

ΑΠΟΔΟΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΕΡΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Η δυνατότητα κατακράτησης και απομάκρυνσης των ρύπων (αιωρούμενων σωματιδίων ή αερίων) από ένα βιομηχανικό απαέριο που παρουσιάζουν οι συσκευές ελέγχου της αέριας βιομηχανικής ρύπανσης εκφράζεται από τον **βαθμό της επί της εκατό απόδοσής τους** (n).

Γενικότερα, ας θεωρήσουμε μια συσκευή ελέγχου αέριας ρύπανσης η οποία λειτουργεί με **ογκομετρική παροχή** Q . Η συγκέντρωση του ρύπου στο ρεύμα **εισόδου** είναι c_i και στο ρεύμα **εξόδου** είναι c_f .

Η αποτελεσματικότητα της συσκευής χαρακτηρίζεται με βάση τις παρακάτω τρεις παραμέτρους:

Απόδοση $n = 1 - \frac{c_f}{c_i}$

Δυνατότητα διείσδυσης των ρύπων $p = 1 - n = \frac{c_f}{c_i}$

Συντελεστής απορρύπανσης $DF = \frac{1}{p} = \frac{c_i}{c_f}$



Σε περίπτωση που η ογκομετρική παροχή στην **είσοδο** (Q_i) είναι διαφορετική από αυτή στην **έξοδο** (Q_f), οι παραπάνω εξισώσεις λαμβάνουν την ακόλουθη μορφή:

Απόδοση
$$n = 1 - \frac{Q_f \cdot c_f}{Q_i \cdot c_i}$$

Δυνατότητα διείσδυσης των ρύπων
$$p = 1 - n = \frac{Q_f \cdot c_f}{Q_i \cdot c_i}$$

Συντελεστής απορρύπανσης
$$DF = \frac{1}{p} = \frac{Q_i \cdot c_i}{Q_f \cdot c_f}$$

Κατά το σχεδιασμό εγκαταστάσεων ελέγχου της αέρας βιομηχανικής ρύπανσης χρησιμοποιούνται οι δύο πρώτοι όροι (Απόδοση και Δυνατότητα διείσδυσης των ρύπων)

Ενώ στην πυρηνική τεχνολογία έχει καθιερωθεί ο τρίτος (Συντελεστής απορρύπανσης).

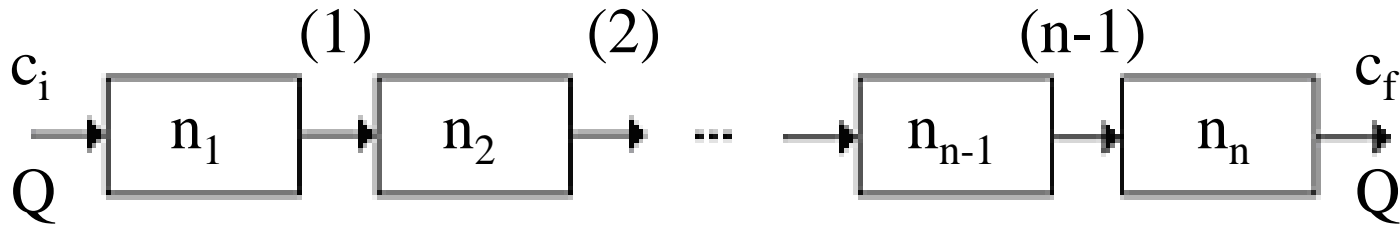
Όταν έχουμε υψηλές αποδόσεις μιας συσκευής ή ενός συστήματος που πλησιάζουν το 100% είναι χρήσιμη η χρήση του όρου $p = 1 - n$

Για παράδειγμα, στην περίπτωση δύο συσκευών ελέγχου με αποδόσεις 0.995 και 0.998 αντίστοιχα, δίδεται καλύτερα έμφαση με τη χρήση του όρου της διείσδυσης (p) όπου οι τιμές είναι $5 \cdot 10^{-3}$ και $2 \cdot 10^{-3}$, αντίστοιχα.

Επίσης η χρήση του p είναι γενικά πιο απλή όταν πρόκειται για συσκευές που λειτουργούν σε σειρά, όπως θα φανεί και στο παράδειγμα που ακολουθεί.

Πιο συχνά σε μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, κυρίως για την κατακράτηση σωματιδίων από απαέρια, γίνεται χρήση συσκευών σε σειρά ή παραλληλία.

Συλλέκτες σε σειρά



Η συνολική απόδοση του συστήματος υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$n_{ολικό} = 1 - \frac{c_f}{c_i} = 1 - \frac{c_1}{c_i} \cdot \frac{c_2}{c_1} \cdot \dots \cdot \frac{c_{n-1}}{c_{n-2}} \cdot \frac{c_f}{c_{n-1}}$$

Η απόδοση κάθε συλλέκτη ισούται με:

$$n_1 = 1 - \frac{c_1}{c_i} \Rightarrow \frac{c_1}{c_i} = 1 - n_1$$

$$n_2 = 1 - \frac{c_2}{c_1} \Rightarrow \frac{c_2}{c_1} = 1 - n_2 \quad n_n = 1 - \frac{c_f}{c_{n-1}} \Rightarrow \frac{c_f}{c_{n-1}} = 1 - n_n$$

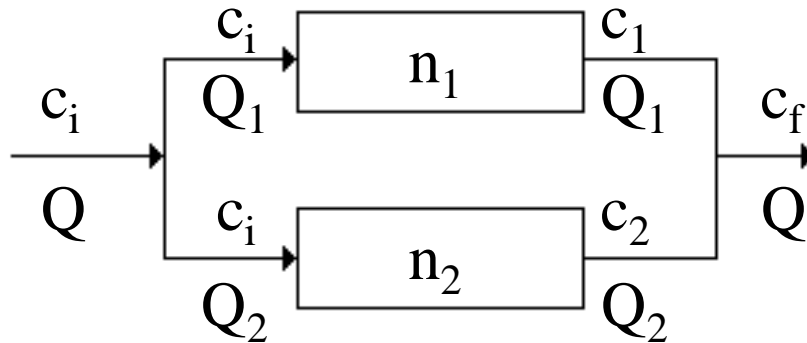
Συνδυάζοντας τις παραπάνω εξισώσεις προκύπτει:

$$n_{ολικό} = 1 - (1 - n_1) \cdot (1 - n_2) \cdot \dots \cdot (1 - n_n) = 1 - p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_n$$

Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι η συνολική απόδοση του συστήματος **δεν είναι** ο αριθμητικός μέσος των επιμέρους αποδόσεων.

Συλλέκτες σε παραλληλία

Δύο Συλλέκτες σωματιδίων σε παράλληλη διάταξη



Γενικά, η απόδοση (n) και η ογκομετρική παροχή (Q) του κάθε συλλέκτη είναι **διαφορετικές**, ενώ η συγκέντρωση εισόδου είναι για κάθε συλλέκτη η **ίδια**. Για σύστημα n παράλληλων συλλεκτών, η **μάζα των σωματιδίων που εξέρχεται από κάθε συλλέκτη** ισούται με:

$$c_1 \cdot Q_1 = (1 - n_1) \cdot Q_1 \cdot c_i$$

$$c_2 \cdot Q_2 = (1 - n_2) \cdot Q_2 \cdot c_i \quad c_n \cdot Q_n = (1 - n_n) \cdot Q_n \cdot c_i$$

Η ολική απόδοση του συστήματος ισούται με:

$$n_{\text{ολικό}} = 1 - \frac{Q \cdot c_f}{Q \cdot c_i}$$

όπου: $Q \cdot c_f = c_1 \cdot Q_1 + c_2 \cdot Q_2 + \dots + c_n \cdot Q_n$

Επομένως:

$$n_{\text{ολικό}} = 1 - \frac{c_1 \cdot Q_1 + c_2 \cdot Q_2 + \dots + c_n \cdot Q_n}{Q \cdot c_i} =$$

$$c_1 \cdot Q_1 = (1 - n_1) \cdot Q_1 \cdot c_i$$

$$= 1 - \left[(1 - n_1) \cdot \frac{Q_1}{Q} + (1 - n_2) \cdot \frac{Q_2}{Q} + \dots + (1 - n_n) \cdot \frac{Q_n}{Q} \right] =$$

$$p = 1 - n$$

$$= 1 - \left[p_1 \cdot \frac{Q_1}{Q} + p_2 \cdot \frac{Q_2}{Q} + \dots + p_n \cdot \frac{Q_n}{Q} \right]$$

Όπως και στην περίπτωση των συλλεκτών σε σειρά, η συνολική απόδοση του συστήματος **δεν ισούται** με τον αριθμητικό μέσο των επιμέρους αποδόσεων, αλλά **εξαρτάται από τον τρόπο διαμερισμού της ολικής παροχής** στους επιμέρους συλλέκτες και από τις τιμές των επιμέρους αποδόσεων (n_1, n_2, \dots, n_n) .

ΑΣΚΗΣΗ 1:

Τέσσερις συσκευές ελέγχου αέριας βιομηχανικής ρύπανσης τοποθετούνται σε **σειρά**. Κάθε συσκευή έχει απόδοση ίση με **95%**. Ποια είναι η συνολική απόδοση του συστήματος;

ΛΥΣΗ:

Η συνολική απόδοση ισούται με:

$$n_{ολικό} = 1 - \frac{Q_4 \cdot c_4}{Q_0 \cdot c_0} = 1 - (1 - n_1) \cdot (1 - n_2) \cdot (1 - n_3) \cdot (1 - n_4)$$

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα τα n θεωρούνται όλα ίσα και έτσι η ολική απόδοση ισούται με:

$$n_{ολικό} = 1 - \frac{Q_4 \cdot c_4}{Q_0 \cdot c_0} = 1 - (1 - 0.95)^4 = 0.99999375$$

Το πρόβλημα μπορεί να λυθεί και με τη χρήση της δυνατότητας διεξόδου των ρύπων της κάθε συσκευής, η οποία ισούται με:

$$p = 1 - 0.95 = 0.05$$

Τότε:

$$P_{ολικό} = \frac{Q_4 \cdot c_4}{Q_0 \cdot c_0} = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_4$$

$$P_{ολικό} = p^4 = 0.05^4 = 6.25 \cdot 10^{-6}$$

Το προηγούμενο απλουστευμένο παράδειγμα μπορεί να ισχύει σε περίπτωση **ομογενών αέριων ρύπων**, π.χ. SO_2 , NO_2 .

Ειδικά για την περίπτωση σωματιδιακών ρύπων η συνολική ικανότητα συλλογής (συνολική απόδοση) μιας συσκευής εξαρτάται από το μέγεθος (κατανομή μεγέθους) των σωματιδίων.

Η απόδοση είναι γενικά **μεγαλύτερη** για τα **μεγάλα σωματίδια** και **μειώνεται** για τα **μικρότερα**.

Η συνολική απόδοση ενός συλλέκτη μπορεί να υπολογιστεί εάν είναι γνωστή η κατανομή μεγέθους των σωματιδίων κατά ομάδες και η μερική απόδοση (ή μερική διείσδυση) του συλλέκτη για κάθε ομάδα των σωματιδίων.

ΑΣΚΗΣΗ 2:

Αέριο ρεύμα περιέχει, σε ίσες ποσότητες κατά βάρος, μικρά, μεσαία και μεγάλα σωματίδια. Το ρεύμα διέρχεται μέσω συλλέκτη σωματιδίων ο οποίος παρουσιάζει απόδοση **99%** για τα μεγάλα σωματίδια, **75%** για τα μεσαία και **30%** για τα μικρά σωματίδια. Ποια είναι η **συνολική απόδοση** του συλλέκτη;

ΛΥΣΗ:

Έστω ότι εξετάζεται όγκος του ρεύματος ο οποίος περιέχει 0.999kg σωματιδίων. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι υπολογισμοί:

Μέγεθος σωματιδίων Εισερχόμενη μάζα x Δυνατότητα διείσδυσης = Εξερχόμενη μάζα

Μεγάλα	0.333kg	0.01	0.0033kg
Μεσαία	0.333kg	0.25	0.0833kg
Μικρά	<u>0.333kg</u>	0.70	<u>0.2331kg</u>
Σύνολο	0.999kg		0.3197kg

Επομένως η συνολική απόδοση ισούται με:

$$n = 1 - p = 1 - \frac{0.3197}{0.999} = 0.68 = 68\%$$

$$n = 1 - \frac{c_f}{c_i}$$

ΑΣΚΗΣΗ 3:

Εάν στο συλλέκτη της προηγούμενης άσκησης προστεθεί σε σειρά και δεύτερος συλλέκτης σωματιδίων με τα ίδια ακριβώς χαρακτηριστικά με τον πρώτο, ποια θα είναι η συνολική απόδοση του συστήματος;

ΛΥΣΗ:

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι υπολογισμοί. Στην περίπτωση αυτή η δυνατότητα διείσδυσης των σωματιδίων κάθε μεγέθους **υψώνεται στο τετράγωνο** καθώς τα σωματίδια διέρχονται μέσω **δύο συλλεκτών, ίδιου p** .

Μέγεθος σωματιδίων Εισερχόμενη μάζα x Δυνατότητα διείσδυσης = Εξερχόμενη μάζα

Μεγάλα	0.333kg	$(0.01)^2$	0.0000kg
Μεσαία	0.333kg	$(0.25)^2$	0.0208kg
Μικρά	<u>0.333kg</u>	$(0.70)^2$	<u>0.1632kg</u>
Σύνολο	0.999kg		0.184kg

Η συνολική απόδοση του συστήματος ισούται με:

$$n = 1 - p = 1 - \frac{0.184}{0.999} = 0.816 = 81.6\%$$

$$n = 1 - \frac{C_f}{C_i}$$

Παρατηρείται ότι η συνολική απόδοση του δεύτερου συλλέκτη είναι **μικρότερη** παρόλο που έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με τον πρώτο συλλέκτη. Συγκεκριμένα η συνολική απόδοση του δεύτερου συλλέκτη είναι ίση με:

$$n_2 = 1 - p_2 = 1 - \frac{0.184}{0.3197} = 0.424 = 42.4\%$$

Ο λόγος είναι ότι:

Ο πρώτος συλλέκτης επεξεργάζεται το αρχικό ρεύμα αέρα, απομακρύνοντας τα **περισσότερα μεγάλα σωματίδια**, τα οποία είναι και **ευκολότερο** να δεσμευτούν.

Ο δεύτερος συλλέκτης, από την άλλη, επεξεργάζεται αέριο ρεύμα το οποίο περιλαμβάνει **κυρίως μικρά σωματίδια**, τα οποία **δεν συλλέγονται εύκολα**.

Για ένα συγκεκριμένο μέγεθος σωματιδίων, και οι δύο συλλέκτες είναι εξίσου αποδοτικοί. Αυτό που μεταβάλλεται είναι η **αναλογία των σωματιδίων** των διαφόρων μεγεθών στην είσοδο του κάθε συλλέκτη.

