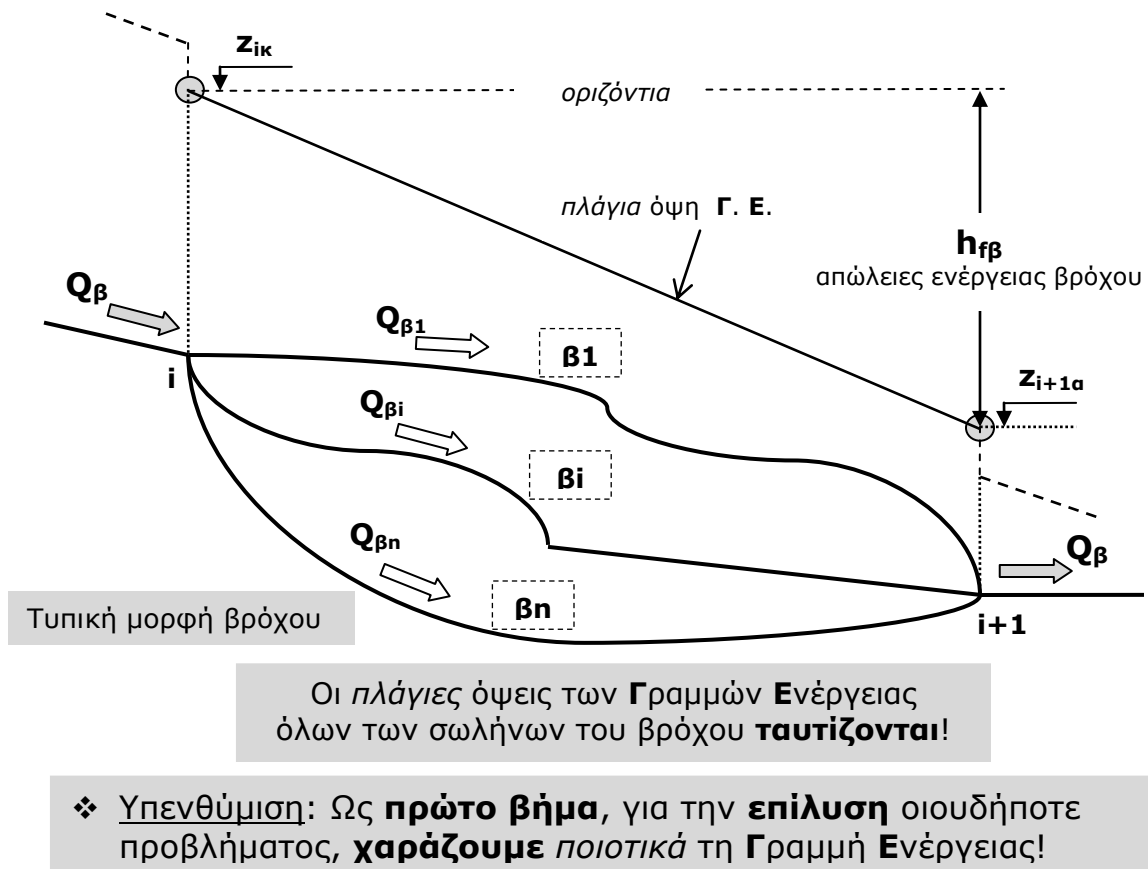
- Q_{β} η παροχή, η οποία **εισέρχεται** στον **ανάντη** κόμβο **i** και **εξέρχεται** από τον **κατάντη** κόμβο **i+1**.
- $Q_{\beta i}$ οι παροχές σε καθένα από τους **n** σωλήνες του βρόχου.
Η **παροχή** σε καθένα **σωλήνα** του βρόχου είναι γενικώς **διαφορετική**.

- Οι **απώλειες ενέργειας** σε **όλους** τους **αγωγούς** του βρόχου είναι **ίδιες**!

$$h_{fi} = h_{fb} = z_{ik} - z_{i+1\alpha} \quad (67), \text{ όπου:}$$

- z_{ik} το (ενεργειακό) υψόμετρο κατάντη του **ανάντη** κόμβου **i**.
 - $z_{i+1\alpha}$ το (ενεργειακό) υψόμετρο ανάντη του **κατάντη** κόμβου **i+1**.
- Θα χειριστούμε το βρόχο απαλλαγμένο από τοπικές απώλειες.





8.2 Χαρακτηριστικά προβλήματα

8.2.1 Υπολογισμός της παροχής Q_β - Πρόβλημα **Λ14**

Είναι **γνωστή** η ενεργειακή **διαφορά** $z_{ik} - z_{i+1\alpha}$ μεταξύ των κόμβων **i** και **i+1**.

❖ Πολλαπλή αξιοποίηση του Προβλήματος **Λ2**.

- Υπολογίζουμε τις παροχές $Q_{\beta i}$ σε όλους τους αγωγούς - Πρόβλημα **Λ2**.
- Υπολογίζουμε τη συνολική παροχή Q_β από την (66).

8.2.2 Υπολογισμός της διαμέτρου **ενός** αγωγού $D_{\beta i}$ - Πρόβλημα **Λ15**

Είναι **γνωστή** η παροχή Q_β και οι διάμετροι όλων των υπολοίπων αγωγών είναι δεδομένες.

❖ Πολλαπλή αξιοποίηση του Προβλήματος **Λ2** και του Προβλήματος **Λ3**

- Υπολογίζουμε τις παροχές σε όλους τους υπόλοιπους αγωγούς - Πρόβλημα **Λ2**.
- Υπολογίζουμε την παροχή $Q_{\beta i}$ στον υπόψη αγωγό από την (66).
- Υπολογίζουμε τη διάμετρο $D_{\beta i}$ στον υπόψη αγωγό - Πρόβλημα **Λ3**.

8.2.3 Κοινές γραμμικές απώλειες των σωλήνων του βρόχου h_{fb} - Πρόβλημα **Λ16**

❖ Αξιοποίηση των Προβλημάτων **Λβ2** και **Λβ1** - αριθμητική μέθοδος.

*Προσοχή: η απευθείας εφαρμογή του Προβλήματος **Λβ1** δεν είναι δυνατή ☹️. Διότι, είναι μεν γνωστή η συνολική (εισερχόμενη = εξερχόμενη) παροχή Q_{β} , δηλαδή το άθροισμα των παροχών στους σωλήνες, αλλά όχι οι επιμέρους παροχές σε κάθε σωλήνα!*

➤ Το Πρόβλημα **εστιάζει πρώτα** στον **υπολογισμό** των **επιμέρους παροχών** σε **κάθε σωλήνα**.

Σημείωση 1: η μέθοδος περιλαμβάνει τον υπολογισμό της αρχικής τιμής της παροχής $Q_{\beta11}$ του **σωλήνα αναφοράς**, δηλαδή του σωλήνα με τη **μεγαλύτερη παροχή**, με χρήση εμπειρικού πίνακα, ή την εκτίμησή της με άλλο τρόπο και την επαλήθευση – διόρθωση της τιμής αυτής.

Στη συνέχεια της διαδικασίας, για λόγους απλότητας, ο σωλήνας αναφοράς αριθμείται ως σωλήνας (**β1**).

Σημείωση 2: είναι δυνατό να γνωρίζουμε την τάξη μεγέθους της $Q_{\beta1}$: π.χ. εάν έχει προηγηθεί υπολογισμός με ελαφρώς διαφορετικά μεγέθη, κυρίως της Q . Τότε η αρχική τιμή εκτιμάται με άλλο τρόπο.

• Προσδιορίζουμε τους σταθερούς συντελεστές της αριθμητικής μεθόδου:

$$C_H = \frac{8}{g \cdot \pi^2} \quad (30) \text{ και } C_{f\beta i} = \frac{L_i}{D_i^5} \quad (31) \text{ - σε καθένα από τους σωλήνες.}$$

• Εκτιμάμε τις τιμές $f_{\beta i0}$, για καθένα σωλήνα χωριστά, από τον εμπειρικό πίνακα (βλ. σελίδα 48X) και υπολογίζουμε τους όρους: $C_{f\beta i} \cdot f_{\beta i0}$

• Προσδιορίζουμε τον αγωγό αναφοράς (**β1**): $C_{f\beta 1} \cdot f_{\beta 10} = \min \{ C_{f\beta i} \cdot f_{\beta i0} \}$

• Υπολογίζουμε την αρχική τιμή $Q_{\beta11}$ του σωλήνα **αναφοράς** - εάν η τάξη μεγέθους δεν είναι γνωστή

$$Q_{\beta11} = \frac{Q}{1 + \sum_{(\beta 2)} \sqrt{\frac{C_{f\beta 1} \cdot f_{\beta 10}}{C_{f\beta i} \cdot f_{\beta i0}}}} \quad (66)$$

• Υπολογίζουμε την αρχική τιμή $Q_{\beta i1}$ σε **όλους** τους **υπόλοιπους** σωλήνες.

$$Q_{\beta i1} = Q_{\beta 11} \cdot \sqrt{\frac{C_{f\beta 1} \cdot f_{\beta 10}}{C_{f\beta i} \cdot f_{\beta i0}}} \quad (67)$$

➤ Η εκτιμάμε την αρχική τιμή $Q_{\beta11}$ - εάν η τάξη μεγέθους είναι γνωστή

$$Q_{\beta11} = \frac{Q^*}{Q} \cdot Q_{\beta 1}^* \quad (66a), \text{ όπου: } Q^*, Q_{\beta 1}^* \text{ γνωστά - ελαφρώς διαφορετικά μεγέθη.}$$

- Υπολογίζουμε τις τιμές $f_{\beta i1}$, για καθένα σωλήνα χωριστά, με βάση τις αρχικές τιμές $Q_{\beta i1}$ και υπολογίζουμε τους όρους: $C_{f\beta i} \cdot f_{\beta i1}$

Σημείωση 3: **Δεν** χρησιμοποιούμε πλέον τον εμπειρικό πίνακα $\bullet^*$.

Χρησιμοποιούμε τις τιμές $f_{\beta i1}$ από τη σχέση (16), τις οποίες έχουμε υπολογίσει, για καθένα σωλήνα χωριστά, με βάση τις αρχικές τιμές $Q_{\beta i1}$.

- Υπολογίζουμε την τιμή σύγκλισης $Q_{\beta i2}$ του σωλήνα **αναφοράς**

$$Q_{\beta i2} = \frac{Q}{1 + \sum_{(\beta 2)} \sqrt{\frac{C_{f\beta 1} \cdot f_{\beta i1}}{C_{f\beta i} \cdot f_{\beta i1}}}} \quad (66a)$$

- Επαληθεύουμε τη σύγκλιση στο σωλήνα **αναφοράς**: $\frac{|Q_{\beta i2} - Q_{\beta i1}|}{Q_{\beta i1}} \leq 2\% \quad (68)$

Σημείωση 4: προσοχή στη σχέση (68), με την οποία επαληθεύουμε τη σύγκλιση. Χρησιμοποιούμε τις δύο διαδοχικές τιμές (αρχική και 2^{η}) της παροχής στον σωλήνα **αναφοράς** και το **όριο σύγκλισης** είναι **πιο αυστηρό** $\bullet^*$.

- Υπολογίζουμε την τιμή σύγκλισης $Q_{\beta i2}$ σε **όλους** τους **υπόλοιπους** σωλήνες.

$$Q_{\beta i2} = Q_{\beta i2} \cdot \sqrt{\frac{C_{f\beta 1} \cdot f_{\beta i1}}{C_{f\beta i} \cdot f_{\beta i1}}} \quad (67a)$$

- Υπολογίζουμε την τιμή των κοινών απωλειών h_{fi} στο βρόχο, μέσω του σωλήνα

αναφοράς: $h_{f\beta} = C_H \cdot C_{f\beta 1} \cdot f_{\beta i2} \cdot Q_{\beta i2}^2 \quad (69)$

Τυποποίηση διαδικασίας:

$D_{\beta i}$ [m]	$k_{s\beta i}$ [m]	$L_{\beta i}$ [m]	v [m ² /s]	$C_{f\beta i}$	$f_{\beta i0}$	$C_{f\beta i} \cdot f_{\beta i0}$	$Q_{\beta i1}$ [m ³ /s]

R_i	$f_{\beta i1}$	$C_{f\beta i} \cdot f_{\beta i1}$	$Q_{\beta i2}$ [m ³ /s]	$ \Delta Q_{\beta 1} $ [%]	$Q_{\beta i}$ [m ³ /s]	$h_{f\beta i}$ [m]

8.3 Εφαρμογές υπολογισμού

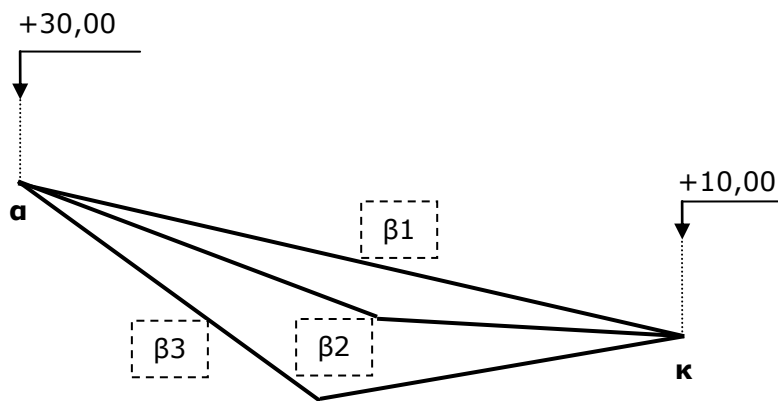
8.3.1 Η εφαρμογή επικεντρώνεται στο Πρόβλημα **Λ14**

Στο βρόχο σωλήνων σε παράλληλη διάταξη του σχήματος είναι γνωστά και τα δύο ενεργειακά υψόμετρα στους κόμβους *αρχής* και *πέρατος* του βρόχου.

Δίδονται επίσης τα στοιχεία:

αγωγός	$D_{\beta i}$ [mm]	$k_{s\beta i}$ [mm]	$L_{\beta i}$ [m]
(β1)	350	1,00	499
(β2)	300	0,50	498
(β3)	250	0	805

Να υπολογιστεί η συνολική παροχή Q_{β} του βρόχου.



$h_{f\beta}$ [m]	$D_{\beta i}$ [m]	$k_{s\beta i}$ [m]	$L_{\beta i}$ [m]	v [m ² /s]	$R \cdot \sqrt{f}$	$1 / \sqrt{f}$	$V_{\beta i}$ [m/s]	$Q_{\beta i}$ [m ³ /s]
20,00	350	1,00	499	1,1.10 ⁻⁶	1,669.10 ⁵	6,239	3,273	0,315
	300	0,50	498		1,326.10 ⁵	6,690	3,253	0,230
	250	0	805		7,934.10 ⁴	9,045	3,157	0,155
Q _β =								0,700

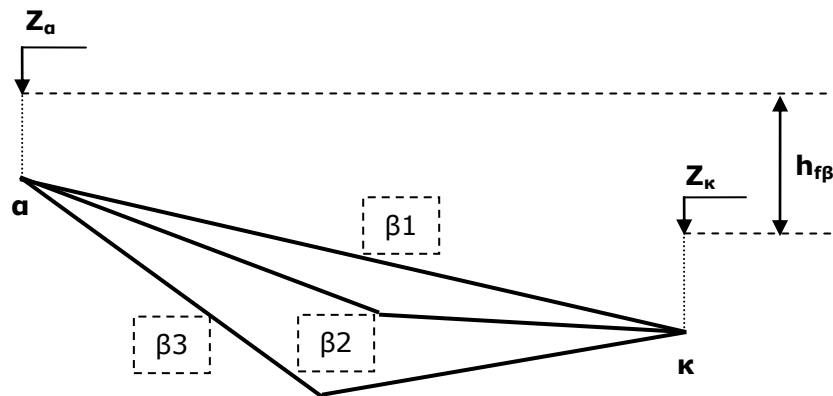
8.3.2 Η εφαρμογή επικεντρώνεται στο Πρόβλημα **Λ16**

Στο βρόχο σωλήνων σε παράλληλη διάταξη του σχήματος είναι γνωστή η συνολική παροχή: **$Q_{\beta} = 700$ lt/s.**

Δίδονται επίσης τα στοιχεία:

αγωγός	$D_{\beta i}$ [mm]	$k_{s\beta i}$ [mm]	$L_{\beta i}$ [m]
($\beta 1$)	350	1,00	499
($\beta 2$)	300	0,50	498
($\beta 3$)	250	0	805

Να υπολογιστεί η διαφορά των ενεργειακών υψομέτρων στους κόμβους *αρχής* και *πέραςτος* του βρόχου.



$D_{\beta i}$ [m]	$k_{s\beta i}$ [m]	$L_{\beta i}$ [m]	v [m ² /s]	$C_{f\beta i}$	$f_{\beta i0}$	$C_{f\beta i} \cdot f_{\beta i0}$	$Q_{\beta i1}$ [m ³ /s]
0,350	$1,0 \cdot 10^{-3}$	499	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$9,501 \cdot 10^4$	0,0261	$2,4797 \cdot 10^3$ ◀	0,31836
0,300	$0,5 \cdot 10^{-3}$	498		$2,049 \cdot 10^5$	0,0228	$4,6726 \cdot 10^3$	0,23192
0,250	0	805		$8,243 \cdot 10^5$	0,0136	$1,1211 \cdot 10^4$	0,14973

R_i	$f_{\beta i1}$	$C_{f\beta i} \cdot f_{\beta i1}$	$Q_{\beta i2}$ [m ³ /s]	$ \Delta Q_{\beta} $ [%]	$Q_{\beta i2}$ [m ³ /s]	h_{fi} [m]
$1,053 \cdot 10^6$	0,02601	$2,4712 \cdot 10^3$	0,31501	1,05 ✓	0,315	20,26
$8,948 \cdot 10^5$	0,02264	$4,6389 \cdot 10^3$	0,22991		0,230	
$6,932 \cdot 10^5$	0,01237	$1,0197 \cdot 10^4$	0,15508		0,155	

Σημείωση: Συγκρίνοντας την τιμή της διαφοράς των ενεργειακών υψομέτρων των κόμβων α και κ, αλλά και τις τιμές των παροχών στους σωλήνες, παρατηρούμε ότι ελάχιστα διαφέρουν, από τις αντίστοιχες τιμές στην κατοπτρική Εφαρμογή 8.3.1, παρότι <εδώ> ακολουθήθηκε προσεγγιστική διαδικασία ☺