



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΙΙ (ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ) 2020/21

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΧΡΟΝΟΥ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΣΕ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ

Διδάσκων: Μελίδης Παράσχος

Καθηγητής Αϊβαζίδης Αλέξανδρος
Δρ. Ευταξίας Αλέξανδρος
ΥΔ Μακρή Αναστασία

- ΣΤΟΧΟΣ

Η πειραματική εύρεση της κατανομής του χρόνου παραμονής για τρεις τύπους αντιδραστήρων

- ❖ Δοχείο ανάδευσης (CSTR)
- ❖ Αυλωτός αντιδραστήρας (PFR)
- ❖ Συστοιχία δοχείων ανάδευσης (CSTR)

Ο θεωρητικός υπολογισμός των κατανομών του χρόνου παραμονής και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων

V=0,8 L



Αντιδραστήρας
διαλείποντος έργου

V=0,8 L



Συστοιχία τριών δοχείων
αναδέυσεως σε σειρά

V=2,4 L

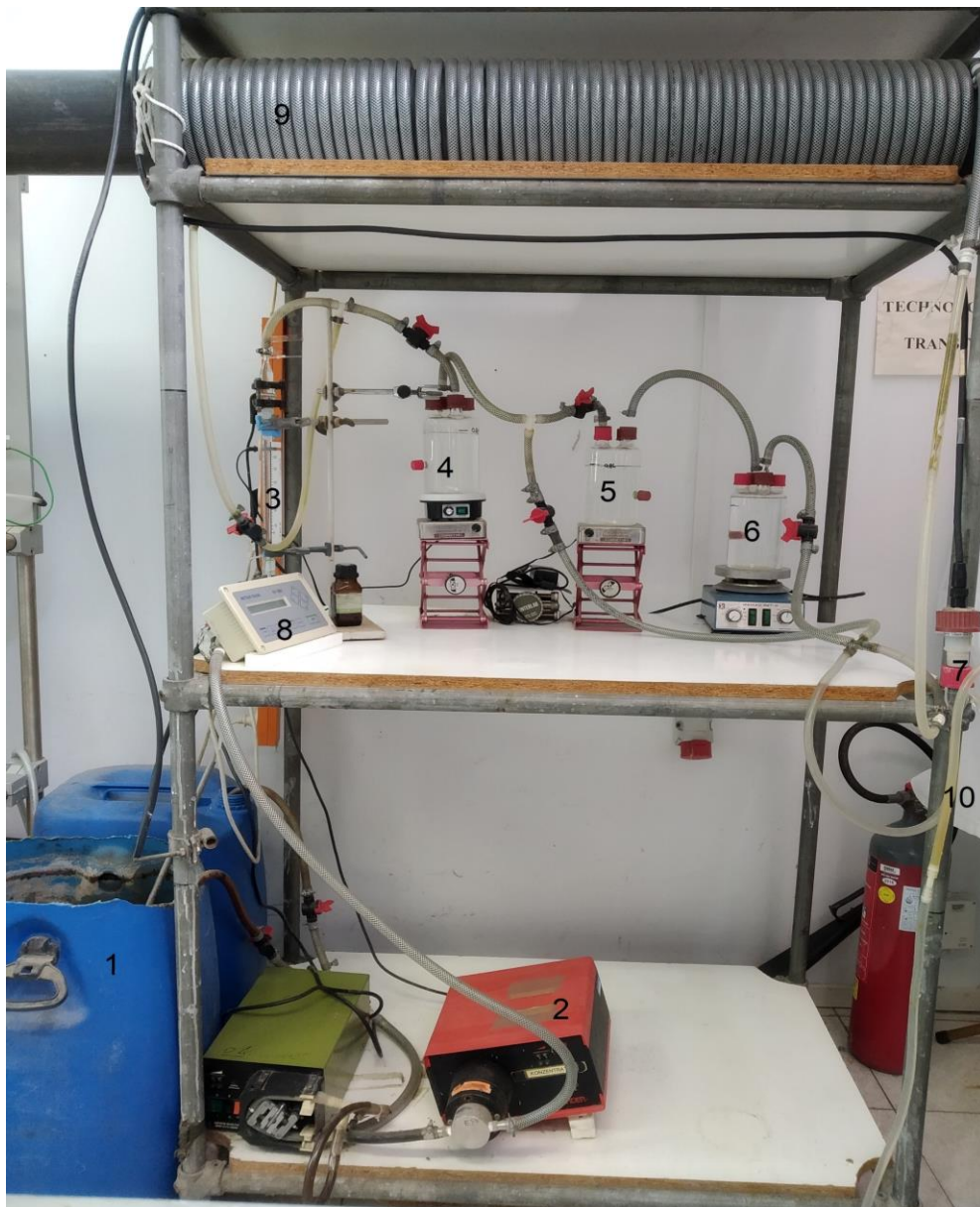


Αυλωτός αντιδραστήρας



- Ένα δοχείο αποθήκευσης νερού
- Μια αντλία για την τροφοδοσία του νερού από τα δοχεία αποθήκευσης προς τα δοχεία αναδεύσεως ή τον σωλήνα
- Σύστημα ροής με βάνες απομόνωσης για ανεξάρτητη λειτουργία
- Αντιδραστήρες CSTR
- Αντιδραστήρα PFR
- Αγωγιμόμετρο
- Χρονόμετρο
- Χρωστική ουσία Phenolrot (για οπτικό αποτέλεσμα)
- Προσθήκη άλατος για ρύθμιση της αγωγιμότητας





1. Δοχείο αποθήκευσης νερού
2. Αντλία για την τροφοδοσία του νερού
3. Ροόμετρο υγρού διαλύματος
4. Μοναδιαίος αντιδραστήρας CSTR
5. Συστοιχία αντιδραστήρων CSTR σε σειρά
6. Συστοιχία αντιδραστήρων CSTR σε σειρά
7. Αισθητήρας για την μέτρηση της EC
8. Αγωγιμόμετρο
9. Αυλωτός αντιδραστήρας PFR
10. Εκροή αντιδραστήρων

Μοναδιαίος αντιδραστήρας τύπου CSTR

Λειτουργικά δεδομένα:

- Όγκος αντιδραστήρα: $V = 0.8\text{L}$
- Παροχή λειτουργίας: $Q = 20\text{L/h}$
- Χρόνος παραμονής: $\tau = 2.4\text{ min}$
- Αναμένουμε να επιτευχθεί σταθερή κατάσταση μετά το πέρας 5τ, κάτι που ισοδυναμεί σε 12min.
- Καταγραφή μετρήσεων: ανά 1min για συνολική διάρκεια 12min



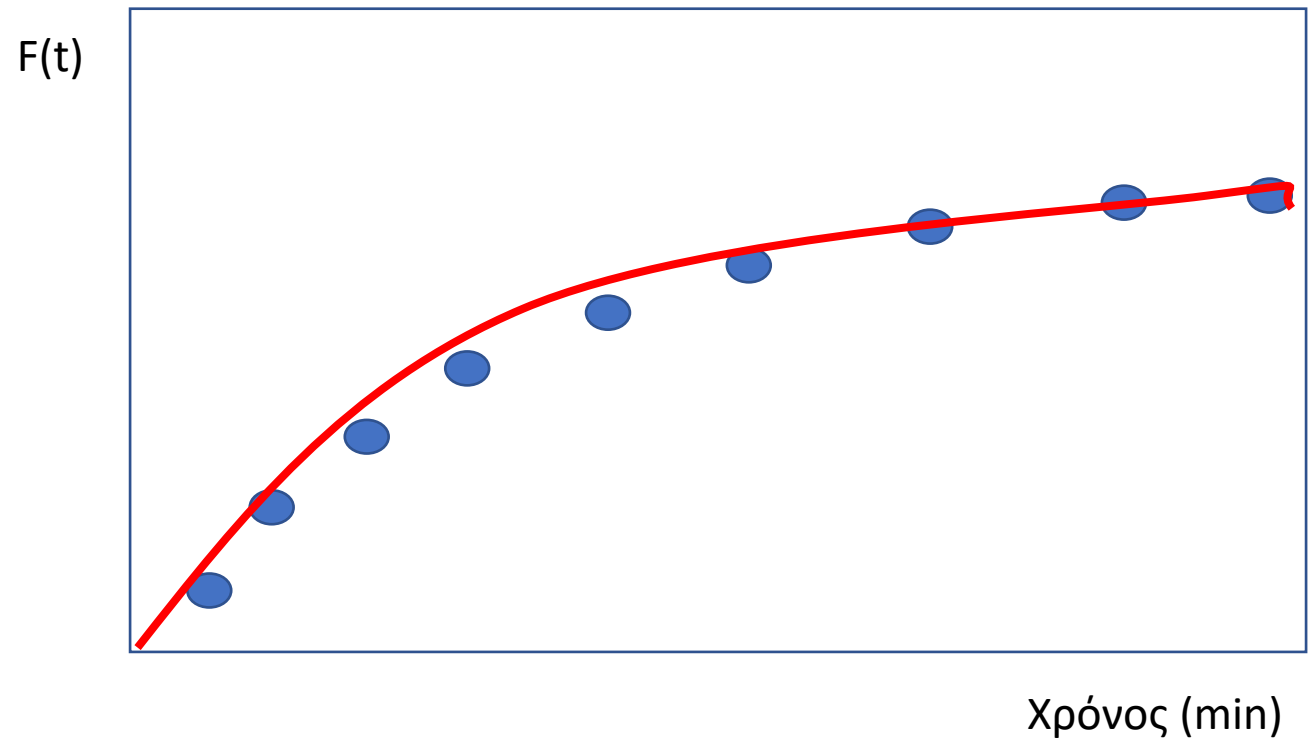


Με το σύστημα βανών διατηρούμε την ροή μόνο στον πρώτο αντιδραστήρα και μετά από χρόνο τ οδηγείται στην εκροή



Πειραματικά δεδομένα

Time (min)	Αγωγιμότητα (mS/cm)
0	0.51
1	1.23
2	2.90
3	4.00
4	4.62
5	5.12
6	5.59
7	5.98
8	6.18
9	6.32
10	6.49
11	6.58
12	6.63



Θεωρητική εξίσωση: $F(t) = 1 - \exp(-t/\tau)$

Όπου: t = η χρονική στιγμή διεξαγωγής του πειράματος (min)

Και: τ = ο θεωρητικός υδραυλικός χρόνος παραμονής = V / Q (min)

- Τρεις αντιδραστήρες τύπου CSTR σε σειρά

Λειτουργικά δεδομένα:

- Όγκος αντιδραστήρων: $V = 2.4\text{L}$
- Παροχή λειτουργίας: $Q = 30\text{L/h}$
- Χρόνος παραμονής: $\tau = 4.8\text{ min}$
- Αναμένουμε να επιτευχθεί σταθερή κατάσταση μετά το πέρας 2.5τ, κάτι που ισοδυναμεί σε 12min.
- Καταγραφή μετρήσεων: ανά 1min για συνολική διάρκεια 12min

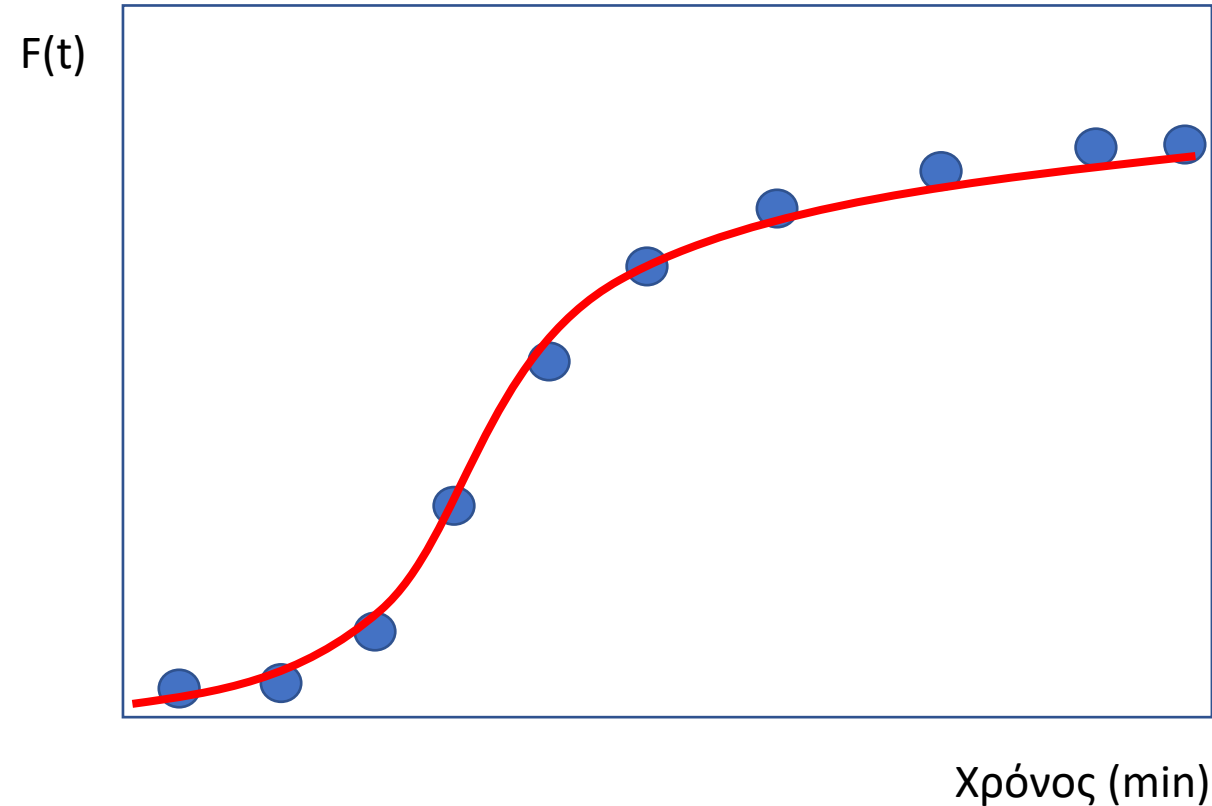






• Πειραματικά δεδομένα

Time (min)	Αγωγιμότητα (mS/cm)
0	0.62
1	0.72
2	1.28
3	2.19
4	3.29
5	4.21
6	4.95
7	5.61
8	5.97
9	6.25
10	6.44
11	6.55
12	6.62



Θεωρητική εξίσωση:

$$F(t) = 1 - e^{-t/\tau} (1 + t/\tau + (1/2!)(t/\tau)^2 + \dots + (1/(n-1)!)*(t/\tau)^{n-1})$$

Όπου: t = η χρονική στιγμή διεξαγωγής του πειράματος (min)

n= ο αριθμός των CSTR σε σειρά

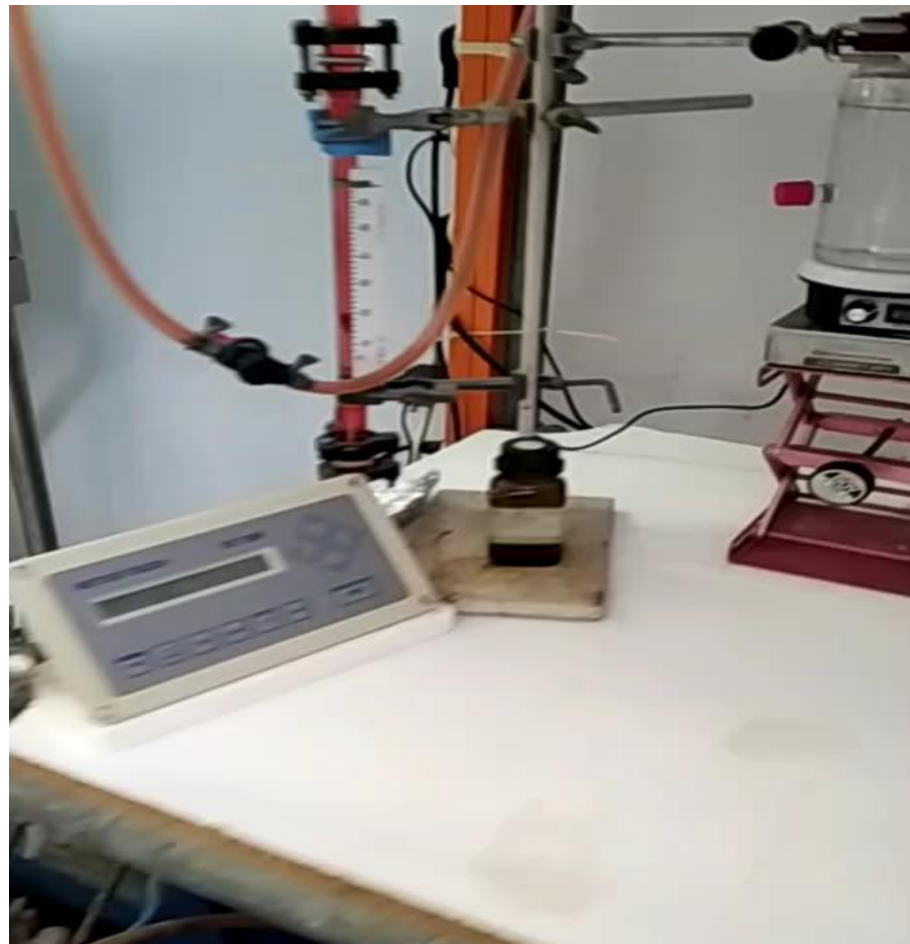
τ= ο θεωρητικός υδραυλικός χρόνος παραμονής = V / Q (min)

Αντιδραστήρας τύπου PFR

Λειτουργικά δεδομένα:

- Όγκος αντιδραστήρα: $V = 2.4\text{L}$
- Παροχή λειτουργίας: $Q = 20\text{L/h}$
- Χρόνος παραμονής: $\tau = 7.2\text{ min}$
- Αναμένουμε να επιτευχθεί σταθερή κατάσταση μετά το πέρας 1τ, κάτι που ισοδυναμεί σε 7.2min.
- Καταγραφή μετρήσεων: 0 – 5: ανά 1min
5 – 6: ανά 30sec
6 – 9: ανά 10sec
9 – 12: ανά 20sec

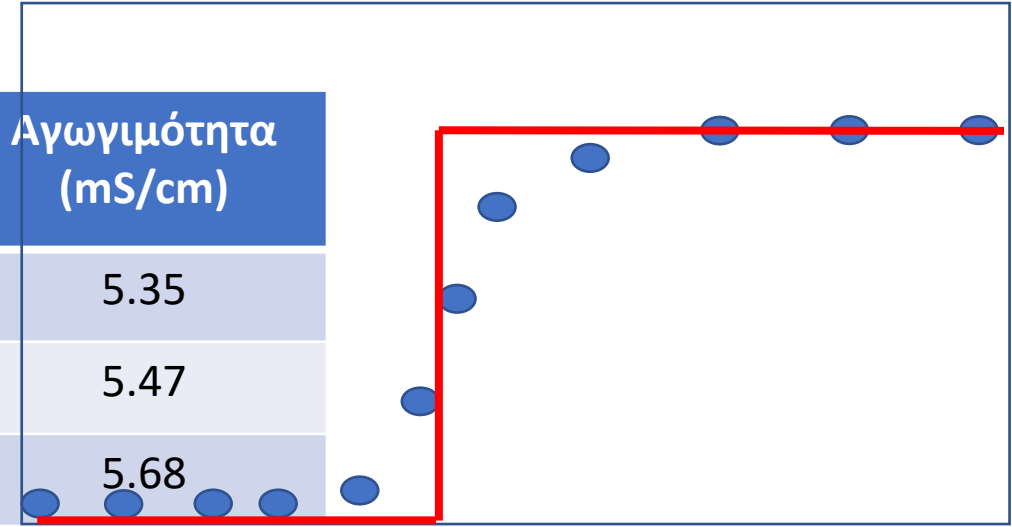




• Πειραματικά δεδομένα

Time (min)	Αγωγιμότητα (mS/cm)	Time (min)	Αγωγιμότητα (mS/cm)	Time (min)	Αγωγιμότητα (mS/cm)
0	0.51	6' 50''	2.67	8' 50''	5.35
1	0.51	7	3.03	9	5.47
2	0.51	7' 10''	3.39	9' 20''	5.68
3	0.51	7' 20''	3.73	9' 40''	5.83
4	0.51	7' 30''	3.97	10	5.95
5	0.51	7' 40''	4.24	10' 20''	6.04
5' 30''	0.51	7' 50''	4.40	10' 40''	6.12
6	0.84	8	4.62	11	6.17
6' 10''	1.35	8' 10''	4.84	11' 20''	6.21
6' 20''	1.87	8' 20''	4.97	11' 40''	6.25
6' 30''	2.01	8' 30''	5.11	12	6.27
6' 40''	2.32	8' 40''	5.24		

F(t)



Χρόνος (min)

Θεωρητική εξίσωση:
 $F(t) = 0$ για $t < \tau$
 $F(t) = 1$ για $t > \tau$
 Όπου: τ = η χρονική στιγμή διεξαγωγής του πειράματος (min)
 τ = ο θεωρητικός υδραυλικός χρόνος παραμονής = V / Q (min)

Time (min)	F(t) θεωρητικό = $1 - \exp(-t/\tau)$	F(t) πειραματικό = EC/ EC τελική	EC (mS/sec)
0	0	0.077	0.51
1	...	0.186	1.23
2	...	0.437	2.90
3	4.00
4	4.62
5	5.12
6	5.59
7	5.98
8	6.18
9	6.32
10	6.49
11	...	0.992	6.58
12	1.0	1.000	6.63

- **Ιχνηθέτης**

Υδατικό διάλυμα με χρωστική και αλάτι

- **Αντιδραστήρες**

Τύπος, αριθμός, λειτουργικός όγκος, διάγραμμα ροής, κλπ

- **Τρόπος διεξαγωγής του πειράματος**

Έναρξη τροφοδοσίας του ιχνηθέτη, καταγραφή του χρόνου, καταγραφή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στην έξοδο, κλπ

- **Υπολογισμοί**

Παρουσίαση των θεωρητικών εξισώσεων της αθροιστικής κατανομής του χρόνου παραμονής για κάθε έναν από τους τρεις τύπους αντιδραστήρα

- **Αποτελέσματα**

Διαγράμματα της αγωγιμότητας για τους αντιδραστήρες

- **Συμπεράσματα**

Υπάρχουν αποκλίσεις μεταξύ πειραματικών/ θεωρητικών μετρήσεων; Αν ναι, γιατί;