



**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
"Διαχείριση και Ενεργειακή Βελτιστοποίηση Συστημάτων"**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**“ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΦΙΛΤΡΩΝ ΣΚΟΝΗΣ ΣΕ
ΤΣΙΜΕΝΤΟΒΙΟΜΗΧΙΑ ”**



**Υπεύθυνος Καθηγητής:
Κωνσταντίνος Ψωμόπουλος, Καθηγητής**

**Φοιτητής:
Κουκουτσάκης Αλέξανδρος**

**ΑΘΗΝΑ
Μάρτιος – 2018**

Copyright © Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή της για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Ανώτατου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί διπλωματική εργασία στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Διαχείριση και Ενεργειακή Βελτιστοποίηση Συστημάτων» του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Τ.Ε. ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ. Πριν την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω ορισμένους από τους ανθρώπους που γνώρισα, συνεργάστηκα μαζί τους και έπαιξαν πολύ σημαντικό ρόλο στην πραγματοποίησή της.

Πρώτα απ' όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Ψωμόπουλο, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας.

Επίσης, ευχαριστώ τους συναδέλφους μου από την τσιμεντοβιομηχανία Halyps για τις πολύτιμες πληροφορίες που μου έδωσαν.

Επιπλέον για την υλοποίηση της διπλωματικής εργασίας σημαντικό ρόλο έπαιξαν οι φίλοι(ες) μου για την ηθική υποστήριξή τους.

Τέλος, ευχαριστώ τους γονείς μου, Βασίλειο και Χρυσούλα Κουκουτσάκη αλλά και τον αδελφό μου Αθανάσιο Κουκουτσάκη για την ολόψυχη αγάπη και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια.

Αφιερώνεται στην οικογένεια μου

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα	3
Περίληψη	5
Executive Summary	6
Πρόλογος	7
Ενότητα 1 “ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ ”	9
1.1 Γενικά	9
Ενότητα 2 “ ΦΙΛΤΡΑ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗΣ ΣΚΟΝΗΣ “	12
2.1 Γενικά	12
2.2 Είδη Σακόφιλτρων	13
2.2.1 Σακόφιλτρα με ρεύμα αέρα αντίθετης ροής και μηχανική δόνηση	14
2.2.2 Σακόφιλτρα δόνησης με αέρα υπό πίεση	18
2.3 Αποτελούμενα Μέρη Φίλτρου Σκόνης	20
2.4 Περιγραφή Λειτουργίας	29
2.5 Υφάσματα Σακόφιλτρων	30
2.5.1 Τύπος πληγμένου υφάσματος	30
2.5.2 Πιληματοποιημένο ύφασμα	31
2.6 Μηχανισμοί Διήθησης	32
2.6.1 Μηχανισμός Διήθησης - Πρόσκρουση	33
2.6.2 Μηχανισμός Διήθησης - Ανάσχεση	34
2.6.3 Μηχανισμός Διήθησης - Διάχυση	35
2.6.4 Άλλοι μηχανισμοί Διήθησης – Συνολική απόδοση	35
2.7 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα	37
2.8 Διαδικασία Σχεδιασμού	37
2.9 Θεωρία – Πτώση Πίεσης	37
2.10 Χαρακτηριστικά Σωματιδίων	42

2.11 Θερμοκρασία – Πίεση σακόφιλτρου	46
2.12 Επιθεωρήσεις – Συντηρήσεις	47
2.13 Βλάβες Φίλτρων Αναρρόφησης Σκόνης	50
ΕΝΟΤΗΤΑ 3 " ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ "	51
3.1 Γενικά	51
3.2 Καταγραφικό ισχύος FLUKE 1735 three - phase power	55
3.3 Μετρήσεις	58
ΕΝΟΤΗΤΑ 4 " ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ "	67
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	70

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά τη λειτουργία τριών φίλτρων αναρρόφησης σκόνης που υπάρχουν σε δύο διαφορετικές εγκαταστάσεις σε μια τσιμεντοβιομηχανία. Στο πρώτο μέρος της γίνεται μια προσέγγιση σχετικά με την διαδικασία παραγωγής του τσιμέντου. Σε αυτή την ενότητα περιγράφονται τα βήματα εκείνα, τα οποία απαιτούνται έτσι ώστε στο τέλος να παράγεται το τσιμέντο και να οδηγείται στην αγορά δια μέσου των σιλοφόρων ή των πλοίων στο εσωτερικό της χώρας αλλά και στο εξωτερικό. Μετά από τη σύντομη περιγραφή, για την παραγωγή του τσιμέντου στην ενότητα ένα, στην ενότητα δύο παρουσιάζονται τα φίλτρα αναρρόφησης της σκόνης με ανάλυση των μερών από τα οποία αποτελούνται αυτά και από άλλα σημαντικά στοιχεία. Μετά το θεωρητικό μέρος παρουσιάζεται το πειραματικό μέρος της διπλωματικής εργασίας, στο οποίο έγιναν μετρήσεις των διαφορικών πιέσεων αλλά και μετρήσεις της ισχύς που αφορούσαν τους ανεμιστήρες των φίλτρων αναρρόφησης, με τη χρήση κατάλληλων οργάνων. Στην ίδια ενότητα γίνεται και η ανάλυση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων. Στην τελευταία ενότητα γίνεται αναφορά στα αίτια αυτής της λειτουργικής συμπεριφοράς των φίλτρων σκόνης ενώ γίνονται και προτάσεις με σκοπό την βελτίωση της λειτουργίας τους. Αυτό θα συμβάλλει στην υγεία του ανθρώπου, την προστασία του περιβάλλοντος από τη σκόνη και στην εξοικονόμηση ενέργειας κατά τη λειτουργία αυτών των φίλτρων.

Λέξεις κλειδιά: Φίλτρα αναρρόφησης σκόνης, ενεργειακές μετρήσεις, διαφορική πίεση, ισχύς ανεμιστήρα, προστασία περιβάλλοντος

EXECUTIVE SUMMARY

This MSc thesis concerns the operation of three dust extraction filters that exist in two different facilities in a cement industry. In the first part, an approach is made regarding the cement production process. In this section the steps that are required in order to produce cement and be brought to the market through the silos or the ships, following the brief description, for cement production in chapter one, are described. Chapter two shows the dust extraction filters by analyzing the parts from which they are composed and other important elements. After the theoretical part is presented the experimental part of the diploma thesis, in which measurements of the differential pressures and of the power measurements concerning the suction filter fans were made, using appropriate instruments. In the same section the analysis of the results measurement is presented. In the last section discusses the causes of this dusty operation behavior while making suggestions to improve their operation. This will contribute to human health, protect the environment from dust and save energy during the operation of these filters.

Keywords: Dust extraction filters, energy measurements, differential pressure, fan power, environmental protection.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2017-2018 και αποτελείται από τις ακόλουθες ενότητες :

Οι πρώτες τρεις ενότητες αφορούν το θεωρητικό μέρος της διπλωματικής αυτής εργασίας ενώ η τέταρτη ενότητα αφορά το πειραματικό μέρος αυτής.

Το θεωρητικό μέρος αποτελείται από τις εξής ενότητες :

Στην **πρώτη ενότητα** γίνεται μια πρώτη παρουσίαση των σταδίων που υλοποιούνται για να παραχθεί το τσιμέντο. Αυτή η σύντομη περιγραφή των σταδίων παρουσιάζεται με τη χρήση ενός σχήματος.

Στη **δεύτερη ενότητα** γίνεται μια σύντομη ανάλυση του σκοπού της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Γίνεται μια πρώτη αναφορά στα είδη αλλά και στα μέρη από τα οποία αποτελούνται τα φίλτρα αναρρόφησης σκόνης. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στη λειτουργία, στα είδη των υφασμάτων, στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των φίλτρων. Εκτός από τα αναγραφόμενα έγινε αναφορά και στη διαδικασία του σχεδιασμού των φίλτρων, στη διαφορική πίεση η οποία εμφανίζεται λόγω της διαφοράς πίεσης μεταξύ εισόδου και εξόδου του φίλτρου. Στη συνέχεια στην ενότητα αυτή γίνεται αναφορά τόσο στις θερμοκρασίες αλλά και στις πιέσεις των φίλτρων, οι οποίες αναπτύσσονται στις εισόδους αλλά και στις εξόδους των φίλτρων, όσο και στις συντηρήσεις – επιθεωρήσεις όπου γίνεται στα συγκεκριμένα φίλτρα αναρρόφηση σκόνης. Τέλος στη δεύτερη ενότητα γίνεται αναφορά και στις βλάβες, οι οποίες προκύπτουν στα φίλτρα αναρρόφηση σκόνης.

Στην **τρίτη ενότητα** παρουσιάζονται τα φίλτρα αναρρόφησης σκόνης με έμφαση στα κυκλώματα του αυτοματισμού – προγραμματισμού, τα οποία υλοποιήθηκαν έτσι ώστε μετά να είναι εφικτή η μέτρηση των διαφορικών πιέσεων αλλά και των ισχύων των ανεμιστήρων από τρία διαφορετικά φίλτρα αναρρόφηση σκόνης. Στη συνέχεια σχεδιάστηκαν οι αντίστοιχες κυματομορφές διαφορικής πίεσης και ισχύος σε σχέση με το χρόνο και οι διαφορικές πιέσεις σε σχέση με την ισχύ των ανεμιστήρων των φίλτρων.

Η αξιολόγηση και ο σχεδιασμός αυτών των κυματομορφών δίνουν πολύ σημαντικά στοιχεία για τη λειτουργία των φίλτρων.

Στην **τελευταία ενότητα** της διπλωματικής εργασίας αναγράφονται τα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν από τις διάφορες κυματομορφές του πειραματικού μέρους και συγκεκριμένα από την τέταρτη ενότητα. Επιπλέον στην ίδια ενότητα αναγράφονται και όσα δεν μπόρεσαν να υλοποιηθούν για να υπάρξει μια καλύτερη εικόνα για τη λειτουργία και των τριών περιπτώσεων λόγω έλλειψης μετρήσεων. Τέλος στην ίδια ενότητα αναγράφονται και οι προτάσεις, οι οποίες αφορούν τις κινήσεις όπου θα πρέπει να γίνονται για να βελτιωθούν οι λειτουργικές συμπεριφορές των φίλτρων αναρρόφηση σκόνης με απώτερο σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας, τόσο σε οικονομικά όσο και σε λειτουργικά οφέλη.

ΕΝΟΤΗΤΑ 1

“ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ ”

1.1 Γενικά

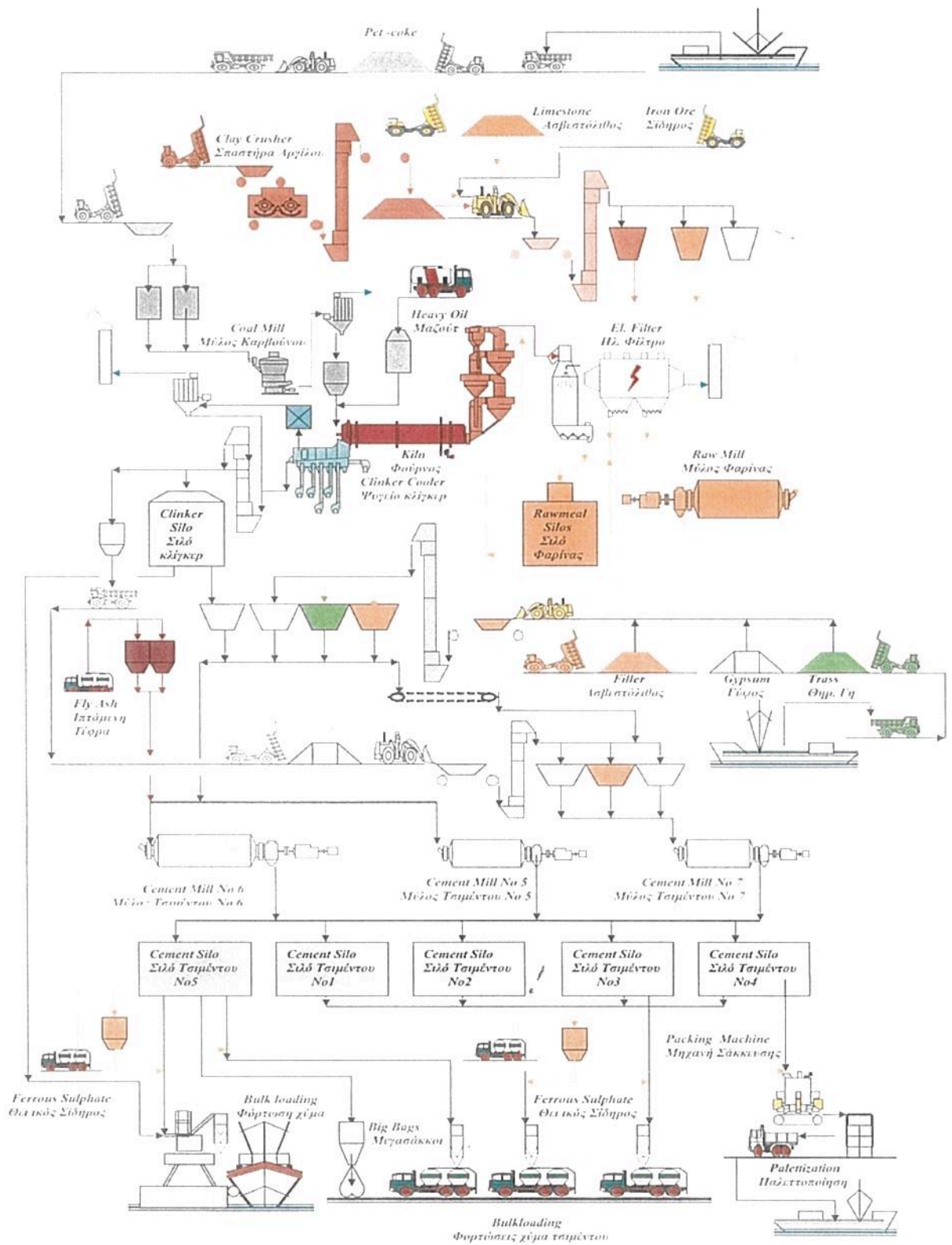
Το τσιμέντο για να παραχθεί περνάει από κάποια στάδια όπως αυτά φαίνονται και από το σχήμα 1.1. [1,2]

Κατά το πρώτο στάδιο γίνεται η εξόρυξη των πρώτων υλών (κυρίως ασβεστόλιθου, σχιστόλιθου, αργίλου κλπ) με τη χρήση εκρηκτικών υλών ή ισχυρών εκ σκαφτικών μηχανημάτων από τα λατομεία. Κατόπιν τούτου οι πρώτες ύλες φορτώνονται είτε με τη βοήθεια φορτωτών σε φορτηγά αυτοκίνητα είτε με εναέριες μεταφορικές ταινίες και μεταφέρονται στους χώρους θραύσης. [1,2]

Στο δεύτερο στάδιο τα υλικά θραύονται σε μεγάλους θραυστήρες σε τεμάχια, συνήθως σε μικρότερα των 30 χιλιοστών διαμέτρου. [1,2]

Στο τρίτο στάδιο η φαρίνα όπως ονομάζεται πλέον το υλικό οδηγείται σε ειδικά σιλό όπου εκεί συντελείται η ομογενοποίηση. [1,2]

Στο τέταρτο στάδιο η φαρίνα οδηγείται στον περιστροφικό κλίβανο όπου μετατρέπεται σε κλίνκερ σφαιροειδούς μορφής διαμέτρου 10–25mm. Οι περιστροφικοί κλίβανοι είναι περιστρεφόμενοι οριζόντιοι μεταλλικοί κύλινδροι διαμέτρου 3–5m και μεγάλου μήκους με μία μικρή κλίση προς την έξοδο του υλικού και λόγω των υψηλών θερμοκρασιών έχουν εσωτερική επένδυση από ειδικά πυρίμαχα τούβλα. Η φαρίνα πριν την είσοδό της στον κλίβανο υφίσταται μια προοδευτική προθέρμανση έως τους 900°C στον προθερμαντή καθώς έρχεται σε επαφή με τα θερμά αέρια που εξέρχονται από τον κλίβανο. Ο προθερμαντής αποτελείται από συστοιχία κυκλώνων τοποθετημένων κατακόρυφα και είναι σε σειρά με τον κλίβανο. Στον περιστροφικό κλίβανο ολοκληρώνονται οι χημικές αντιδράσεις δημιουργίας του κλίνκερ καθώς εκεί επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες έως και τους 2000°C. [1,2]



Σχήμα 1.1 : Στάδια παραγωγής τσιμέντου [2]

Στο πέμπτο στάδιο το σχηματισμένο κλίνκερ, μετά την έξοδο του από τον περιστροφικό κλίβανο εισέρχεται στο ψυγείο του κλίνκερ (έσχαρα ή πλανητικά) εντός του οποίου ψύχεται με εμφύσηση ψυχρού αέρα, έως τη θερμοκρασία των 100-150°C. Η διαδικασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα, αφενός τη σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας από την εκμετάλλευση των θερμών αερίων στους προθερμαντές και στην ξήρανση των πρώτων υλών, αφετέρου τη δημιουργία κατάλληλων κρυσταλλογραφικών μορφών στο παραγόμενο κλίνκερ, γεγονός που βελτιώνει τις ιδιότητες του τσιμέντου. Ταυτόχρονα η ψύξη του κλίνκερ επιβάλλεται αφού καθιστά ευκολότερη τη διαχείριση του στα μετέπειτα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας του τσιμέντου. Κατόπιν τούτου το παραγόμενο κλίνκερ εξερχόμενο από τις διατάξεις ψύξης, οδηγείται με μεταφορικές ταινίες σε κλειστές αποθήκες (σιλό), εντός των οποίων φυλάσσεται μέχρι να τροφοδοτηθεί στα επόμενα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας. Η αποθηκευτική ικανότητα των σιλό, ανάλογα με τη δυναμικότητα της εκάστοτε τσιμεντοβιομηχανίας, κυμαίνεται από 35.000 έως 90.000 τόνους. [1,2]

Στο έκτο στάδιο οι θραυσμένες πρώτες ύλες αποθηκεύονται χωριστά ανά κατηγορία με ταυτόχρονη ανάμιξη διαφορετικών ποιοτήτων σε ειδικές αποθήκες προ-ομογενοποίησης. Μετά την προ-ομογενοποίησή τους οι πρώτες ύλες αποθηκεύονται σε ξεχωριστά για κάθε τύπο υλικού σιλό και από εκεί τροφοδοτούνται στους μύλους άλεσης σε αυστηρά καθορισμένη και συνεχώς ελεγχόμενη δοσολογία. [1,2]

Στο έβδομο στάδιο η ξήρανση και η άλεση των πρώτων υλών γίνεται σε οριζόντιους ή σε κατακόρυφους μύλους. Οι οριζόντιοι μύλοι είναι μεταλλικοί κύλινδροι με εσωτερική μεταλλική θωράκιση και περιέχουν πολλούς τόνους από χαλύβδινες σφαίρες (αλεστικά σώματα). Κατά την περιστροφική κίνηση των μύλων οι σφαίρες συνθλίβουν τις πρώτες ύλες σε κόκκους κατάλληλης διαμέτρου. Οι κατακόρυφοι μύλοι κονιορτοποιούν το υλικό συμπιέζοντάς το με κωνικούς ρόλους πάνω σε μία χαλύβδινη περιστροφική τράπεζα. Η ξήρανση επιτυγχάνεται αξιοποιώντας τα θερμά αέρια που εκλύονται από τους κλιβάνους. Το προϊόν των μύλων ονομάζεται φαρίνα. Στο τελευταίο στάδιο το τσιμέντο διατίθεται στην κατανάλωση χύμα ή σε σακιά των 25 ή των 50 κιλών. Οι μεγαλύτερες ποσότητες διατίθενται χύμα με ειδικά σιλοφόρα αυτοκίνητα ή με πλοία. [1,2]

ΕΝΟΤΗΤΑ 2

“ ΦΙΛΤΡΑ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗ ΣΚΟΝΗΣ ”

2.1 Γενικά

Το φίλτρο σκόνης όπως αυτό του σχήματος 2.1 αποτελεί σήμερα την πιο διαδεδομένη λύση για την συγκράτηση της σκόνης. Η σωστή χρήση και λειτουργία αυτού στοχεύει κατά πρώτον την προστασία του ανθρώπου από την σκόνη. Δεύτερον προστατεύεται το περιβάλλον από την σκόνη, όπου κάτω από κανονικές συνθήκες αιωρείται εντός του φίλτρου. Τρίτον μετά τη συγκράτηση της σκόνης, που γίνεται διαμέσου των σωληνώσεων του φίλτρου επιστρέφει ξανά στην γραμμή της παραγωγής από το κλαπέτο, ή από την ανέμη, ή από τον κοχλιοφόρο, όπου βρίσκονται στην έξοδο του φίλτρου. Βασική προϋπόθεση για την αξιόπιστη και οικονομική λειτουργία τους, αλλά και την αποτελεσματικότητά τους στην τήρηση των ορίων εκπομπής σκόνης, αποτελεί η προσεκτική επιλογή των παραμέτρων λειτουργίας τους στην αρχική φάση της μελέτης. [2]



Σχήμα 2.1: Φίλτρο αναρρόφησης σκόνης [2]

2.2 ΕΙΔΗ ΣΑΚΟΦΙΛΤΡΩΝ

Οι κυριότεροι τύποι σακόφιλτρων (ανάλογα με τη μέθοδο απομάκρυνσης της σκόνης από το σάκο) είναι οι εξής [3]:

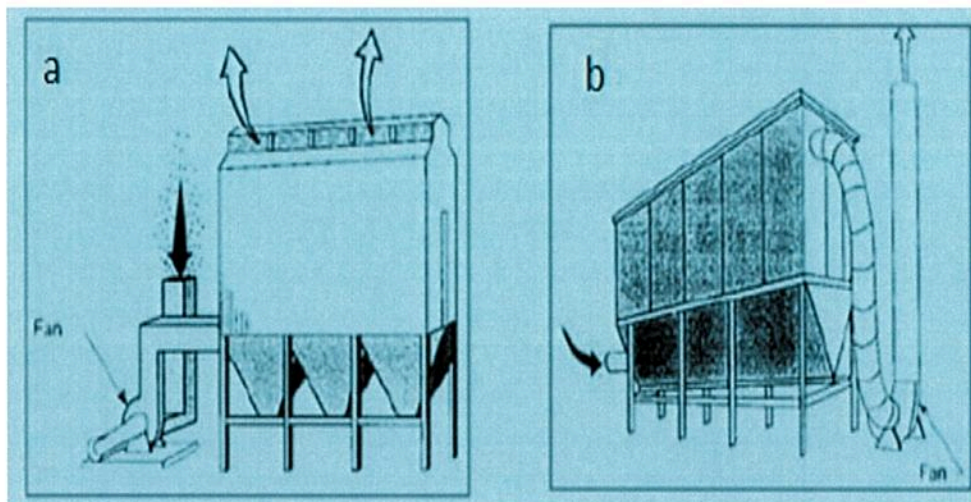
- Σακόφιλτρο με ρεύμα αέρα αντίθετης ροής (reverse flow) [off stream]
- Σακόφιλτρα με μηχανική δόνηση (shaker) [off stream]
- Σακόφιλτρα δόνησης με αέρα υπό πίεση (pulse jet) [on stream]

Ανάλογα με τη διάθεσή τους μετά τη χρήση τα σακόφιλτρα χωρίζονται σε [3]:

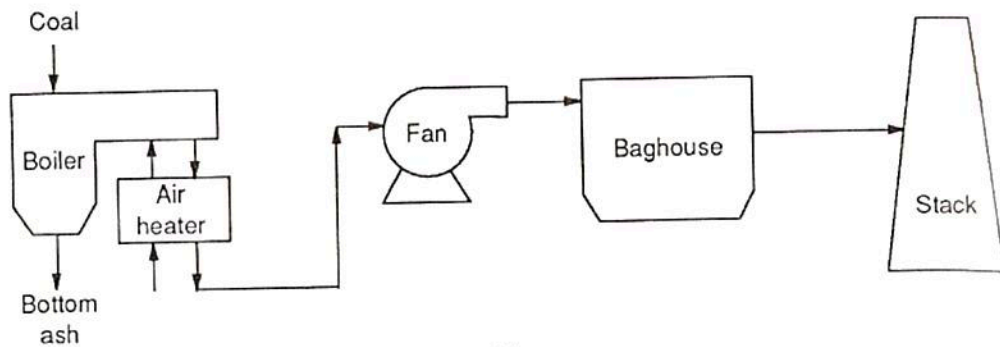
- Σακόφιλτρα μιας χρήσης (disposable) κυρίως τα βαθιά φίλτρα (ίνες γυαλιού πάνω σε μεταλλική βάση)
- Σακόφιλτρα που επαναχρησιμοποιούνται (on – disposable) : από ύφασμα

Επίσης τα σακόφιλτρα όπως φαίνεται και στα σχήματα 2.2 και 2.3 χαρακτηρίζονται [3]:

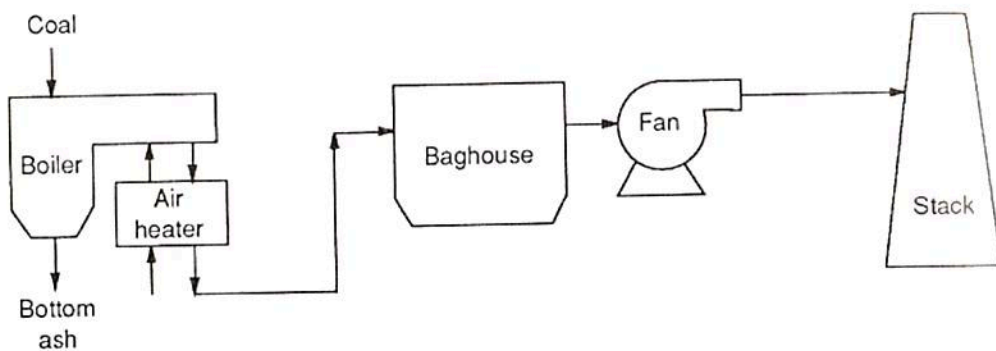
- Ως θετικής πίεσης , στα οποία το ρυπασμένο αέριο ρεύμα ωθείται να διέλθει μέσα από αυτά. Τα σακόφιλτρα θετικής πίεσης είναι φθηνότερα με προβλήματα στα πτερύγια των ανεμιστήρων τους.
- Ως αρνητικής πίεσης, στα οποία ο ανεμιστήρας τους είναι κατάντη του σακόφιλτρου. Στα σακόφιλτρα αρνητικής πίεσης προβλέπεται ενισχυμένη κατασκευή και έχουν προβλήματα με την είσοδο του αέρα και ιδιαίτερα στη χοάνη της συλλογής.



Σχήμα 2.2 : Σακόφιλτρα θετικής (α) και αρνητικής (β) πίεσης [3]



(a)



(b)

Coal = Κάρβουνο	Fan = Ανεμιστήρας
Boiler = Λέβητας	Baghouse = Σακόφιλτρο
Bottom ash = Τέφρα Πυθμένα	Stack = Καπνοδόχος

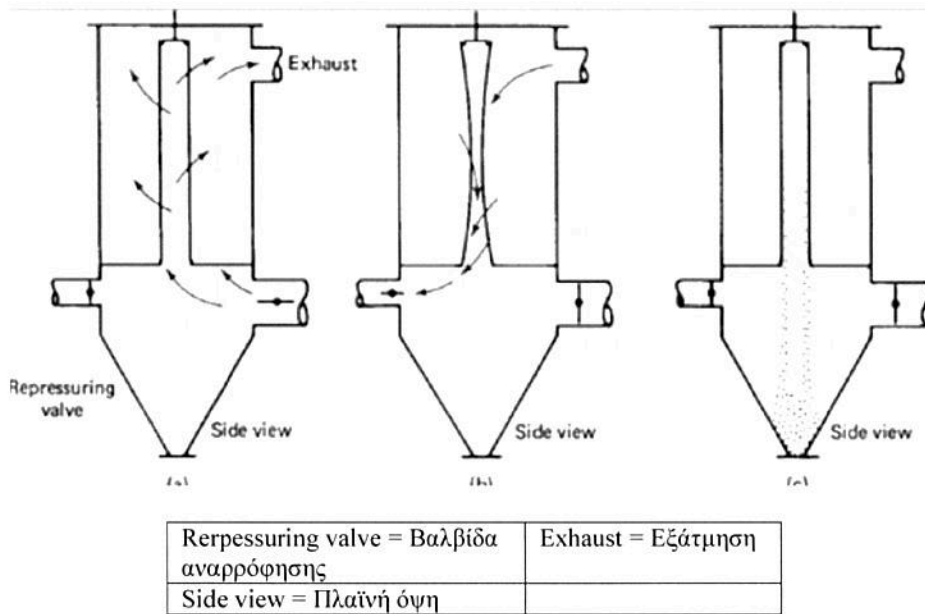
Σχήμα 2.3 : Σχηματική αναπαράσταση εγκατάστασης σακόφιλτρου θετικής (a) και αρνητικής (b) πίεσης [3]

2.2.1 ΣΑΚΟΦΙΛΤΡΑ ΜΕ ΡΕΥΜΑ ΑΕΡΑ ΑΝΤΙΘΕΤΗΣ ΡΟΗΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΟΝΗΣΗ

Στον συγκεκριμένο τύπο σακόφιλτρου (σχήμα 2.4) ο καθαρός αέρας αποστέλλεται μέσω των σακών στο απομονωμένο διαμέρισμα με κατεύθυνση αντίθετη αυτής της κανονικής ροής για να αποσπασθεί το στρώμα των σωματιδίων. Η σκόνη στη συνέχεια πέφτει στο κάτω μέρος του διαμερίσματος και απομακρύνεται περιοδικά από το συλλέκτη και διατίθεται ή επαναχρησιμοποιείται εάν κάτι τέτοιο είναι εφικτό. [3]

Ο συγκεκριμένος τύπος σακόφιλτρου κατασκευάζεται με πολλά διαμερίσματα. Στον καθαρισμό αυτών όπως φαίνεται και από τα σχήματα 2.5 και 2.6 γίνεται κατά πρώτον με την απομόνωση του διαμερίσματος αυτού από τη ροή. Κατά δεύτερον με το να

εφαρμόζεται η αντίθετη ροή ή η μηχανική δόνηση και κατά τρίτον με το να γίνεται και η συγκέντρωση των σωματιδίων από τον συλλέκτη περιοδικά. Η αντίθετη ροή αν και εκ πρώτης άποψης φαίνεται λιγότερο αποτελεσματική από μόνη της έχει το πλεονέκτημα ότι, με τη βοήθεια μιας ηχητικής χοάνης που προκαλεί δόνηση, βοηθάει στην απομάκρυνση της σκόνης. [3]



Σχήμα 2.4: Σακόφιλτρα με ρεύμα αέρα αντίθετης ροής (reverse flow) [3]

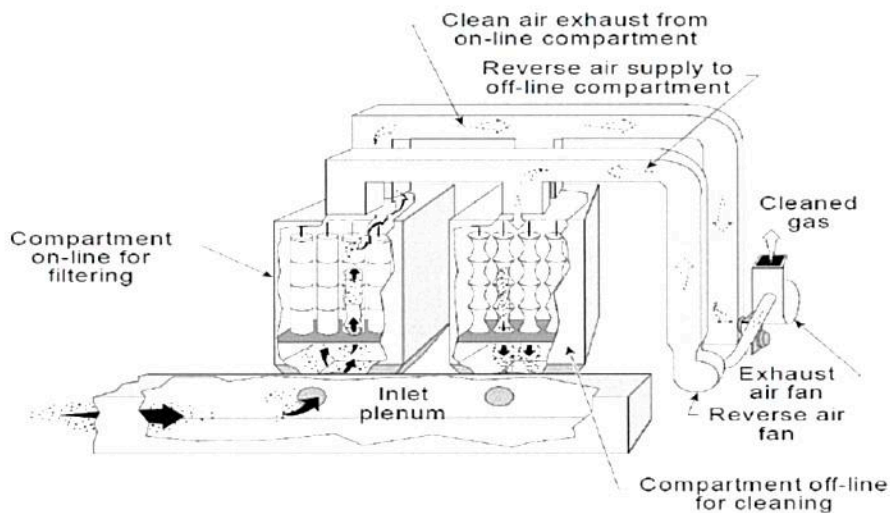
Ο αριθμός των διαμερισμάτων αυτών (βλέπε σχήμα 2.7) εξαρτάται από [3]:

- Την συνολική ροή προς διήθηση
- Τη διαθέσιμη ή την επιθυμητή μέγιστη πτώση πίεσης ΔP_m
- Τον χρόνο διήθησης t_f ανάμεσα σε δύο καθαρισμούς του ίδιου διαμερίσματος, ο οποίος παρέχεται από τη στιγμή που ένα διαμέρισμα επιστρέφει σε λειτουργία μέχρι το διαμέρισμα να απομονωθεί πάλι για καθαρισμό.
- Από τον χρόνο καθαρισμού t_c .

Επίσης οι δύο παραπάνω χρόνοι συνδέονται με το χρόνο λειτουργίας μέσω ενός γενικού κανόνα σύμφωνα με τη σχέση [3]:

$$T_f = N (t_r - t_c) - t_c \quad (2.1)$$

Όπου N είναι ο αριθμός των διαμερισμάτων.

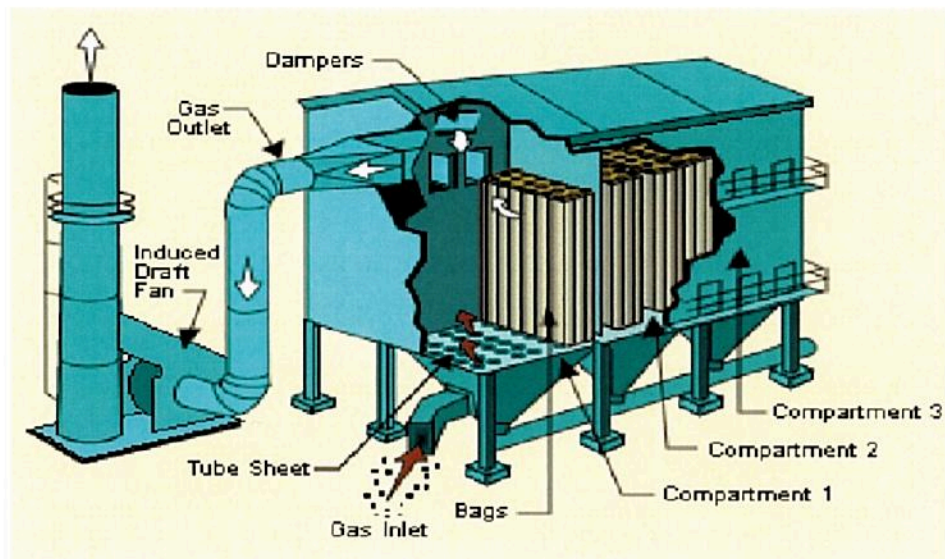


Clean air exhaust from on-line compartment = Εξάτμιση καθαρού αέρα από διαμέρισμα στο διαδίκτυο	Reverse air fan = Ανεμιστήρας ανεστραμμένου αέρα
Reverse air supply to off-line compartment = Αντίστροφη παροχή αέρα στο διαμέρισμα εκτός σύνδεσης	Compartment off-line for cleaning = Τμήμα off-line για καθαρισμό
Compartment on-line for filtering = Διαδικτυακό διαμέρισμα για φιλτράρισμα	Inlet plenum = Πύλη εισόδου
Cleaned gas = Καθαρισμένο αέριο	

Σχήμα 2.5: Διαδικασία καθαρισμού σακόφιλτρου με ρεύμα αέρα αντίθετης ροής [3]

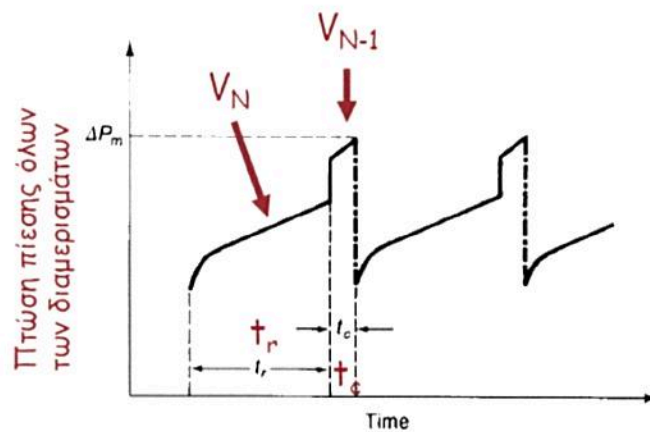
Ότι αφορά το σχεδιασμό αυτών των σακόφιλτρων τα βασικά βήματα όπου θα πρέπει να ακολουθούνται θα πρέπει να είναι τα εξής [3]:

- Να γίνεται εκτίμηση της ταχύτητας V για τη σκόνη από τον πίνακα 2.1.
- Να υπολογίζεται η επιφάνεια των φίλτρων $A=Q/U$, στην οποία θα πρέπει να προστεθεί ο πυθμένας του φίλτρου αν χρησιμοποιείται αέρας υπό πίεση.
- Να γίνεται εκτίμηση τον αριθμό των διαμερισμάτων από τον πίνακα 2.2
- Να αναπτύσσεται το μοντέλο αντίστασης φίλτρου για τη σχέση DP και V
- Να υπενθυμίζεται ότι η όλη διαδικασία βασίζεται σε μεγάλο βαθμό και από πρότερη εμπειρία, αντιστοίχων διατάξεων.



Gas outlet = Έξοδος αερίου	Bags = Σάκκοι
Dampers = Ντάμπερ	Compartment 1 = Τμήμα 1
Induced draft fan = Επαγωγικός ανεμιστήρας	Compartment 2 = Τμήμα 2
Tube sheet = Φύλλο σωλήνα	Compartment 3 = Τμήμα 3
Gas inlet = Εισαγωγή αερίου	

Σχήμα 2.6: Ολοκληρωμένο σύστημα καθαρισμού σακόφιλτρου σε διάταξη ροής αερίου αντίθετης ροής [3]



Σχήμα 2.7: Πτώση πίεσης όλων των διαμερισμάτων συναρτήσει των χρόνων t_r , t_c [3]

Πίνακας 2.1 : Μέγιστες ταχύτητες διήθησης για διάφορες σκόνες σε σακόφιλτρα με μηχανική δόνηση και ρεύμα αέρα αντίθετου ροής [3]

Σκόνες	Μέγιστη Ταχύτητα Διήθησης (cfm / ft ²) ή (ft / min)
Ξυλάνθρακας, Μαύρος άνθρακας, Απορρυπαντικά, Ατμοί μετάλλων.	1.5
Οξείδιο του αλουμινίου, άνθρακας, Λιπάσματα , Γραφίτης, Μετάλλευμα σιδήρου, Οξείδιο του ασβεστίου, Χρώματα, Ιπτάμενη τέφρα, Χρωστικές ουσίες.	2
Αργίλιο, Άργιλος, Κοκ, Οξείδιο του Μολύβδου, Μαρμαρυγία, Σαπούνι, Ζάχαρη.	2.25
Βωξίτης, Κεραμικά, Ορυκτό Χρώμιο, Αλεύρι, Πυρόλιθος, Γυαλί, Γύψος, Τσιμέντο.	2.50
Αμίαντος, Ασβεστόλιθος, Χαλαζίας, Διοξείδιο του Πυριτίου.	2.75
Φελλός, Ζωοτροφές και Δημητριακά, Μάρμαρο, Αλάτι	3.00 – 3.25
Δέρμα, Χαρτί, Καπνός, Ξύλο	3.50

Πίνακας 2.2: Σχέση μεταξύ καθαρής επιφάνειας υφάσματος και αριθμού διαμερισμάτων[3]

Καθαρή Επιφ. Υφάσμ. ft ²	Αριθμός Διαμερισμάτων
1–4,000	2
4,000–12,000	3
12,000–25,000	4–5
25,000–40,000	6–7
40,000–60,000	8–10
60,000–80,000	11–13
80,000–110,000	14–16
110,000–150,000	17–20
>150,000	>20

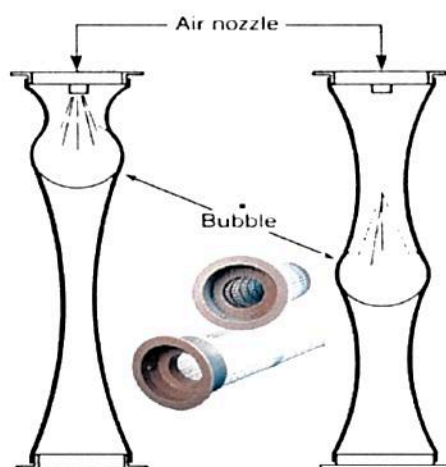
Σημείωση : Καθαρή επιφάνεια υφάσματος = Q_{design} / V_{design} = ύφασμα που απομένει συνδεδεμένο, ακόμα και όταν ένα διαμέρισμα είναι εκτός λειτουργίας για καθαρισμό.

2.2.2 ΣΑΚΟΦΙΛΤΡΑ ΔΟΝΗΣΗΣ ΜΕ ΑΕΡΑ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ

Ο καθαρισμός των σακόφιλτρων με παλμούς πεπιεσμένου αέρα είναι σχετικά νέα μέθοδος, η οποία μπορεί να χειριστεί μεγάλες φορτίσεις σκόνης. Λειτουργεί σε σταθερή πίεση, καταλαμβάνει λιγότερο χώρο και μπορεί να λειτουργήσει μόνο ως διάταξη με εξωτερική συλλογή κρούστας. [3]

Οι παράμετροι καθαρισμού (βλέπε σχήμα 2.8) είναι οι εξής [3]:

- Η συχνότητα με την οποία σχετίζεται κάθε φορά ο καθαρισμός μιας σειράς με την αλληλουχία της μιας γραμμής μετά της άλλης. Η ακολουθία αυτή μπορεί να είναι τέτοια έτσι ώστε μη γειτονικές σειρές να καθαρίζονται η μία μετά την άλλη. Η έναρξη του καθαρισμού μπορεί να προκληθεί από διακόπτη στη μέγιστη πτώση πίεσης ή μπορεί να είναι και συνεχής.
- Η κίνηση των σακών, μπορεί να προκαλείται από ένα κύμα σοκ που περνά κάτω από το σάκο. Με τον τρόπο αυτό ο σάκος διαστέλλεται από την κλούβα στιγμιαία.
- Ως προς τη διάρκεια, ο συμπιεσμένος αέρας (6,89bar) δίνεται με παλμούς διάρκειας 0.1s με τη σειρά των σακόφιλτρων να είναι πάντα εκτός γραμμής.
- Οι διαστάσεις των σακών, σε αυτή την περίπτωση μπορούν να είναι 127-152mm.



Bubble = Φυσαλίδα	Air nozzle = Ακροφύσιο αέρα
-------------------	-----------------------------

Σχήμα 2.8: Σακόφιλτρο δόνησης με αέρα υπό πίεση [3]

Σε αυτή την περίπτωση οι σάκοι είναι κλειστοί στον πυθμένα και ανοικτοί στην κορυφή τους στηριζόμενοι σε κλωβούς. Το αέριο ρέει από το εξωτερικό των σακών στο εσωτερικό αυτών και στη συνέχεια εξέρχεται στο περιβάλλον. Τα σωματίδια συλλέγονται στην εξωτερική επιφάνεια των σακών και πέφτουν στο κάτω μέρος του σακόφιλτρου. Αυτό υλοποιείται μετά από την εισαγωγή μιας μικρής ριπής αέρα διάρκειας 0.03–0.1s υψηλής πίεσης ($415\text{--}830kPa$) εντός του σακόφιλτρου. [3]

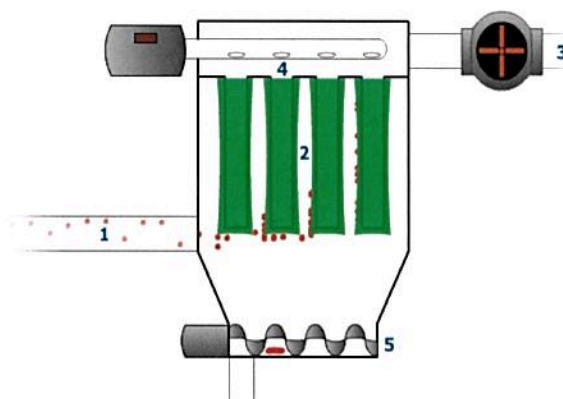
Οι μέγιστες ταχύτητες διήθησης για διάφορες σκόνες ή καπνούς σε σακόφιλτρα δόνησης με αέρα υπό πίεση δίνονται στον πίνακα 2.3

Πίνακας 2.3: Μέγιστες ταχύτητες διήθησης για διάφορες σκόνης ή καπνούς σε σακόφιλτρα δόνησης με αέρα υπό πίεση [3]

Σκόνης ή Καπνοί	Μέγιστη Ταχύτητα Διήθησης, cfm/fm ² ή ft/min
Άνθρακας , Γραφίτης, Ατμοί Μεταλλουργίας, Σαπούνι, Καθαριστικά, Οξείδιο Ψευδαργύρου	5–6
Τσιμέντο (Ακατέργαστο), Άργιλος (Πράσινη), Πλαστικά, Χρωστικές Ουσίες, Άμυλο, Ζάχαρη, Ξυλόσκονη, Ψευδάργυρος (Μεταλλικός)	7–8
Οξείδιο Αλουμινίου, Τσιμέντο (Φινιρισμένο), Άργιλος (υαλοποιημένη), Άσβεστος, Άσβεστόλιθος, Γύψος, Ταλκ	9–11
Κακάο, Σοκολάτα, Αλεύρι, Σπόροι, Σκόνη Δέρματος, Πριονίδια, Καπνός	12–14

2.3 ΑΠΟΤΕΛΟΥΜΕΝΑ ΜΕΡΗ ΦΙΛΤΡΟΥ ΣΚΟΝΗΣ

Το φίλτρο αναρρόφησης σκόνης όπως φαίνεται και από το σχήμα 2.9 αποτελείται από τον αγωγό εισόδου του (1), από το κυρίως σώμα του φίλτρου (2), από τον ανεμιστήρα του (3), από το σύστημα του τιναγμού του φίλτρου (4) και από τα συστήματα εξόδου του φίλτρου όπου μπορεί να είναι μία ανέμη , ένας κοχλιοφόρος ή ένα διπλό κλαπέτο. [5]



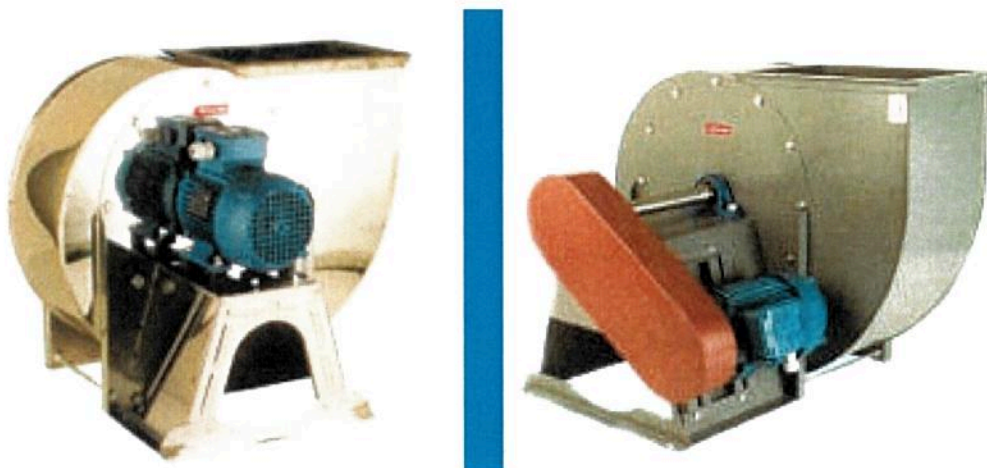
Σχήμα 2.9 : Φίλτρο αναρρόφησης σκόνης [2]

- **Ανεμιστήρας φίλτρου**

Ο ανεμιστήρας του φίλτρου χρησιμοποιείται για να γίνεται η εισαγωγή του αέρα με την αιωρούμενη σκόνη εντός του φίλτρου διαμέσου των αγωγών εισόδου και εξαγωγής μόνο

του αέρα (κάτω από σωστή λειτουργία του φίλτρου) από την καμινάδα του φίλτρου. Αυτή η κίνηση του αέρα εντός του ανεμιστήρα επιτυγχάνεται με την περιστροφή ενός αριθμού λεπίδων, συνδεδεμένων σε ένα πλήμνη και άξονα, και οδηγείται από έναν κινητήρα ή από έναν στρόβιλο. Οι ρυθμοί ροής αυτών των ανεμιστήρων κυμαίνονται από περίπου 5.7m^3 έως 57.000m^3 ανά λεπτό. [2]

Αποτελείται όπως φαίνεται και από το σχήμα 2.10, από τον κινητήρα του, τη βάση του, όπου πάνω σε αυτήν είναι βιδωμένος ο κινητήρας, και από την φτερωτή που βρίσκεται εντός του κελύφους του ανεμιστήρα. Η μετάδοση της κίνησης στη φτερωτή γίνεται είτε με απ' ευθείας σύνδεση αυτής με τον άξονα του κινητήρα είτε με τη χρησιμοποίηση τροχαλιών και μιάντων. Οι ανεμιστήρες χωρίζονται σε αυτούς όπου η κλίση των πτερυγίων τους είναι προς τα εμπρός (εμπροσθοκλινοί) και σε αυτούς όπου η κλίση των πτερυγίων τους είναι με κλίση προς τα πίσω (οπισθοκλινοί) και χρησιμοποιούνται λόγω του ότι παρέχουν μεγάλες ποσότητες παροχής αέρα. [2]

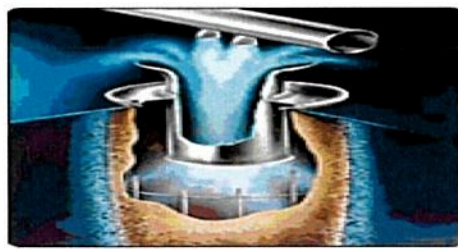


Σχήμα 2.10 : Ανεμιστήρες φίλτρου [4]

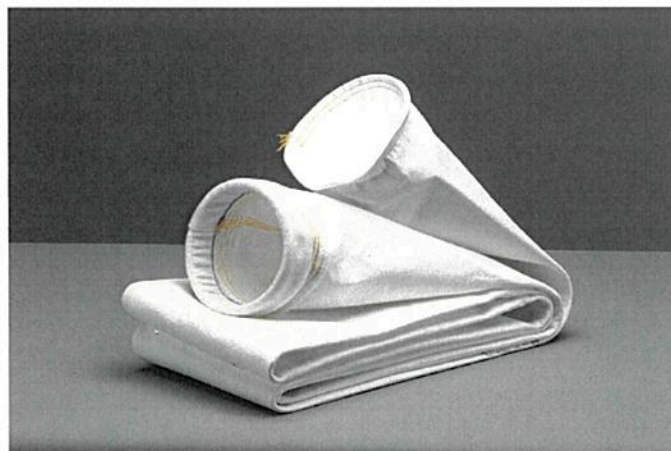
- **Σύστημα τιναγμού του φίλτρου**

Βασικό ρόλο για τη λειτουργία του φίλτρου παίζει και ο τιναγμός του. Ο αέρας αφού καθαριστεί από την σκόνη εξέρχεται καθαρός από την καμινάδα. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ρυθμιζόμενα μέσω της συσκευής ελέγχου, εκτοξεύεται εσωτερικά στα φίλτροπανα σχήμα 2.12, πεπιεσμένος αέρας από ειδικά ακροφύσια όπως φαίνεται και

από το σχήμα 2.11 και δουλεύοντας ανά ομάδες πετυχαίνεται η σωστή λειτουργία του τυναγμού. [2]



Σχήμα 2.11: Τυναγμός φίλτρου – Ακροφύσια [5]



Σχήμα 2.12: Φιλτρόπανα [6]

Τα φιλτρόπανα όπως προαναφέρθηκε τοποθετούνται εντός των κλωβών όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.13. Κατασκευάζονται από γυάλινες ίνες, ή από ακρυλικό, ή από πολυεστέρα, ή πολυπροπυλένιο και άλλα υλικά που παρουσιάζουν, τις απαιτούμενες για την εκάστοτε εφαρμογή, ιδιότητες. [2]

Οι κλωβοί όπως και αυτοί του σχήματος 2.14, είναι πλαίσια σύρματος τοποθετημένα μέσα στα φίλτρα, τα οποία παρέχουν στήριξη στο ύφασμα. Η διαμόρφωση ενός πλαισίου είναι συνήθως κυκλική, ωοειδής, επίπεδου ή σε σχήμα αστεριού. Οι κλωβοί για μεγάλα φίλτρα κατασκευάζονται σε τμήματα τα οποία συγκρατούνται μεταξύ τους για ευκολότερο χειρισμό. Μπορούν να αναπτυχθούν σημεία ολίσθησης στις σακούλες των φίλτρων στα οριζόντια στηρίγματα. Τα σχέδια του κλωβού για τη μείωση αυτών των σημείων αυξάνουν τον αριθμό των κάθετων συρμάτων και μειώνουν τα οριζόντια στηρίγματα. Οι προστατευτικές επικαλύψεις σε κλωβούς μπορούν να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής του κλωβού και του σάκου. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιστρώσεις όπως βινύλιο, εποξειδίο, ψευδάργυρος και τεφλόν. [2]



Σχήμα 2.13: Φίλτρο – Κλωβός [6]

Ο κλωβός έχει μήκος από 0.15m έως 5m και είναι κατασκευασμένος από γαλβανισμένο χάλυβα, ή από μαλακό χάλυβα, ή από ανοξείδωτο χάλυβα. Αποτελείται από 10, 12 ή από 20 κάθετα συρματάκια. [2]

Το πνευματικό κύκλωμα του συστήματος τυναγμού του φίλτρου αποτελείται από το φιλτρορυθμιστή όπου είναι συνήθως ρυθμισμένος στα 6 bar πίεση αέρα, από τις κυψέλες του όπου συνήθως τα πηνία τους είναι των 24 Volt AC ή DC (σχήμα 2.16), από τα ακροφύσια του και από τη συσκευή ελέγχου του όπου η τάση λειτουργίας της είναι συνήθως στα 230 Volt AC. [7]

Ότι αφορά τη λειτουργία του τυναγμού, ο παλμός του πεπιεσμένου αέρα ελέγχεται από μια σειρά βαλβίδων σωληνοειδών που τοποθετούνται στη δεξαμενή του αέρα. Αυτά με τη σειρά τους συνδέονται με τον σωλήνα πολλαπλών διαμερισμάτων, ο οποίος ανοίγει πάνω από την βεντούρι κάθε τσάντας σε αυτή τη σειρά. Το διάφραγμα της βαλβίδας κλείνει μέσω παλμού καθώς ο συμπιεσμένος αέρας παγιδεύεται μεταξύ του διαφράγματος και του ανοίγματος της σωληνοειδούς βαλβίδας. [2]



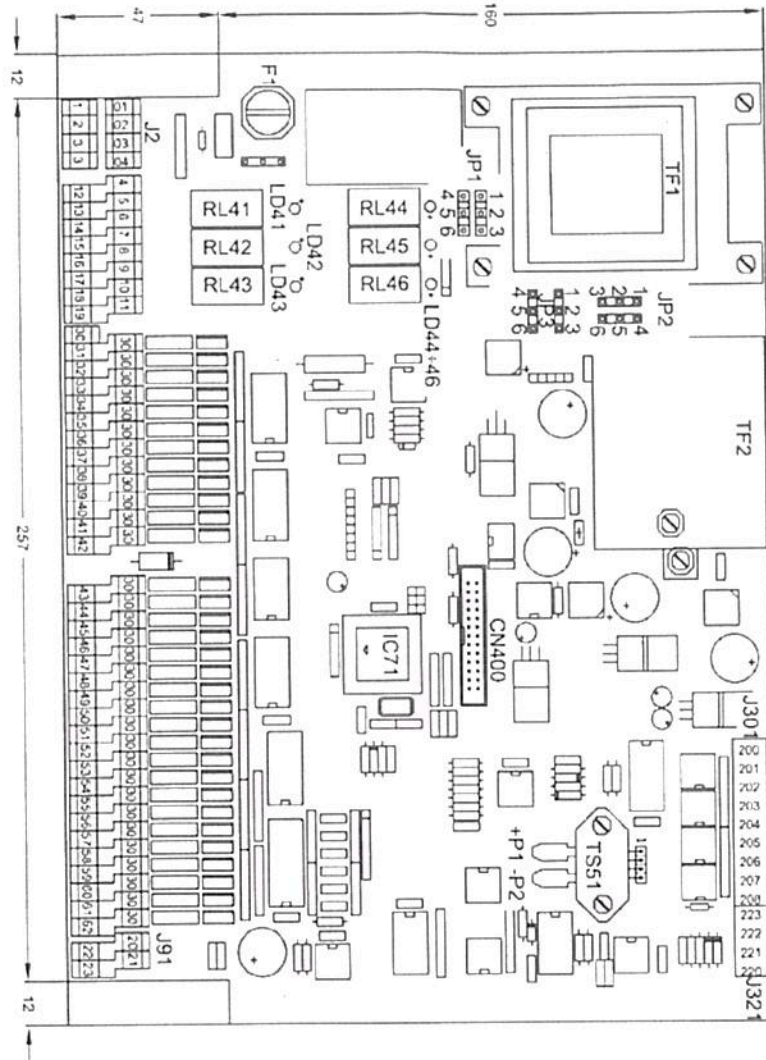
Σχήματα 2.14 : Κλωβοί [6]

Όταν η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ενεργοποιηθεί μέσω ενός σήματος εισόδου από τον διαδοχικό ελεγκτή, ο παγιδευμένος αέρας ρέει από την κορυφή του διαφράγματος μέσω του ανοίγματος της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας. Ο εισερχόμενος πεπιεσμένος αέρας ανασηκώνει το διάφραγμα και ρέει μέσω της εξόδου της βαλβίδας. Και πάλι όταν η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα απενεργοποιηθεί, ο αέρας παγιδεύεται κλείνοντας το διάφραγμα ως αποτέλεσμα την εξισορρόπηση της πίεσης. [2]

Η επόμενη ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ενεργοποιείται και ολόκληρη η διαδικασία επαναλαμβάνεται διαδοχικά μέχρι να ολοκληρωθεί ο κύκλος τους. Ότι αφορά τη λειτουργία της συσκευής ελέγχου αυτή μπορεί πραγματοποιείται από πλακέτα όπως αυτή του σχήματος 2.15 όπου βρίσκεται μέσα σε πίνακα τοπικά στο φίλτρο. Σε αυτού του είδους τις πλακέτες συνήθως συνδέονται όλα τα ασθενή καλώδια, όπου μέσω αυτών

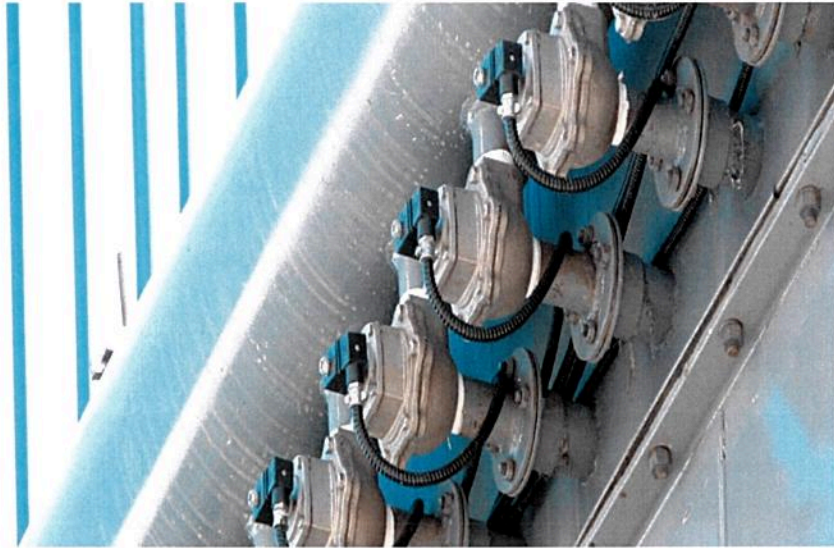
είμαστε σε θέση να ελέγξουμε τη σωστή λειτουργία του φίλτρου αναρρόφηση σκόνης.

[2]



Σχήμα 2.15: Συσκευή ελέγχου τιναγμού [8]

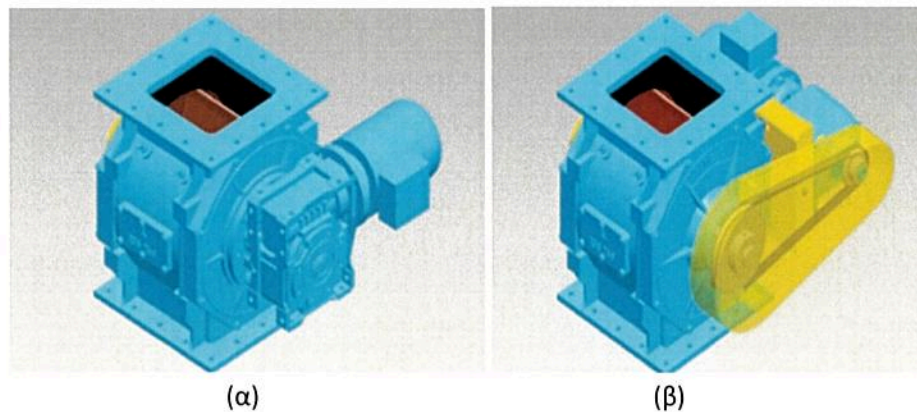
Συνδέεται και χρησιμοποιείται και ένα ποτενσιόμετρο για τη ρύθμιση της διάρκειας και της συχνότητας των παλμών. Η διάρκεια του παλμού ορίζεται εργοστασιακά στα 50 χιλιοστά του δευτερολέπτου. Η συχνότητα του παλμού ορίζεται εργοστασιακά σε 10 έως 15 δευτερόλεπτα. [2]



Σχήμα 2.16: Κυψέλες – πηνία κυψελών [7]

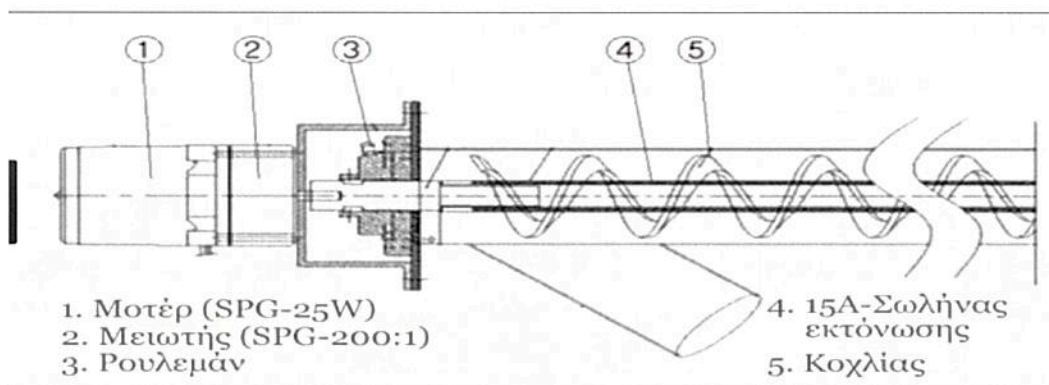
- **Συστήματα εξαγωγής του φίλτρου(κλαπέτο, κοχλιοφόρος)**

Το κλαπέτο όπως φαίνεται και από το σχήμα 2.17 αποτελείται από τον κινητήρα του, από τον μειωτή του και από το σύστημά του. Χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του υλικού από το κάτω μέρος του φίλτρου (χοάνη) σε κοχλιοφόρο βίδα, ή άλλη διάταξη. Διακρίνονται σε αυτούς με την άμεση οδήγηση (α) και σε αυτούς κατά τους οποίους η μετάδοση της κίνησης γίνεται μέσω της αλυσίδας (β). Ο μεταφορέας με κοχλιοφόρο ή μεταφορικό κοχλία είναι ένας μηχανισμός που χρησιμοποιεί μια περιστρεφόμενη ελικοειδή λεπίδα, που ονομάζεται "πτήση", συνήθως μέσα σε ένα σωλήνα, για να μετακινεί υγρά ή κοκκώδη υλικά. Χρησιμοποιούνται σε πολλές βιομηχανικές διεργασίες μεταφοράς υλικού. Οι μεταφορείς βιδών στη σύγχρονη βιομηχανία τοποθετούνται συχνά σε οριζόντια ή σε μικρή κλίση με αποτέλεσμα τη μετακίνηση και την μεταφορά των υλικών συνήθως σε σκάφες. Ο ρυθμός μεταφοράς είναι ανάλογος με τον ρυθμό περιστροφής του άξονα. Στις εφαρμογές βιομηχανικού ελέγχου, η συσκευή χρησιμοποιείται συχνά ως τροφοδότης μεταβλητής ταχύτητας μεταβάλλοντας την ταχύτητα περιστροφής του άξονα, ώστε να παραδώσει με συγκεκριμένη ταχύτητα ή ποσότητα υλικό σε μια διαδικασία. [2]



Σχήμα 2.17 : Κλαπέτο άμεσης οδήγησης (α) και κλαπέτο με αλυσίδα [16]

Οι κοχλιοφόροι χαρακτηρίζονται όπως φαίνεται και από το σχήμα 2.18 από την απλότητα της κατασκευής τους αφού αποτελούνται από τα εξής μέρη : το μοτέρ (1), το μειωτή (2), το ρουλεμάν (3), το σωλήνα εκτόνωσης (4), από τον κοχλία (5) μέσω του οποίου επιτυγχάνεται η μεταφορά του υλικού και από το σύστημα μετάδοσης της κίνησης του κοχλιοφόρου. [10]



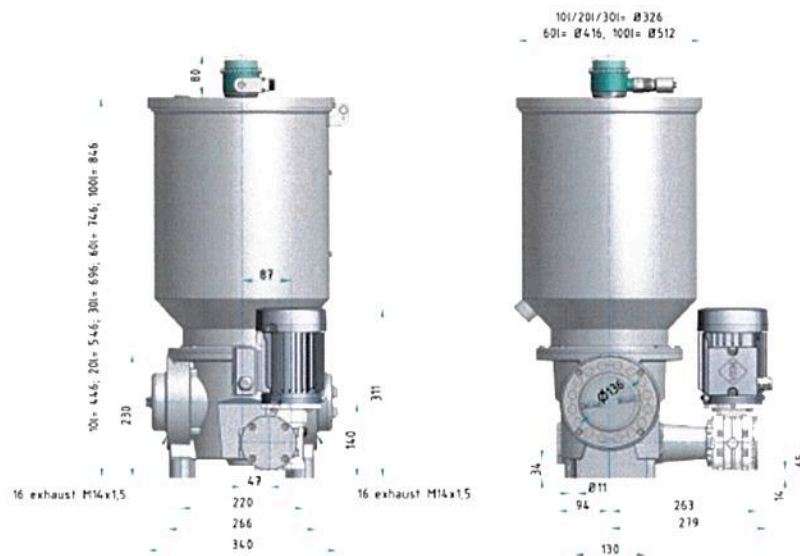
Σχήματα 2.18 : Κοχλιοφόρος [10]

Τα πλεονεκτήματα που έχουν οι κοχλιοφόροι έναντι των άλλων μεταφορικών μέσων όπως μεταφορικών ταινιών και άλλων είναι τα εξής [10]:

- Είναι ιδανικοί για το χειρισμό του ξηρού έως ημι-ρευστού υλικού - ελεύθερης ροής για να υποχωρεί.
- Οικονομικά αποδοτικοί όταν συγκρίνονται με άλλες συσκευές μεταφοράς όπως μάντες, πνευματικοί ή αερομεταφορείς.

- Διανέμουν αποτελεσματικά τα υλικά σε διάφορες τοποθεσίες χρησιμοποιώντας πολλαπλές εισόδους και σημεία εκφόρτωσης.
- Είναι εντελώς κλειστές για διαβρωτικές ή επικίνδυνες απαιτήσεις.
- **Συστήματα λίπανσης**

Βασικό ρόλο για τη σωστή λειτουργία και απόδοση των μηχανημάτων παίζει και η λίπανση. Αυτό πετυχαίνεται με τη χρήση συστημάτων γρασαρίσματος όπως αυτού του σχήματος 2.19. [2]

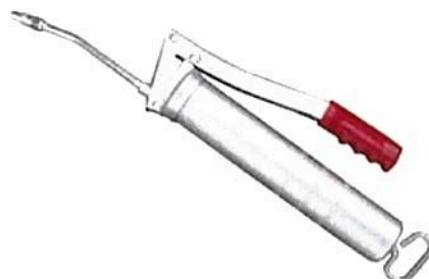


Σχήμα 2.19 : Αυτόματο σύστημα λίπανσης [2]

Το αυτόματο σύστημα λίπανσης αποτελείται από [2]:

- Τη δεξαμενή του λιπαντικού, στο οποίο εισάγεται το γράσο.
- Τον αισθητήρα στάθμης, ο οποίος βρίσκεται συνήθως στο πάνω μέρος του συστήματος. Από τον αισθητήρα στάθμης ελέγχεται η στάθμη του γράσου που υπάρχει μέσα στη δεξαμενή του λιπαντικού.
- Την αντλία του γράσου, από την οποία γίνεται η κίνηση του γράσου από τη δεξαμενή στα διάφορα σημεία τα οποία απαιτούν λίπανση όπως είναι και τα κουζινέτα των κοχλιοφόρων.
- Τα σωληνάκια, τα οποία τοποθετούνται στο κάτω μέρος του συστήματος. Από τα συγκεκριμένα σωληνάκια το γράσο μεταφέρεται από το σύστημα λίπανσης στα αντίστοιχα μέρη, τα οποία λιπαίνονται.

Εκτός από τον τρόπο λίπανσης που αναφέρθηκε παραπάνω υπάρχει και η χρήση χειροκίνητου συστήματος όπως του σχήματος 2.20, ο γνωστός “γρασαδόρος”. [2]

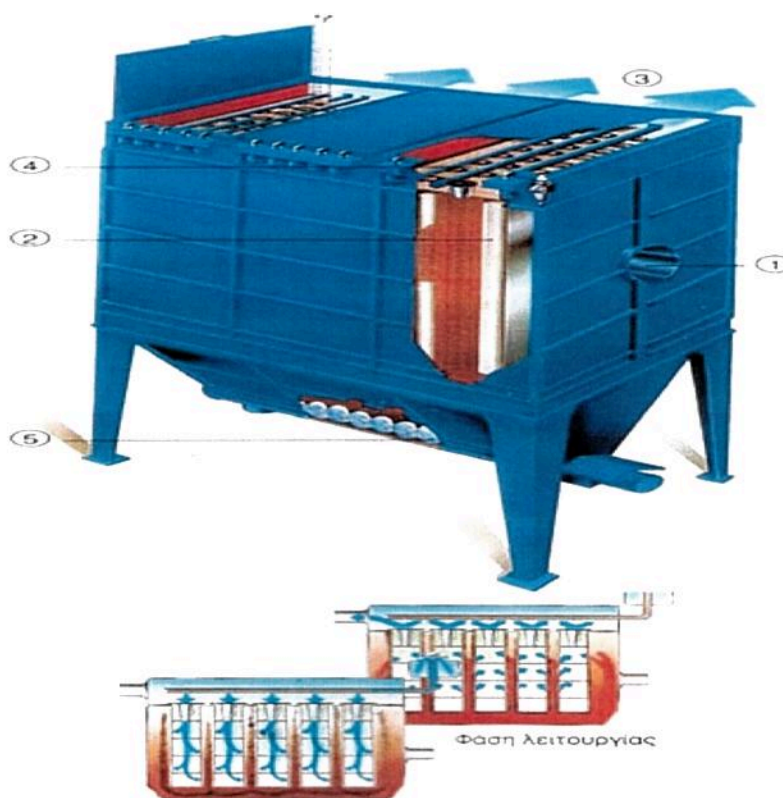


Σχήμα 2.20 : Γρασαδόρος [2]

Με τη χρήση του γρασαδόρου λιπαίνονται διάφορα μέρη των συστημάτων όπως είναι και τα ρουλεμάν των κινητήρων. Συνήθως αυτή η διαδικασία υπάγεται στις προγραμματισμένες εβδομαδιαίες εργασίες, οι οποίες υλοποιούνται και μόνο όταν είναι το μηχάνημα, το οποίο σε λειτουργία. Επιπλέον με αυτόν τον τρόπο λιπαίνονται και τα κουζινέτα του κοχλιοφόρου και άλλων μερών στην περίπτωση που το αυτόματο σύστημα λίπανσης δε λειτουργεί λόγω βλάβης. [2]

2.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Μέσω των στομιών αναρρόφησης και του δικτύου σωληνώσεων η σκόνη εισέρχεται στο φίλτρο του σχήματος 2.19 από το (1) και επικάθεται στην εξωτερική πλευρά των φιλτροπάνων (2). Ο αέρας αφού καθαριστεί από την σκόνη εξέρχεται καθαρός από την έξοδο (3). Ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ρυθμιζόμενα μέσω της συσκευής ελέγχου, εκτοξεύεται εσωτερικά στα φιλτρόπανα πεπιεσμένος αέρας από ειδικά ακροφύσια (4). Με το έντονο τίναγμα από τους παλμούς του πεπιεσμένου αέρα, η σκόνη πέφτει από την εξωτερική επιφάνεια των φιλτροπάνων και συγκεντρώνεται στον κώνο του φίλτρου, από όπου και απομακρύνεται συνήθως μέσω ενός κοχλίου (5) ή άλλης κατάλληλης διάταξης. Η σωστή λειτουργία του φίλτρου ελέγχεται με ένα διαφορικό μανόμετρο, το οποίο μετρά τη διαφορά πίεσης ανάμεσα στην καθαρή και στην ακάθαρτη πλευρά του φίλτρου από την τιμή της οποίας προκύπτει και η ανάγκη για αλλαγή των φιλτροπάνων. [2,11]



Σχήμα 2.19 : Φίλτρο αναρρόφησης [11]

2.5 ΥΦΑΣΜΑΤΑ ΣΑΚΟΦΙΛΤΡΩΝ

Τα είδη υφασμάτων που χρησιμοποιούνται στα σακόφιλτρα είναι τύπου πλεγμένου και πιληματοποιημένου υφάσματος. [3]

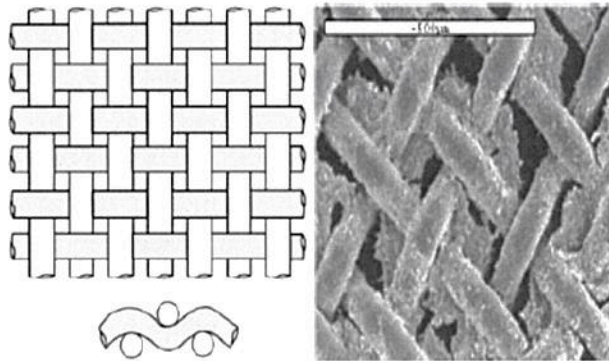
2.5.1 ΤΥΠΟΣ ΠΛΗΓΜΕΝΟΥ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ

Οι τύποι υφάσματος αυτοί είναι σταυρωτοί όπως φαίνεται και από το σχήμα 2.20. Τα διάφορα είδη πλέξης έχουν διαφορετικά ανοίγματα, κάτι που επηρεάζει την αντοχή του υφάσματος και την περατότητα. Η περατότητα του υφάσματος επηρεάζει την ποσότητα του αέρα που περνάει και την πτώση πίεσης. Μια πυκνή πλέξη θα συλλέξει καλύτερα τα σωματίδια, αλλά αυξάνει το κόστος και την πτώση πίεσης. Ορίζεται η πυκνότητα πλήρωσης ή στερεότητα το πηλίκο του όγκου των ινών προς το συνολικό όγκο και το μέγεθος αυτό συνδέεται με το πορώδες σύμφωνα με την παρακάτω σχέση 2.0 [3]:

$$\alpha = \text{όγκος ινών} / \text{συνολικός όγκος} = 1 - \text{πορώδες} \quad (2.0)$$

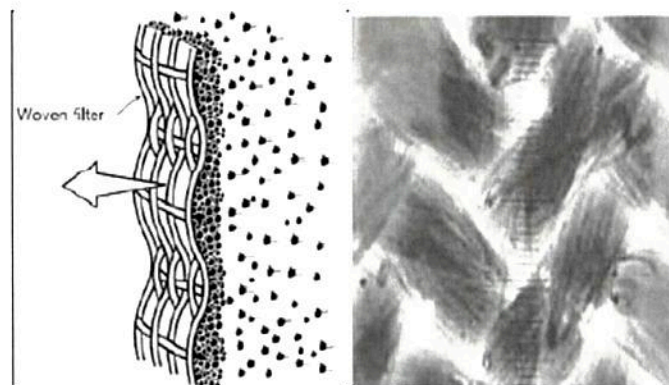
όπου για υφασμάτινο φίλτρο, $\alpha < 0.1$

και για πλεγμένο φίλτρο, $\alpha \sim 0.2$



Σχήμα 2.20 : Τύπος πλεγμένου υφάσματος [3]

Το πλεγμένο ύφασμα χρησιμοποιείται σε εσωτερικούς συλλέκτες που καθαρίζονται με αντίθετη ροή ή με μηχανική δόνηση όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.21. [3]



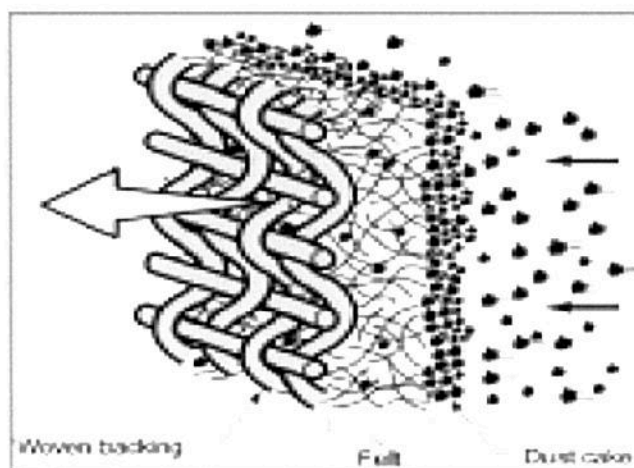
Woven filter = υφασμένο φίλτρο

Σχήμα 2.21 : Παγιδευμένη σκόνη σε πλεγμένο ύφασμα [3]

2.5.2 ΠΙΛΗΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΥΦΑΣΜΑ

Τα πιληματοποιημένα υφάσματα (τύπου τσόχας) γίνονται με τη συμπίεση ινών επάνω σε υφασμένο υπόστρωμα. Οι ίνες είναι τοποθετημένες τυχαία (σε αντίθεση με το πλεγμένο). Η πρόσδεση στο υπόστρωμα γίνεται με χημικό τρόπο, θερμότητα, ρητίνες κλπ. [3]

Το στρώμα της σκόνης στηρίζεται στην επιφάνεια της τσόχας, αλλά μερικά σωματίδια διεισδύουν μέσα στην τσόχα. Τα φίλτρα αυτά είναι 2 έως 3 φορές παχύτερα από τα υφασμάτινα. Κάθε τυχαία ίνα λειτουργεί ως στόχος συλλογής των σωματιδίων λόγω πρόσκρουσης και ανάσχεσης. Οι τσόχες χρησιμοποιούνται γενικά σε σακόφιλτρα δόνησης με πεπιεσμένο αέρα. Η διαδικασία πιο παραστατικά δίνεται στο σχήμα 2.22. [3]



Woven backing = Υφαντό υπόστρωμα	Dust cake = Κόκοι σκόνης
Felt= Πεπιεσμένο μαλλί	

Σχήμα 2.22: Διαδικασία φίλτραση από πιληματοποιημένο φίλτρο [3]

2.6 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΙΗΘΗΣΗΣ

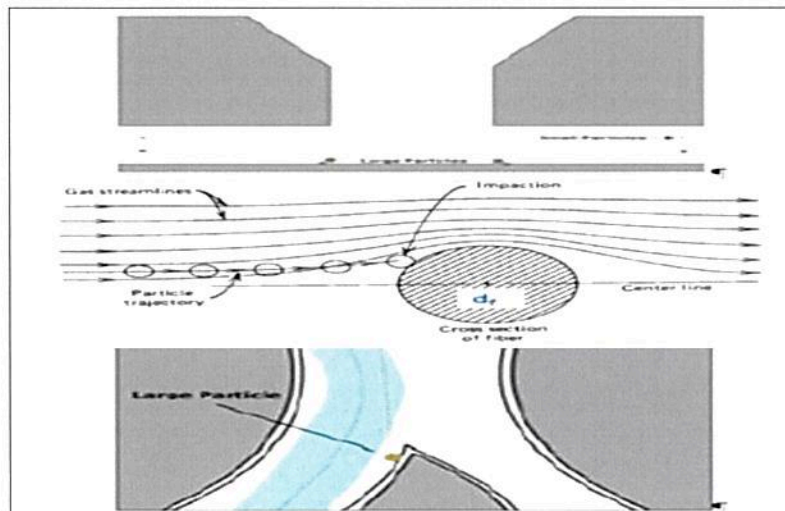
Η διήθηση με ύφασμα είναι μια διαδικασία διαχωρισμού κατά την οποία ένα αέριο που περιέχει στερεά πέρνα μέσα από το ύφασμα, το οποίο κατακρατά τη σκόνη. Υπάρχουν πολλά είδη υφασμάτων που χρησιμοποιούνται, διαφορετικοί τρόποι ύφανσης, μεγέθη σακών και τρόποι διαμόρφωσης των σακών. Υπάρχουν πέντε διαφορετικοί μηχανισμοί με τους οποίους μπορούμε να κάνουμε διαχωρισμό της σκόνης και οι οποίοι είναι οι εξής [3]:

- Πρόσκρουση
- Ανάσχεση
- Διάχυση
- Βαρυτική καθίζηση

- Ηλεκτροστατική έλξη

2.6.1 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΙΗΘΗΣΗΣ – ΠΡΟΣΚΡΟΥΣΗ

Εάν στη ροή ενός αέριου ρεύματος με σωματίδια παρεμβληθεί ένα αντικείμενο, τα μεγαλύτερα σωματίδια (λόγω αδράνειας) εκτρέπονται από τις ροϊκές γραμμές του αερίου, προσκρούουν και παραμένουν στο ακινητοποιημένο αντικείμενο. Η απόδοση συλλογής n_1 δίνεται από την σχέση 2.1 [3]:



Gas streamlines = Όδευση αερίου	Center line = Κεντρική γραμμή
Particle trajectory = Πορεία σωματιδίων	Cross section of fiber = Διατομή ινών
Impaction = Πρόσκρουση	Large particle = Μεγάλα σωματίδια

Σχήμα 2.23 : Μηχανισμός Διήθησης - Πρόσκρουση [3]

$$n_1 = \frac{St}{2K u^2} \cdot J \quad (2.1)$$

όπου

$$J = (29,6 - 28a^{0,62}) R^2 - 27,5R^{2,8} \text{ για } R < 0,4 \text{ και}$$

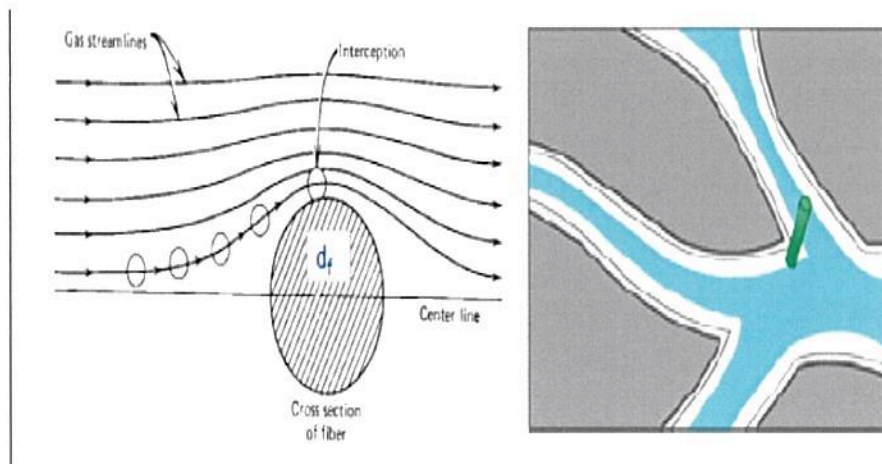
$$St = \frac{\tau u_0}{d_f} = \frac{\rho_p d_p^2 c_c u_0}{18\mu d_f} \text{ Όπου :}$$

$$R = \frac{d_p}{d_f} \text{ (interception parameter) και } J = 2 \text{ for } R > 0.4$$

2.6.2 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΙΗΘΗΣΗΣ – ΑΝΑΣΧΕΣΗ

Τα μεσαίου μεγέθους (μη – διαχεόμενα) σωματίδια ακολουθούν την κίνηση των μορίων (δεν προσκρούουν στο αντικείμενο), αλλά είναι δυνατόν να ακουμπήσουν στο αντικείμενο και να συγκρατηθούν από αυτό. Η απόδοση συλλογής n_R δίνεται από τη σχέση 2.2. [3]

$$nR = \left(\frac{1+R}{2Ku} \cdot \left[2 \ln(1+R) - 1 + a + \left(\frac{1}{1+R} \right)^2 \cdot \left(1 - \frac{a}{2} \right) - \frac{a}{2} \cdot (1+R)^2 \right] \right) \quad (2.2)$$



Gas streamlines = Όδευση αερίου	Center line = Κεντρική γραμμή
Interception = Διακοπή	Cross section of fiber = Διατομή ινών

Σχήμα 2.24 : Μηχανισμός διήθησης – Ανάσχεση [3]

Όπου :

- $R = d_p / d_f$
- K_u είναι ο αριθμός Kuwabara ($Re < 1$)

$$K_u = - \left(\frac{\ln a}{2} - \frac{3}{4} + a - \left(\frac{a^2}{4} \right) \right) \quad (2.3)$$

Η ανάσχεση και η πρόσκρουση είναι υπεύθυνες για την απομάκρυνση του 99 % της μάζας των σωματιδίων. [3]

2.6.3 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΙΗΘΗΣΗΣ – ΔΙΑΧΥΣΗ

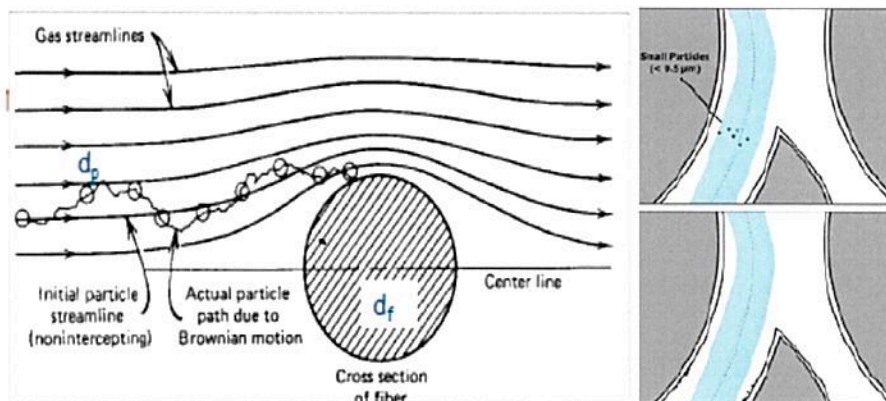
Τα μικρά σωματίδια (<0.5μm) υπόκεινται σε τυχαία κίνηση. Τα σωματίδια αυτά μπορούν να έχουν διαφορετική ταχύτητα από το αέριο ρεύμα και σε κάποια χρονική στιγμή να έρθουν σε επαφή με το αντικείμενο και να συλλεχθούν. Η απόδοση συλλογής n_D δύνεται από τη σχέση 2.4. [3]

$$n_D = 2.58Pe^{-2/3} \quad (2.4)$$

Όπου :

$$Pe = \frac{d_f U_0}{D} \text{ (ο αριθμός Peclet)}$$

$$D = \frac{k \cdot T}{3\pi\mu d_p} \text{ (διαχυτότητα σωματιδίου)}$$



Actual particle path due to brownian motion = Πραγματική διαδρομή σωματιδίων λόγω της κίνησης	Initial particle streamlines (nonintercepting) = Οι αρχικές διαδρομές των σωματιδίων
Center line = Κεντρική γραμμή	Gas streamlines = Όδευση αερίου
Cross section of fiber = Διατομή ινών	Gas streamlines = Όδευση αερίου

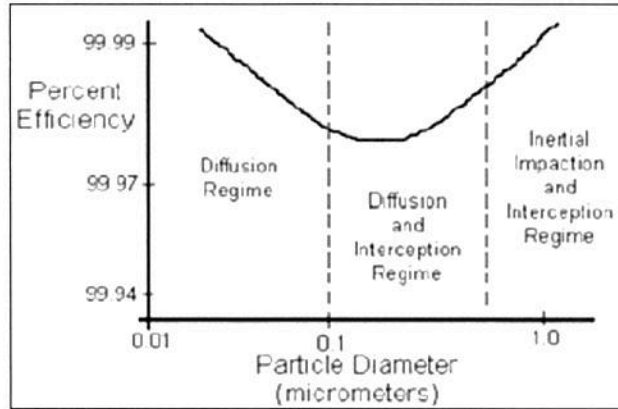
Σχήμα 2.25: Μηχανισμός διήθησης – Διάχυση [3]

2.6.4 ΑΛΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΙΗΘΗΣΗΣ – ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ

Άλλοι μηχανισμοί διήθησης είναι οι εξής [3]:

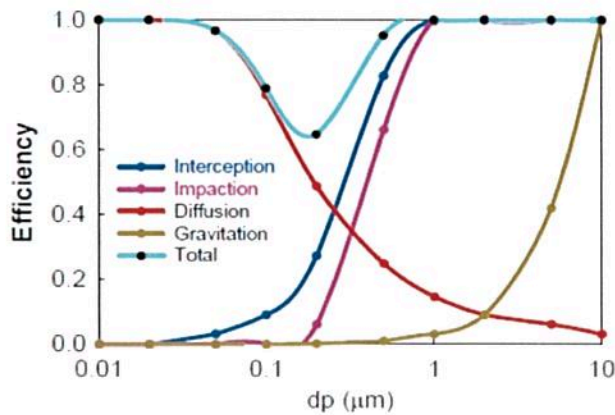
- Βαρυτική καθίζηση
- Συσσωμάτωση

- Ηλεκτροστατική έλξη
- Sieving



Percent efficiency = Ποσοστό αποδοτικότητας	Diffusion and interception regime = Διάταξη διάχυσης και παρακολούθησης
Diffusion regime = Διάστημα διάχυσης	Inertial impaction regime = Αδρανειακό καθεστώς πρόσκρουσης

Σχήμα 2.26 : Απόδοση φίλτρου ως συνάρτηση του μεγέθους του σωματιδίου [3]



Efficiency = Αποδοτικότητα	Diffusion = Διάχυση
Inreception = Αντιπαράθεση	Total = Σύνολο
Gravitation = Βαρύτητα	

Σχήμα 2.27 : Απόδοση φίλτρου ως συνάρτηση του συνδυασμού μηχανισμών απόθεσης σωματιδίων [3]

Τα σακόφιλτρα παρουσιάζουν μία ελάχιστη απόδοση για σωματίδια, με διάμετρο 0.05-0.5 μm , όπου κανένας μηχανισμός απόθεσης δεν είναι αποτελεσματικός.

Η συνολική απόδοση (με την προϋπόθεση ότι οι μηχανισμοί δρουν ανεξάρτητα) υπολογίζεται από τη σχέση 2.5 [3]:

$$n = 1 - (1-n_{\pi\rho.})(1-n_{av.})(1-n_{\delta ia.})(1-n_{\beta a.})(1-n_{\eta\lambda.}) \approx n_{\pi\rho.} + n_{av.} + n_{\delta ia.} + n_{\beta a.} + n_{\eta\lambda.} \quad (2.5)$$

2.7 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Τα πλεονεκτήματα των σακόφιλτρων είναι τα εξής [3]:

- Πολύ υψηλές αποδόσεις (99 %), ακόμη και για μικρά σωματίδια
- Μπορούν να επεξεργαστούν μεγάλο εύρος ογκομετρικών παροχών
- Αποτελούνται από επιμέρους στοιχεία που μπορούν να σχεδιαστούν και να συναρμολογηθούν για διάφορα είδη σωματιδίων
- Απαιτούν σχετικά χαμηλές πτώσεις πίεσης

Ενώ τα μειονεκτήματα των σακόφιλτρων είναι τα εξής [3]:

- Απαιτούν μεγάλες επιφάνειες της στερεής δράσης
- Τα υφάσματα μπορούν να πάθουν ζημιά από υψηλές θερμοκρασίες και από διαβρωτικά μέσα
- Δεν λειτουργούν σε περιβάλλον με υγρασία (τα φίλτρα γίνονται τυφλά)
- Υπάρχει πιθανότητα έκρηξης ή φωτιάς

2.8 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Η διαδικασία του σχεδιασμού απαιτεί την εκτίμηση του λόγου του αερίου προς το ύφασμα. Η επιλογή των υλικών για τη σύνθεση αυτού εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του αερίου και της σκόνης. Η επιλογή των υφασμάτων για τον κατασκευαστή (υφασμένα ή τσόχα) εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο του καθαρισμού. Η εκτίμηση του λόγου του αερίου προς το ύφασμα που είναι πολύ υψηλός, σε σύγκριση με μια σωστά εκτιμημένη αναλογία του αερίου προς το ύφασμα, οδηγεί σε υψηλότερες πτώσεις πίεσης λόγω της μεγαλύτερης διείσδυσης των σωματιδίων (χαμηλότερη αποτελεσματικότητα συλλογής). [16]

2.9 ΘΕΩΡΙΑ – ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ

Το πλεγμένο ύφασμα όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.29 έχει διάμετρο ίνας 100–150μm και ανοίγματα μεταξύ των ινών 50–75μm (με αρκετά ινίδια). Στα αρχικά στάδια η

απόδοση του σακόφιλτρου είναι χαμηλή αλλά με την πάροδο του χρόνου, λόγω μηχανισμών πρόσκρουσης, ανάσχεσης και διάχυσης, τα σωματίδια θα συσσωρευτούν και θα γεφυρώσουν τα ανοίγματα, δημιουργώντας ένα στρώμα οπότε και η απόδοση του φίλτρου θα αυξηθεί. Η συνολική πτώση πίεσης ΔP , σε ένα σακόφιλτρο δίνεται από τη σχέση 2.6 [3]:

$$\Delta P = \Delta P_f + \Delta P_p \quad (2.6)$$

Όπου :

- ΔP_f : Η πτώση πίεσης λόγω του υφάσματος
- ΔP_p : Η πτώση πίεσης λόγω του στρώματος των σωματιδίων

Από την εξίσωση του Darcy για ροή σε πορώδη μέσα πιο αναλυτικά είναι [3]:

$$\Delta P_f = \frac{\mu V D_f}{K_f}, \Delta p = \frac{\mu V D_p}{K_p} \quad (2.7)$$

Όπου :

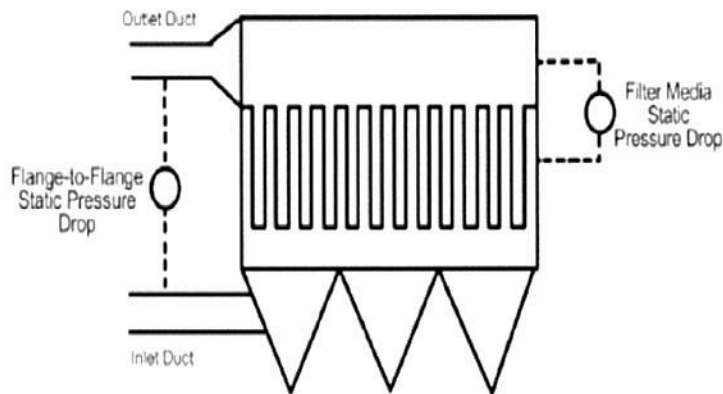
- $P_f, \Delta p$: είναι το βάθος του φίλτρου και του στρώματος (m)
- μ : είναι το ιξώδες αερίου (kg/m·s)
- u : είναι η επιφανειακή ταχύτητα διήθησης, λόγω αέρα / υφάσματος δηλαδή $u = Q/A$
- K_f, K_p : είναι η διαπερατότητα του φίλτρου και του στρώματος (m²)

Καθώς το φίλτρο λειτουργεί το βάθος του στρώματος D_p θα αυξηθεί. Ειδικότερα για σταθερή ταχύτητα και συγκέντρωση η παράμετρος D_p αυξάνει γραμμικά. Η μαθηματική έκφραση είναι [3]:

$$D_p = \frac{LVt}{P_L} \quad (2.8)$$

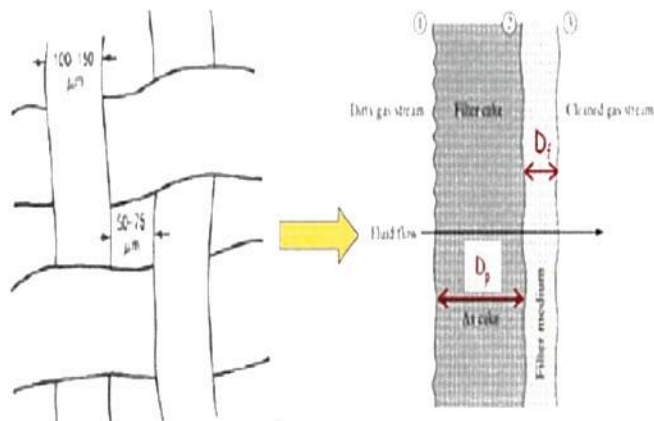
Όπου :

- L : είναι η φόρτιση σε σκόνη (kg/m³)
- t : ο χρόνος λειτουργίας (s)
- P_L : η πυκνότητα στρώματος σωματιδίων (kg/m³)



Outlet duct = Αγωγός εξόδου	Inlet duct = Αγωγός εισόδου
Flange-to-Flange static pressure drop = Στατική πτώση πίεσης φλάντζας	Filter media static pressure drop = Φίλτρο στατικής πίεσης

Σχήμα 2.28 : Σημείο μέτρησης διαφοράς – πτώσης πίεσης [3]



Dirty gas stream = Βρώμικο ρεύμα αερίου	Cleaned gas stream = Καθαρό ρεύμα αερίου
Filter cake = Σκόνη φίλτρου	Fluid flow = Ροή ρευστού

Σχήμα 2.29 : Διαδικασία εισδοχής αέρα μέσα από πυρώδες [3]

Αντικαθιστώντας προκύπτει :

$$\Delta p = \left(\frac{\mu D_f}{K_f} \right) \cdot V + \frac{\mu}{K_{PP_L}} \cdot (L \cdot V \cdot t) \cdot V \quad (2.9)$$

Διαιρώντας με το V και ορίζοντας τις παραμέτρους προκύπτει:

$$S = \frac{\Delta P}{V}, W = L \cdot u \cdot t \quad (2.10)$$

Όπου :

- S : είναι η αντίσταση του φίλτρου ($N \cdot s / m^3$)
- W : η επιφανειακή πυκνότητα της σκόνης (areal dust density), (kg / m^2 υφάσματος)

Και διαιρώντας με την ταχύτητα u η σχέση της πτώσης πίεσης $\Delta P_f = \Delta P_m = S_f \cdot V_f$ γίνεται:

$$\Delta P = \frac{\mu u D_f}{K_f} + \frac{\mu u}{K_p} \cdot \left(\frac{L u t}{P_L} \right) \Rightarrow S = K_1 + K_2 \cdot W \quad (2.11)$$

$$\text{Όπου } K_1 = \frac{\mu D_f}{K_f} \text{ και } K_2 = \frac{\mu}{P_L K_p}$$

Το μοντέλο, το οποίο περιγράφεται είναι το Μοντέλο της αντίστασης φίλτρου [3]

Όπου K_1 και K_2 δύσκολα μπορούν να προσδιοριστούν γι αυτό το λόγο η εξίσωση του Μοντέλου Αντίστασης Φίλτρου μπορεί να επαναδιατυπωθεί ως εξής :

$$S = K_e + (K_s \cdot W) \quad (2.12)$$

Όπου :

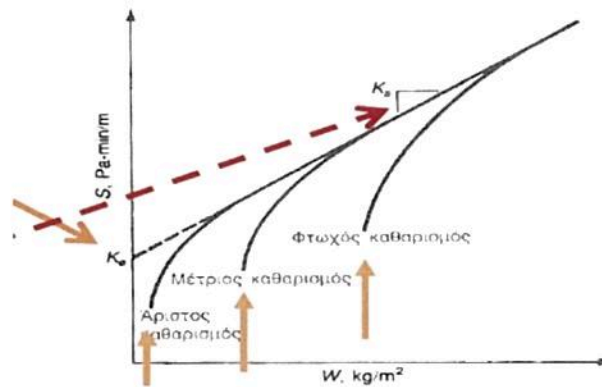
- K_e : είναι η προεκταμένη αντίσταση φίλτρου από καθαρό ύφασμα (extrapolated clean cloth filter drag $N \cdot s / kg \cdot m^3$)
- K_s : είναι η <<κλίση>>, σταθερή για συγκεκριμένο αέριο, σκόνης και υφάσματος ($N \cdot s / kg \cdot m$).

Τα K_e και K_s προσδιορίζονται εμπειρικά με πιλοτικές δοκιμές σε αέριο με σκόνη παρόμοια με τη σκόνη της βιομηχανία. Το K_s μεταβάλλεται με την τετραγωνική ρίζα του V όπως φαίνεται και από τη σχέση 2.13

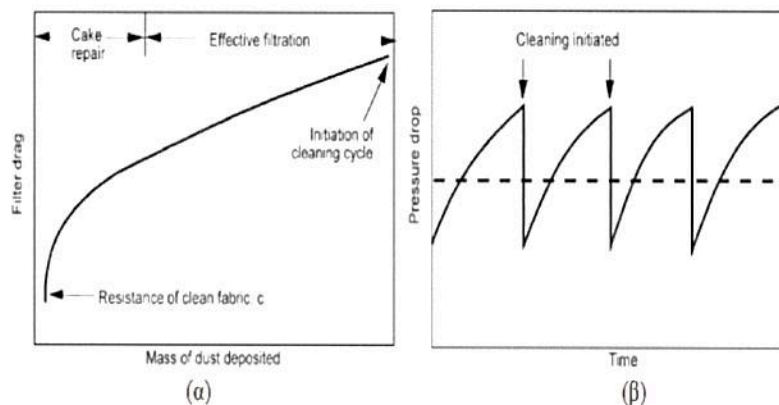
$$K_{s2} = K_{s1} \cdot \left(\frac{u_2}{u_1} \right)^{1/2} \quad (2.13)$$

Τυπικές καμπύλες της αντίστασης φίλτρου σε σχέση με την πυκνότητα της σκόνης για διάφορους βαθμούς καθαρισμού φαίνονται στη σχήμα 2.30. Με βάση τα δεδομένα των

δοκιμών για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα λειτουργίας, τη φόρτιση και τη φαινομενική ταχύτητα μετράται η πτώση πίεση, σε τακτά χρονικά διαστήματα και εκτίνονται από την καμπύλη οι παράμετροι K_e , K_s .



Σχήμα 2.30 : Εμπειρικός προσδιορισμός συντελεστών K_e και K_s ως προς την υπολειμματική σκόνη [3]



Effective filtration = Αποτελεσματική διήθηση	Mass of dust deposited = Μάζα σκόνης που έχει εναποτεθεί
Initiation of cleaning cycle = Έναρξη κύκλου καθαρισμού	Cleaning initiated = Ξεκίνημα καθαρισμού
Resistance of clean fabric = Αντοχή καθαρού υφάσματος	Pressure drop = Πτώση πίεση
Filter drag = Σύρσιμο φίλτρου	Time = Χρόνος

Σχήμα 2.31 : (α) Αντίσταση του φίλτρου S σε σχέση με τη μάζα που συλλέγεται σε μοναδικό σακόφιλτρο και (β) Η συνολική πτώση πίεσης σε σακόφιλτρο πολλαπλών διαμερισμάτων. [3]

2.10 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

Η κατανομή του μεγέθους των σωματιδίων και η συγκόλληση είναι οι σημαντικότερες ιδιότητες των σωματιδίων που επηρεάζουν τις διαδικασίες του σχεδιασμού. Τα μικρότερα μεγέθη των σωματιδίων μπορούν να σχηματίσουν ένα πυκνότερο στρώμα, πράγμα που αυξάνει την πτώση της πίεσης. Όπως φαίνεται και από τους πίνακες 2.4, 2.5 και από το σχήμα 2.32 αλλά και από τη σχέση 2.14, η τιμή του μέσου μεγέθους του σωματιδίου εξαρτάται από το λόγο του αερίου προς το ύφασμα. Τα προσκολλημένα σωματίδια, όπως τα ελαιώδη υπολείμματα ή τα ηλεκτροστατικά ενεργά πλαστικά, μπορεί να απαιτούν την εγκατάσταση εξοπλισμού, ο οποίος να δρα ως ρυθμιστικό στοιχείο που παγιδεύει τα σωματίδια και εμποδίζει τους τυφλούς ή τους μόνιμους συνδέσμους των πόρων του υφάσματος. Η σωστή επιλογή των υφασμάτων μπορεί να εξαλείψει τα ηλεκτροστατικά προβλήματα. [15]

$$V = 2.878 A B T^{-0.2335} L^{-0.06021} (0.07471 + 0.0853 \ln D) \quad (2.14)$$

Όπου :

V : Λόγος αερίου προς ύφασμα (ft/min)

A : Παράγοντες υλικών, από πίνακα 2.6

B : Παράγοντες εφαρμογών, από πίνακα 2.6

T : Θερμοκρασία, (F, μεταξύ 50 και 275)

L : Φόρτωση σκόνης στην είσοδο (gr/ft³, μεταξύ 0.05 και 100)

D : Διάμετρος μάζας σωματιδίου (μm, μεταξύ 3 και 100)

Πίνακες 2.4 : Μέθοδοι - παράγοντες κατασκευαστή για την αναλογία του αερίου σε σχέση με το ύφασμα του σακόφιλτρου [15]

A 2/1 ΑΝΑΛΟΓΙΑ		1.5/1 ΑΝΑΛΟΓΙΑ	
Υλικά	Λειτουργία	Υλικά	Λειτουργία
Λιπάσματα φωσφορικού αμμωνίου	2,3,4,5,6,7	Ενεργός άνθρακας	2,3,4,5,6,7
		Μαύρος άνθρακας	11,14
Διατομή Γης	4,5,6,7	Απορρίμματα μεταλλικών καπνών, Οξειδίων και άλλων στερεών διασκορπισμένων προϊόντων	10,11
ΦΟΥΡΝΟΣ – 10 ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ – 11 ΝΤΑΠΙΝΚ - 12		ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ – 13 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ – 14 ΕΚΡΗΞΗ – 15	

Πίνακας 2.4 συνέχεια: Μέθοδοι - παράγοντες κατασκευαστή για την αναλογία του αερίου σε σχέση με το ύφασμα του σακόφιλτρου [15]

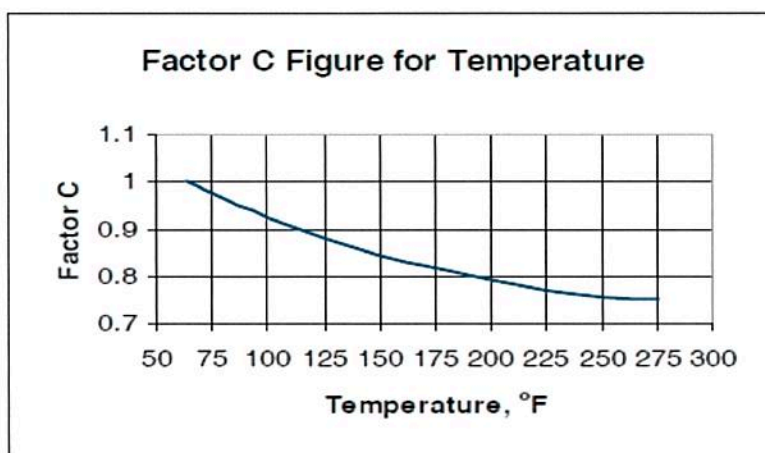
Α 4/1 ΑΝΑΛΟΓΙΑ		3/1 ΑΝΑΛΟΓΙΑ		2.5/1 ΑΝΑΛΟΓΙΑ	
Υλικά	Λειτουργίες	Υλικά	Λειτουργίες	Υλικά	Λειτουργίες
Χαρτόνι	1	Αμίαντος	1,7,8	Αλουμίνα	2,3,4,5,6
Τροφοδοσίες	2,3,4,5,6,7	Αραιώμα αλουμινίου	1,7,8	Μαύρος άνθρακας	4,5,6,
Πάτωμα	2,3,4,5,6,7	Ινώδης Mait'I	1,4,7,8	Τσιμέντο	3,4,5,6,7
Σιτηρά	2,3,4,5,6,7	Κυτταρίνη Mait'I	1,4,7,8	Κοκ	2,3,5,6
Δερμάτινα	1,7,8	Γύψος	1,3,5,6,7	Κεραμικό	4,5,6,7
Καπνός	1,4,6,7	Άσβεστος (ενυδατωμένος)	2,4,6,7	πηλός και σκόνη από τούβλα	2,4,6,12
Παροχή αέρα	13	Περλίτης	2,4,5,6	Κάρβουνο	2,3,6,7,12
Ξύλο, Σκόνη, Μάρκες	1,6,7	Καουτσούκ χημ.	4,5,6,7,8	Καολίνη	4,5,7
		Αλάτι	2,3,4,5,6,7	Ασβεστόλιθος	2,3,4,5,6,7
		Άμμος	4,5,6,7,9,15	Σκόνη Ορυκτών	2,3,4,5,6,7
		Κλίμακα σιδήρου	1,7,8	Πυρίτιο	2,3,4,5,6,7
		Ανθρακικό νάτριο	4,6,7	Ζάχαρη	3,4,5,6,7
		Τάλκ	3,4,5,6,7		
		Λειτουργία επεξεργασίας	1,8		
ΤΟΜΗΣ - 1 ΣΚΛΗΡΙΝΣΗΣ - 2 ΠΛΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ - 3		ΜΙΞΗ - 4 ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗΣ - 5 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ - 6		ΜΕΤΑΦΟΡΑ - 7 ΑΛΕΣΗ - 8 ΣΚΟΡΠΙΖΩ - 9	
Β ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ		Γ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΦΟΡΤΩΣΗΣ ΣΚΟΝΗΣ			
Μικρό Μέγεθος	Συντελεστές	Φόρτωση gr/cu ft		Συντελεστές	
>100	1.2	1 - 3		1.2	
50 - 100	1.1	4 - 8		1.0	
10 - 50	1.0	9 - 17		0.95	
3 - 10	0.9	18 - 40		0.9	
1 - 3	0.8	>40		0.85	
<1	0.7				

Πίνακας 2.5 : Μέθοδοι - παράγοντες κατασκευαστή για τον υπολογισμό του λόγου του αερίου προς το ύφασμα του σακόφιλτρου [15]

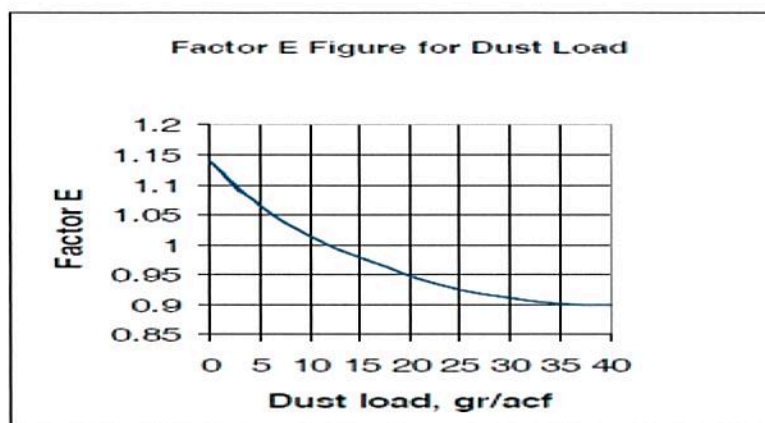
2.5		2.1	1.9	1.3	Απαιτούμενα δείγματα σκόνης
Υ Λ Ι Κ Α	Σκόνη και μεταλλεύματα άλατος, Ορυκτός άμμου (όχι χυτήριο)	Ενεργός άνθρακας Αλουμίνα (μεταφορά) Μείγμα για κέικ, Μαύρο άνθρακα (πεπερασμένο) Κεραμική χρωστική ουσία Κάρβουνο, Κοκ Γη διατομών, Πάτωμα Αργύρου, Ιπτάμενη τέφρα Ανακατέψτε το χυτήριο Γύψος, Άσβεστος, Ενυδατωμένη βαφή ασβεστόλιθου, ηλεκτροστατικός ψεκασμός (επίστρωση σκόνης) Πετροχημικά (ξηρός) Χρωστικές, μεταλλικές, Συνθετικό, Πλαστικό Πρόσθετα καουτσούκ Πυριτικά άλατα Ανθρακικό νάτριο Άμυλο, Ζάχαρη Καπνοί συγκόλλησης	Λιπάσματα Ταλκ	Αλουμίνα (airlift) Βαφές Αναθυμιάσεις, Μεταλλουργικές χρωστικές ουσίες, βαφή στεατικών	Απορρυπαντικά Τροφοδοσίες σιτηρά Περλίτης Φαρμακευτικά προϊόντα Γάλα σε σκόνη Ρητίνες Σαπούνι Καπνός
			1.7	0.7	Εξαιρούμενες σκόνες
			Ασπιρίνη Τσιμέντο Σκόνες από πηλό και Τούβλο Κακάο Καφές Γραφίτης Καολίνη Οξείδια μετάλλων Μεταλλική σκόνη Υπερχλωρικά Σελήνιο Πυρίτιο (πάτωμα)	Πυρίτιο (καπνός)	Αμίαντος Πλύσιμο με τόξα Ινώδες και κυτταρικό Υλικά Μεταλλοποίηση Ορυκτοβάμβακας P. C. λείανση του σκάφους Σκόνες χαρτιού Πίνακας σωματιδίων Πριονίδια
Πίνακας Παράγοντας Β για εφαρμογές			Πίνακας Παράγοντας D για εφαρμογές		
Εφαρμογές		Συντελεστές Β	Λεπτότητα		Συντελεστές D
Ανεπαρκής εξαερισμός Ανακούφιση των σημείων μεταφοράς, των μεταφορέων, των σταθμών συσκευασίας κλπ.		1.0	Πάνω από 50μm		1.1
Συλλογή προϊόντων Αερομεταφορά - εξαερισμός, μύλοι, ξηραντήρες φλας, ταξινομητές κλπ.		0.9	20–50μm		1.0
Διήθηση αερίου διεργασίας Στεγνωτήρια ψεκασμού, κλιβάνους, αντιδραστήρες κ.λπ.		0.8	2–20μm		0.9
			Κάτω από 2μm		0.85

Πίνακας 2.6 : Παράγοντες δεικτών [15]

Α. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ				
15	12	10	9.0	6.0
Μείγμα για κέικ Σκόνη από χαρτόνι Κακάο Τροφές Αλεύρι Στάρι Σκόνη δέρματος Πριονίδια Καπνός	Αμίαντος Σκούπισμα σκόνης Ινώδες και κυτταρικό υλικό Ανακατέψτε το χυτήριο Γύψος Ασβέστης (ενυδατωμένο) Περλίτης Καουτσούκ Χημικές ουσίες Αλάτι Άμμος Σκόνη αμμοβολής Ανθρακικό νάτριο Ταλκ	Αλουμίνα Ασπιδίνη Μαύρος άνθρακας Τσιμέντο Κεραμικά χρώματα Πηλός και σκόνη από τούβλα Κάρβουνο Αργυρός Καολίνη Ασβεστόλιθος Υπερχλωρικά Πυρίτιο Σορβικό οξύ Ζάχαρη Δεψικό οξύ	Αμμώνιο Φωσφορικό λίπασμα Κέικ Γη διατομών Ξηρά πετροχημικά προϊόντα Βαφές Ιπτάμενη τέφρα Μεταλλική σκόνη Χρωστικές ουσίες Μεταλλικό συνθετικό Ρητίνες Πυριτικά άλατα Άμυλο Στεατικά Δεψικό οξύ	Ενεργός άνθρακας Μαύρος άνθρακας οι αναθυμιάσεις Απορρυπαντικά και άλλα διασκορπισμένα προϊόντα απευθείας από τις αντιδράσεις Γάλα σε σκόνη Σαπούνι
Β. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ				
Ανεπαρκής εξαερισμός Ανακούφιση των σημείων μεταφοράς, μεταφορείς, σταθμούς συσκευασίας κλπ.			1.0	
Συλλογή προϊόντων Αερομεταφοράς-εξαερισμού, μύλοι, ταξινομητές, κλπ.			0.9	
Διήθηση αερίου διεργασίας Στεγνωτήρια με ψεκασμό, κλιβάνους, αντιδραστήρες, κ.λπ.			0.8	



Σχήμα 2.32 : Μέθοδοι - παράγοντες κατασκευαστή για τον υπολογισμό του λόγου του αερίου προς το ύφασμα του σακόφιλτρου, τα οποία συνοδεύουν τον πίνακα 2.5 [15]



Σχήμα 2.32 συνέχεια : Μέθοδοι - παράγοντες κατασκευαστή για τον υπολογισμό του λόγου του αερίου προς το ύφασμα του σακόφιλτρου, τα οποία συνοδεύουν τον πίνακα 2.5 [15]

2.11 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ – ΠΙΕΣΗ ΣΑΚΟΦΙΚΤΡΟΥ

Ότι αφορά τη θερμοκρασία αυτή θα πρέπει να παραμείνει πάνω από το σημείο δρόσου. Αν η θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή αυτό ρυθμίζεται με το να χρήση ψηκτρών ψεκασμού ή αέρα αραιώσεως για να πέσει η θερμοκρασία και να μην ξεπεραστούν τα όρια του υφάσματος. Ο πίνακας 2.7 παραθέτει ορισμένα από τα υφάσματα στην τρέχουσα χρήση και παρέχει πληροφορίες για τα όρια θερμοκρασίας και την αντίσταση σε χημικά. Η στήλη με την ένδειξη "Flex Abrasion" υποδεικνύει την καταλληλότητα του υφάσματος για τον καθαρισμό με μηχανικούς αναδευτήρες. [15]

Ότι αφορά την πίεση τα τυποποιημένα υφάσματα μπορούν να λειτουργήσουν είτε υπό πίεση είτε υπό κενό αλλά εντός του εύρους, το οποίο είναι $\pm 61.78\text{mbar}$. Ένα σημαντικό κεφάλαιο σε ότι αφορά τη σωστή λειτουργία των φίλτρων παίζει το κεφάλαιο των επιθεωρήσεων και των συντηρήσεων. [15]

Πίνακας 2.7 : Ιδιότητες των υφασμάτων [15]

Υφάσματα	Θερμοκρασίες °F	Ανθεκτικό στο οξύ	Αντοχή αλκαλίων	Εύκαμπτη τριβή
Βαμβάκι	180	Φτωχό	Πολύ καλό	Πολύ καλή
Creslam	250	Καλό στα ορυκτά	Καλό στα ασθενή οξέα	Καλό έως πολύ καλό αλκάλι
Dacron	275	Καλό στα περισσότερα ανόργανα οξέα. Διαλύεται εν μέρει σε πυκνό H ₂ SO ₄	Καλή σε αδύναμα αλκάλια. Μέτρια σε ισχυρά αλκάλια	Πολύ καλή
Dynel	160	Μικρή επίδραση ακόμη και σε υψηλή συγκέντρωση	Μικρή επίδραση ακόμη και σε υψηλή συγκέντρωση	Μέτρια έως καλή
Υαλοβάμβακας	500	Μέτρια έως καλή	Μέτρια έως καλή	Μέτρια
Filtron	270	Καλή έως εξαιρετική	Καλή	Καλή έως πολύ καλή
PTFE μεμβράνη	Εξαρτάται από την υποστήριξη	Εξαρτάται από την υποστήριξη	Εξαρτάται από την υποστήριξη	Μέτρια
Nextel	1,400	Πολύ καλή	Καλή	Καλή
Nomex	375	Μέτρια	Εξαιρετική σε χαμηλή θερμοκρασία	Εξαιρετική
Νάιλον	200	Μέτρια	Εξαιρετικό	Εξαιρετικό
Orlon	260	Καλή έως εξαιρετική στα ανόργανα οξέα	Μέτρια προς καλή σε ασθενή αλκάλια	Καλή
P84	475	Καλή	Καλή	Καλή
Πολυπροπυλένιο	200	Εξαιρετική	Εξαιρετική	Εξαιρετική
Ryton	375	Εξαιρετική	Εξαιρετική	Καλή
Τεφλόν	450	Αδρανή εκτός από το φθόριο	Αδρανή εκτός από το τριφθορίδιο, το χλώριο και τα τετηγμένα αλκαλικά μέταλλα	Μέτριο
Μαλλί	200	Πολύ καλή	Φτωχή	Μέτρια έως καλή

2.12 ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΕΙΣ – ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΙΣ

Σχετικά με το κεφάλαιο των επιθεωρήσεων υπάρχουν οι ενεργειακοί επιθεωρητές των βιομηχανιών όπου είναι οι υπεύθυνοι και οι κύριοι αρμόδιοι για να βγει εις πέρας αυτό το δύσκολο έργο των επιθεωρήσεων. Έτσι μετά από τα χρονοδιαγράμματα που γίνονται υλοποιούνται οι επιθεωρήσεις που αφορούν τα φίλτρα αναρρόφησης σκόνης στα αντίστοιχα διαστήματα όπου έχουν προγραμματιστεί. Οι επιθεωρήσεις που αφορούν τα φίλτρα γίνονται σε δύο περιόδους. Η μία είναι όταν το φίλτρο είναι εν λειτουργία διότι μόνο έτσι γίνονται οι ακουστικές επιθεωρήσεις των μηχανημάτων του φίλτρου και η άλλη είναι όταν το φίλτρο δεν είναι σε λειτουργία. Οι επιθεωρήσεις διακρίνονται στις ηλεκτρολογικές-αυτοματισμού και στις μηχανολογικές επιθεωρήσεις που αφορούν το

φίλτρο. Γίνεται ξεχωριστή επιθεώρηση στο κάθε ένα από τα μηχανήματα όπου αποτελούν το συγκρότημα λειτουργίας του φίλτρου. [2]

Έτσι οι επιθεωρήσεις που αφορούν τον ανεμιστήρα του φίλτρου είναι οι εξής [2]:

- Κινητήρας ανεμιστήρα (θόρυβος - θερμοκρασία κελύφους)
- Μετάδοση κίνησης (ιμάντες - τροχαλία)
- Κέλυφος ανεμιστήρα
- Πτερωτή ανεμιστήρα (δονήσεις)
- Αγωγοί (εισαγωγής-εξαγωγής)
- Άξονας πτερωτής (έδρανα – θόρυβος)
- Έλεγχος στον κινητήρα
- Έλεγχος LCB (Τοπικός διακόπτης μηχανήματος)
- Έλεγχος για διακοπή ή μη της γείωσης

Οι επιθεωρήσεις που γίνονται στην ανέμη του φίλτρου είναι οι εξής [2]:

- Έλεγχος διαρροής λίπανσης μειωτήρα
- Έλεγχος στάθμης λίπανσης μειωτήρα
- Έλεγχος μετάδοσης κίνησης-ακουστικός έλεγχος και δονήσεις
- Έλεγχος του συστήματος στυπιοθλίπτη
- Έλεγχος λίπανσης εδράνων
- Έλεγχος βιδών – σύσφιξη
- Έλεγχος κατάστασης πτερυγίων και εσωτερικά του κελύφους
- Έλεγχος στον κινητήρα
- Έλεγχος LCB (Τοπικός διακόπτης μηχανήματος)
- Έλεγχος στο όργανο περιστροφής της ανέμης
- Έλεγχος για διακοπή ή μη της γείωσης

Οι επιθεωρήσεις που γίνονται στον κοχλιοφόρο του φίλτρου είναι οι εξής [2]:

- Έλεγχος διαρροής λιπαντικού μειωτήρα
- Έλεγχος διαρροής λιπαντικού μειωτήρα
- Έλεγχος μετάδοσης κίνησης – ακουστικός έλεγχος και δονήσεις
- Έλεγχος εδράσεις στον άξονα – ρουλεμάν – ακουστικός έλεγχος
- Έλεγχος λίπανσης – λειτουργία αυτόματου γρασαρίσματος
- Έλεγχος λεπίδας – άξονας σπирάλ βίδας για φθορά
- Έλεγχος κελύφους κοχλιοφόρου εξωτερικά και εσωτερικά – καπάκια
- Έλεγχος στον κινητήρα
- Έλεγχος στο LCB (Τοπικός διακόπτης μηχανήματος)
- Έλεγχος στο όργανο περιστροφής του κοχλιοφόρου
- Έλεγχος για διακοπή ή μη της γείωσης

Οι επιθεωρήσεις που γίνονται στον τυναγμό του φίλτρου είναι οι εξής [2]:

- Έλεγχος στις κυψέλες και στα σωληνάκια αέρος
- Έλεγχος στον κώνο του φίλτρου
- Έλεγχος στο κύριο σώμα του φίλτρου
- Έλεγχος στους αγωγούς του φίλτρου
- Έλεγχος στη συσκευή ελέγχου του τυναγμού του φίλτρου
- Έλεγχος στους αισθητήρες θερμοκρασίας και πίεσης του φίλτρου.

Οι επιθεωρήσεις που γίνονται κλαπέτο του φίλτρου είναι οι εξής [2]:

- Έλεγχος κελύφους κλαπέτου εξωτερικά και εσωτερικά
- Έλεγχος κλαπέτων εσωτερικά
- Έλεγχος για αντίβαρα
- Έλεγχος άξονα – κουζινέτων
- Έλεγχος λίπανσης

Ενώ οι επιθεωρήσεις που γίνονται όταν το κλαπέτο είναι διπλό είναι οι εξής [2]:

- Έλεγχος κελύφους κλαπέτου εξωτερικά και εσωτερικά
- Έλεγχος έκκεντρου άξονα – φθορά και λειτουργία
- Έλεγχος στον κινητήρα
- Έλεγχος στο LCB (Τοπικός διακόπτης μηχανήματος)
- Έλεγχος στα επαγωγικά θέσεις του κλαπέτου
- Έλεγχος για διακοπή ή μη της γείωσης

Εκτός από το κεφάλαιο των επιθεωρήσεων όπως προαναφέρθηκε είναι και το κομμάτι των συντηρήσεων αυτών των μηχανημάτων. Οι συντηρήσεις διακρίνονται στις προγραμματιζόμενες και στις μη προγραμματιζόμενες. Οι προγραμματιζόμενες συντηρήσεις είναι εκείνες που υλοποιούνται σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα όπου είναι συνήθως νεκροί χρόνοι παραγωγής. Φυσικά σε αυτό το κομμάτι των προγραμματιζόμενων συντηρήσεων υπάγονται και εκείνες όπου έχουν να κάνουν και με τον έλεγχο – συντήρηση του μηχανήματος που οφείλεται στον κατασκευαστή του μηχανήματος διότι στο εγχειρίδιο του κατασκευαστή αναγράφονται το πότε πρέπει να γίνονται οι συντηρήσεις – έλεγχοι. [2]

Εκτός από τις προγραμματισμένες συντηρήσεις υπάρχουν και η μη προγραμματισμένες συντηρήσεις, οι οποίες προκύπτουν σε έκτακτα χρονικά διαστήματα, συνήθως λόγω κάποιας δυσλειτουργίας ή βλάβης. [2]

Φυσικά σε όλους του είδους των επιθεωρήσεων – έλεγχοι που γίνονται στα μηχανήματα και τα όργανα όπως είναι το όργανο της θερμοκάμερας, το όργανο του ήχου κλπ άλλα όργανα βοηθούν στη δουλειά των ενεργειακών επιθεωρητών για να έχουν καλύτερες και πιο έγκυρες προβλέψεις για τη σωστή ή μη λειτουργία του μηχανήματος. [2]

2.13 ΒΛΑΒΕΣ ΦΙΛΤΡΩΝ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗ ΣΚΟΝΗΣ

Παρακάτω θα αναφερθούν οι βλάβες όπου εμφανίζονται πιο συχνά στα φίλτρα αναρρόφησης. [2]

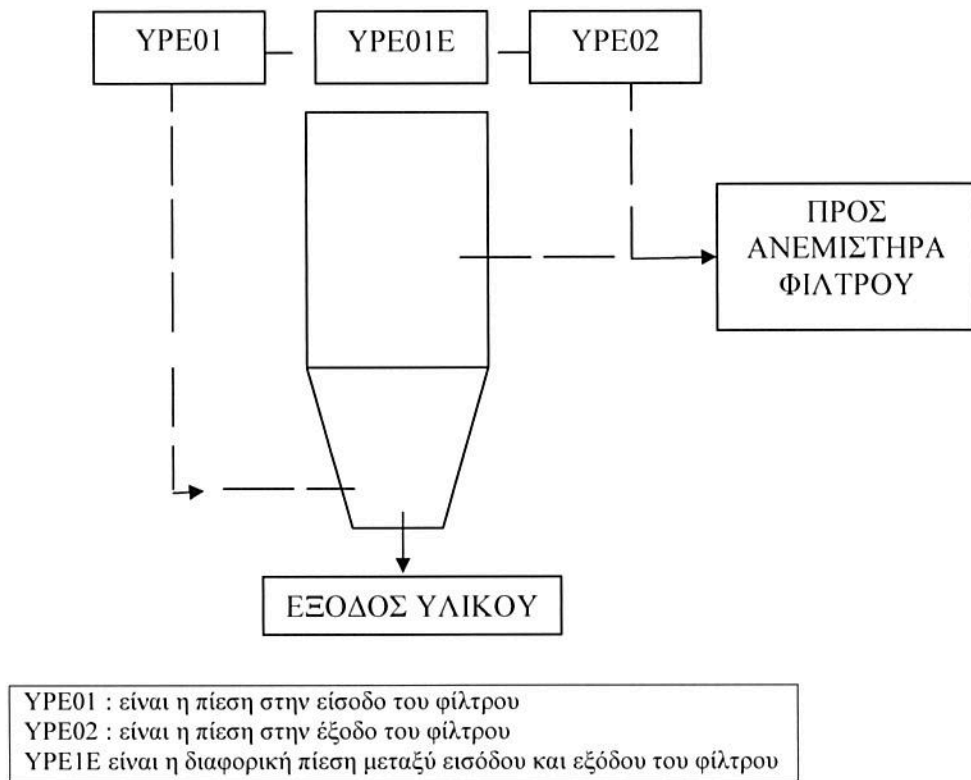
- Το μπούκωμα του φίλτρου είναι από τις πιο συχνές περιπτώσεις. Εμφανίζεται λόγω της μεγάλης ποσότητας σκόνης που υπάρχει εντός του φίλτρου, με αποτέλεσμα να εξέρχεται η αιωρούμενη σκόνη από την καμινάδα του φίλτρου στο περιβάλλον.
- Η μη σωστή λειτουργικότητα του τυναγμού του φίλτρου είναι ένα επιπλέον πρόβλημα που εμφανίζεται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του.
- Η ύπαρξη σχισμής σε κάποια σημεία του φίλτρου με αποτέλεσμα η σκόνη να εξέρχεται από το εσωτερικό του στο περιβάλλον.

ΕΝΟΤΗΤΑ 3

“ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ”

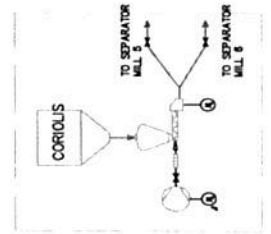
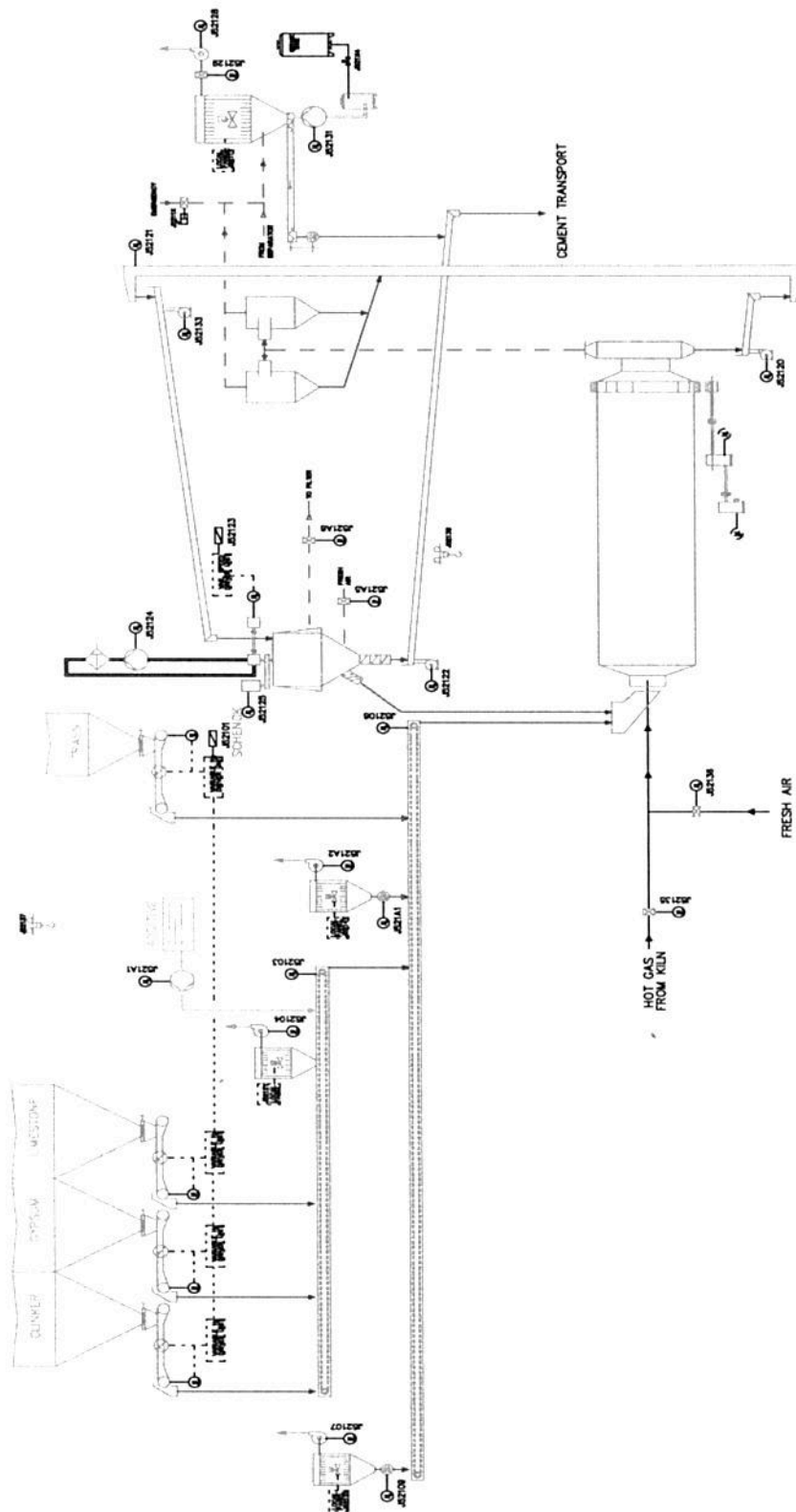
3.1 Γενικά

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζεται η συμπεριφορά τριών φίλτρων σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας όπως αυτού του σχήματος 3.1. Πήραμε για έναν κύκλο λειτουργίας μετρήσεις , οι οποίες αναγράφονται στα πινακάκια 3.3, 3.5 και 3.7 αντίστοιχα.



Σχήμα 3.1 : Φίλτρο αναρρόφηση σκόνης

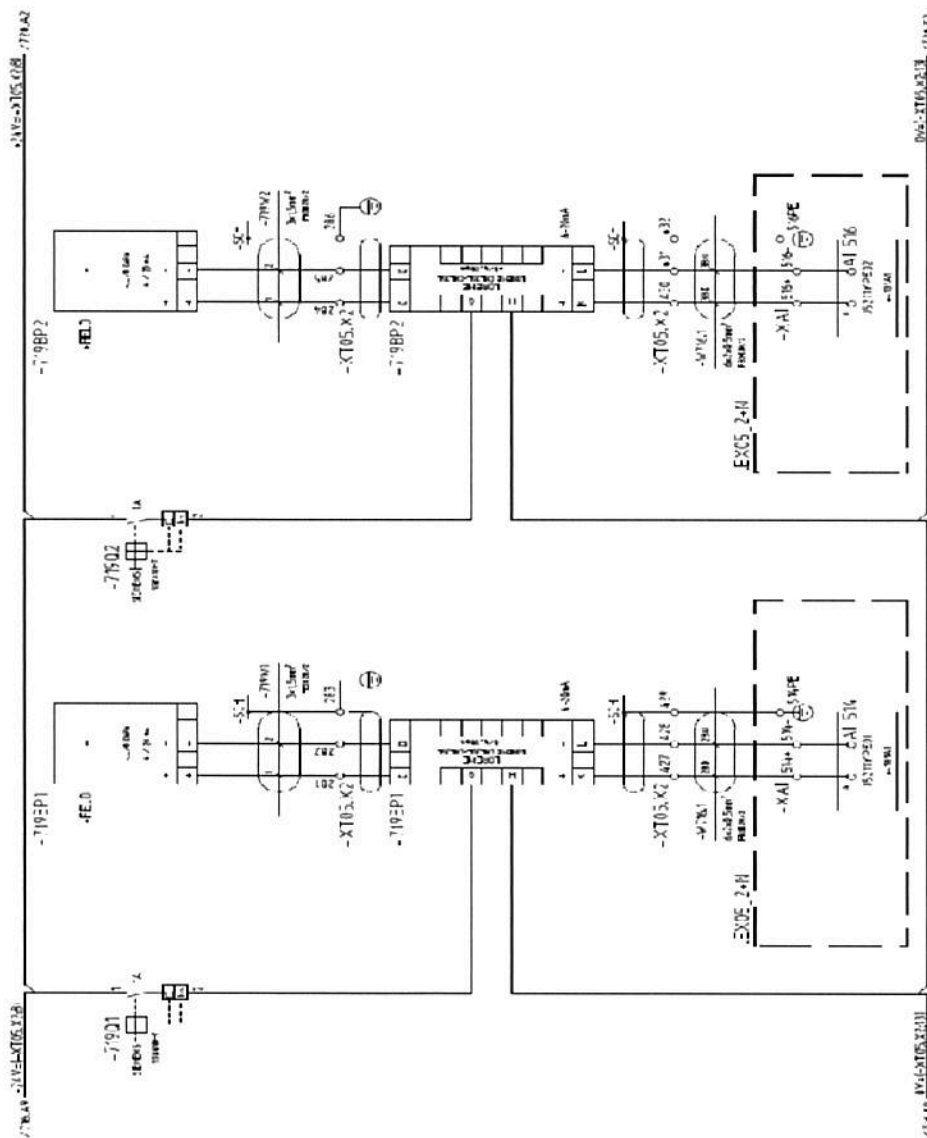
Λειτουργικά τα δύο από τα τρία φίλτρα, από τα οποία πήραμε τις μετρήσεις της ενότητας 3.3 αφορούν φίλτρα, τα οποία χρησιμοποιούνται για να αναρροφούν τη σκόνη από δύο διαφορετικούς μύλους (διαγράμματα ροής στα σχήματα 3.2 και 3.3 αντίστοιχα) και το τρίτο αφορά φίλτρο αναρρόφηση της σκόνης, το οποίο αναρροφά τη σκόνη από δύο διαχωριστές (διάγραμμα ροής στο σχήμα 3.3). [2]



Σχήμα 3.2 : Εγκατάσταση μύλου / Φίλτρο κύριας κίνησης μύλου (1^η περίπτωση) [17]

Τα κυκλώματα ισχύος και ελέγχου των φίλτρων αυτών και τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στις μετρήσεις φαίνονται στο σχήμα 3.4. Χρησιμοποιήθηκαν δύο αισθητήρες πίεσης (σχήμα 3.4) και ένα καταγραφικό φάσεων (σχήμα 3.5). Το ένα από τα δύο αισθητήρα για την πίεση τοποθετήθηκε στην είσοδο του φίλτρου και το άλλο στην έξοδο του φίλτρου. Ενώ το καταγραφικό τοποθετήθηκε για να καταγράψει τη λειτουργική συμπεριφορά των φίλτρων στα κυκλώματα ισχύος και των τριών ανεμιστήρων των αντίστοιχων φίλτρων.

[2]

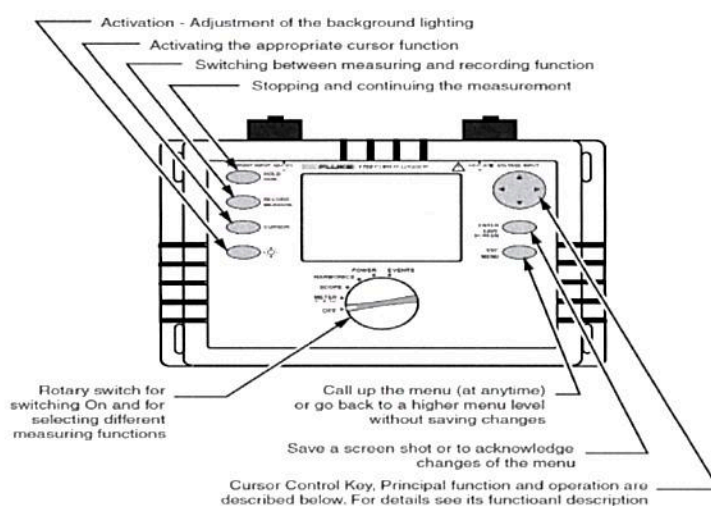


Σχήμα 3.4 : Κυκλώματα οργάνων πίεσεων εισόδου / εξόδου του φίλτρου [13]

3.2 ΚΑΤΑΓΡΑΦΙΚΟ ΙΣΧΥΟΣ FLUKE 1735 THREE-PHASE POWER LOGGER

Ο καταγραφέας ισχύος τριών φάσεων Fluke 1735 (βλέπε σχήμα 3.5) είναι ένα όργανο μέτρησης ευέλικτο, πολυλειτουργικό το οποίο είναι ένας ιδανικός μετρητής ισχύος για τη διεξαγωγή ενεργειακών μελετών και βασικής καταγραφής της ποιότητας της ηλεκτρικής ενέργειας. Ρυθμίζεται σε δευτερόλεπτα με τους ενσωματωμένους ανιχνευτές ρεύματος και την έγχρωμη οθόνη που διαθέτει. Ο μετρητής ποιότητας ηλεκτρικού ρεύματος μετρά τις περισσότερες παραμέτρους ηλεκτρικής ισχύος, τις αρμονικές και καταγράφει τα γεγονότα τάσης. [12]

Αποτελείται βλέποντας το όργανο από την πρόσοψη (βλέπε σχήμα 3.5) από [12]:

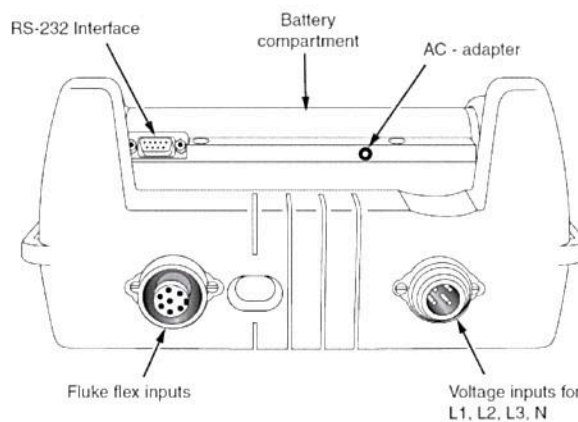


Activation – Adjustment of the background lighting = Ενεργοποίηση - Ρύθμιση της φωτινότητας του φόντου
Activation the appropriate cursor function = Ενεργοποίηση της κατάλληλης λειτουργίας του δρομέα
Switching between measuring and recording function = Εναλλαγή μεταξύ της λειτουργίας μέτρησης και εγγραφής
Stopping and continuing the measurement = Διακοπή και συνέχιση της μέτρησης
Rotary switch for switching On and for selecting different measuring functions = Περιστροφικός διακόπτης για την ενεργοποίηση και για την επιλογή διαφορετικών λειτουργιών μέτρησης
Call up the menu (at any time) or go back to a higher menu level without saving changes = Κάλεσμα το μενού (ανά πάσα στιγμή) ή επιστρέφουμε σε υψηλότερο επίπεδο μενού χωρίς να αποθηκεύσουμε αλλαγές
Cursor Control Key, Principal function and operation are described below. For details see its functional description = Το κουμπί ελέγχου δρομέα, η κύρια λειτουργία και η λειτουργία περιγράφονται παρακάτω. Για λεπτομέρειες ανατρέξτε στη λειτουργική του περιγραφή

Σχήμα 3.5 : Πρόσοψη οργάνου [12]

- Ένα μπουτόν διακοπής και συνέχισης της μέτρησης
- Ένα μπουτόν εναλλαγής μεταξύ μέτρησης και εγγραφής
- Ένα μπουτόν ενεργοποίησης της κατάλληλης λειτουργίας του δρομέα
- Ένα μπουτόν ενεργοποίησης - Ρύθμισης του φωτισμού της οθόνης
- Από ένα κουμπί με το οποίο κάνουμε τις βασικές λειτουργίες
- Από ένα μπουτόν με το οποίο μπορούμε να αποθηκεύουμε μια εικόνα ή να μπούμε στο βασικό μενού του οργάνου
- Από ένα διακόπτη μέσου, του οποίου επιλέγουμε τη βασική κατηγορία ελέγχου όπως είναι των τάσεων, των αρμονικών, των συμβάντων κλπ.

και βλέποντας το όργανο από το πίσω μέρος (βλέπε σχήμα 3.6) του φαίνονται τα εξής [12]:



RS-232 Interface = Διασύνδεση RS-232 Battery compartment = Χώρος μπαταρίας AC - adapter = Υποδοχή AC Fluke flex inputs = Είσοδοι φορτισμού Fluke Voltage inputs for L1, L2, L3, N = Τάσεις εισόδου για L1, L2, L3, N

Σχήμα 3.6 : Πίσω μέρος οργάνου [12]

- Από μία σειριακή θύρα PS-232, μέσω της οποίας συνδέεται το όργανο με το PC και έτσι μετά να ήμαστε σε θέση να μεταφέρουμε τις πληροφορίες από το αναγραφόμενο όργανο στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.
- Από την μπαταρία του
- Από την υποδοχή τροφοδοσίας του
- Από δύο υποδοχές, στις οποίες συνδέονται εκεί τα καλώδια του οργάνου, μέσω των οποίων θα λαμβάνονται.

Οι πιο κοινές εφαρμογές κατά τις οποίες χρησιμοποιείται το όργανο είναι οι εξής [12]:

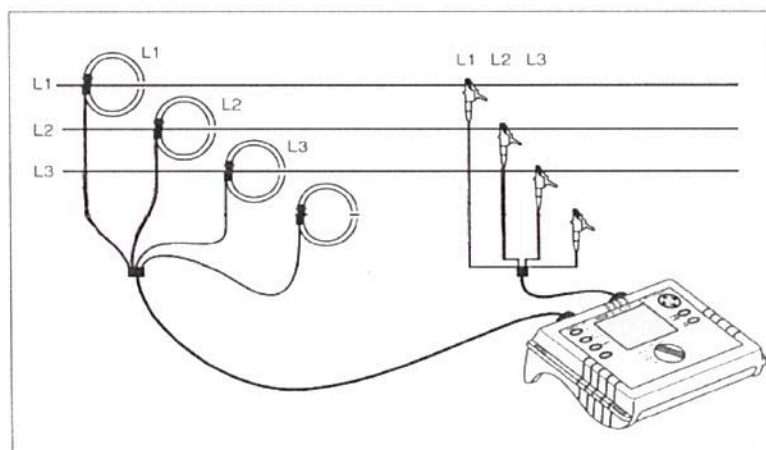
- Μελέτες φορτίου και δημιουργία καμπυλών φορτίων.

- Ενεργειακές εκτιμήσεις κατανάλωσης ενέργειας πριν και μετά από τις βελτιώσεις που δικαιολογούν τις συσκευές εξοικονόμησης.
- Μετρήσεις ποιότητας ισχύος και αρμονική ανάλυση.
- Καταγραφή συμβάντων τάσης. Παρακολουθούνται για βυθίσεις και ανυψώσεις που προκαλούν προβλήματα και ενεργοποιούν τις προστασίες.

Έτσι σύμφωνα με τις δυνατότητες αυτού του οργάνου πάρθηκαν οι μετρήσεις των πινάκων 3.3, 3.5 και 3.7 της ενότητας 3.2 που αφορούν την ισχύ των ανεμιστήρων των φίλτρων και των τριών περιπτώσεων. Συνδέθηκε κάθε φορά στις εισόδους και των τριών ανεμιστήρων για έναν κύκλο λειτουργίας αυτών όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.8. [12]



Σχήμα 3.7 : Καταγραφικό ισχύος Fluke 1735 [14]



Σχήμα 3.8 : Σύνδεση καταγραφικού με κύκλωμα ισχύος των ανεμιστήρων όλων των περιπτώσεων των φίλτρων που εξετάστηκαν. [12]

Όπου :

ΤΑΣΗ		ΡΕΥΜΑ	
Κύριες γραμμές	Καλώδια δοκιμής	Κύριες γραμμές	Καλώδια δοκιμής
A (L1)	A (L1)	A (L1)	A (L1)
B (L2)	B (L2)	B (L2)	B (L2)
C (L3)	C (L3)	C (L3)	C (L3)

Πίνακας 3.1 : Τάσης – Ρεύμα [12]

Στη συνέχεια μεταφέρθηκαν οι μετρήσεις τις οποίες είχε καταγράψει το όργανο στον ηλεκτρονικό υπολογιστή για επεξεργασία.

3.3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- Φίλτρο Αναρρόφησης 1^{ης} περίπτωσης

Σε αυτή την περίπτωση εξετάσαμε τη συμπεριφορά ενός φίλτρου αναρρόφησης σκόνης που χρησιμοποιείται για την αναρρόφηση της σκόνης από μύλο με τα εξής τεχνικά χαρακτηριστικά [2]:

Πίνακας 3.2 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Φίλτρου 1^{ης} περίπτωσης [2]

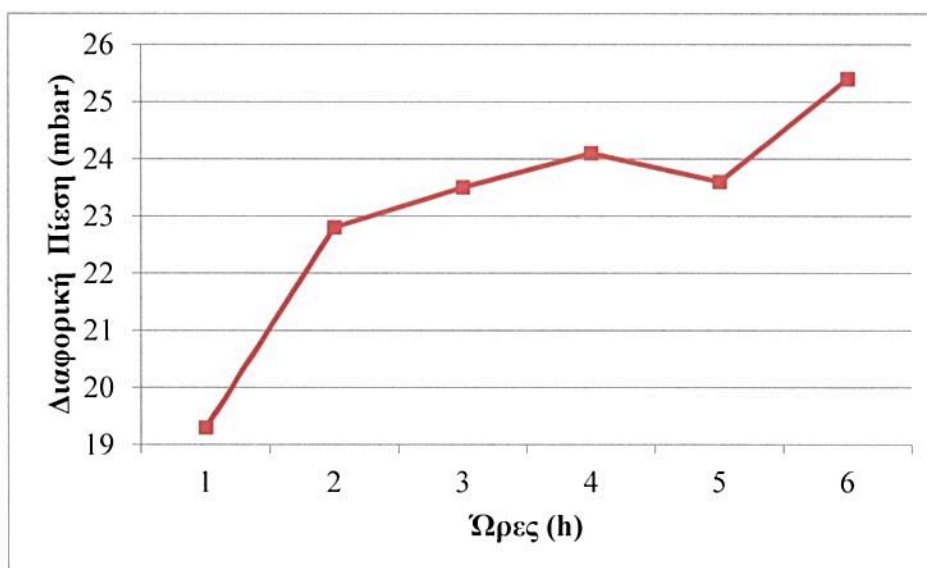
Επιφ. m ²	ΣΑΚΚΟΙ			ΒΑΛΒΙΔΕΣ		ΚΑΤΑΝ.	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ			ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ	
	Διαστ. mm	Αριθμ.	Ποιοτ.	Τεμαχ.	Τάση V	Πεπ. Αέρα	Παροχ. m ³ /h	Θερμ. °C	Στροφ. Rpm.	Ισχύ kW	Στροφ. Rpm
433	Φ=130 L=3125	336	POLYEST 550 g/m ² 1,9mm 150°C	48	24	120NM 3/h 5 – 6 bar	51600	80	1450	75	1480

Από το σχήμα 3.4 πάρθηκαν οι μετρήσεις του πίνακα 3.3, οι οποίες είναι οι εξής :

Πίνακας 3.3 : Μετρήσεις φίλτρου Αναρρόφηση σκόνης 1^{ης} περίπτωσης

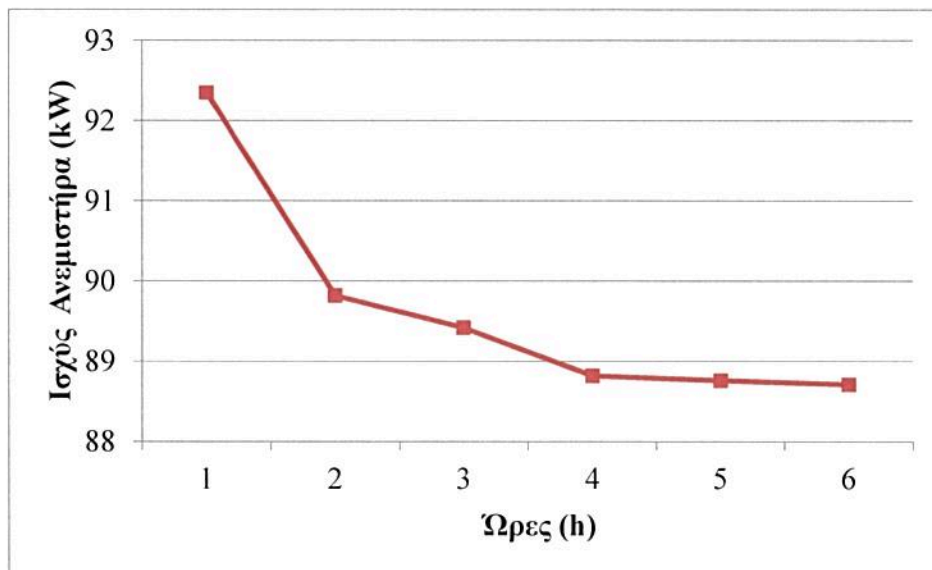
Ώρες h	Διαφορική πίεση mbar	Ισχύ Ανεμιστήρα kW
1	19.3	92.35
2	22.8	89.82
3	23.5	89.42
4	24.1	88.82
5	23.6	88.76
6	25.4	88.71

Στη συνέχεια χαράχθηκαν οι γραφικές παραστάσεις από τα σχήματα 3.9 και 3.10, οι οποίες προέκυψαν από τον πίνακα 3.3 και αφορούν το φίλτρο αναρρόφηση σκόνης της 1^{ης} περίπτωσης. Αυτές οι γραφικές παραστάσεις είναι μεταξύ της ισχύ (kW) του ανεμιστήρα του φίλτρου και της διάρκεια λειτουργίας του φίλτρου σε ώρες (h) αλλά και της διαφορικής πίεσης (mbar) σε σχέση με το ίδιο χρονικό διάστημα.

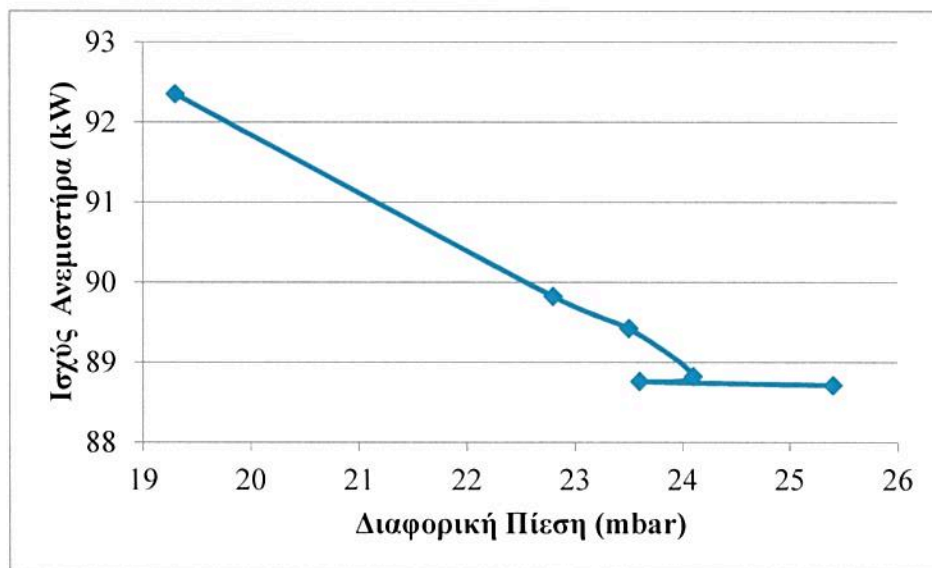


Σχήμα 3.9 : Διαφορική πίεση (mbar) συναρτήση των ωρών (h)

Από τα σχήματα 3.9 και 3.10 προκύπτει η καμπύλη πτώσεων πίεσης / ισχύς ανεμιστήρα η οποία αποτελεί σημαντικό εργαλείο αξιολόγησης της λειτουργίας του φίλτρου της 1^{ης} περίπτωσης.



Σχήμα 3.10 : Ισχύς ανεμιστήρα (kW) σε σχέση με την ώρα (h)



Σχήμα 3.11 : Διαφορική Πίεση (mbar) σε σχέση με την ισχύ του ανεμιστήρα (kW)

- Φίλτρο Αναρρόφησης 2^{ης} περίπτωσης

Σε αυτή την περίπτωση εξετάσαμε τη λειτουργία ενός φίλτρου αναρρόφηση σκόνης με τα εξής τεχνικά χαρακτηριστικά [2]:

Πίνακας 3.4 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Φίλτρου 2^{ης} περίπτωσης [2]

Επιφ. m ²	ΣΑΚΚΟΙ			ΒΑΛΒΙΔΕΣ		ΚΑΤΑΝ.	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ			ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ	
	Διαστ. mm	Αριθμ.	Ποιοτ.	Τεμαχ.	Τάση V	Πεπ. Αέρα	Παροχ. m ³ /h	Θερμ. °C	Στροφ. Rpm.	Ισχύ kW	Στροφ. Rpm
702	Φ=154 L=4000	368	POLYEST 500 g/m ² 1,9mm 80 / 100°C	46	220	56NM 3/h 6 bar	54000	80	1450	90	1475

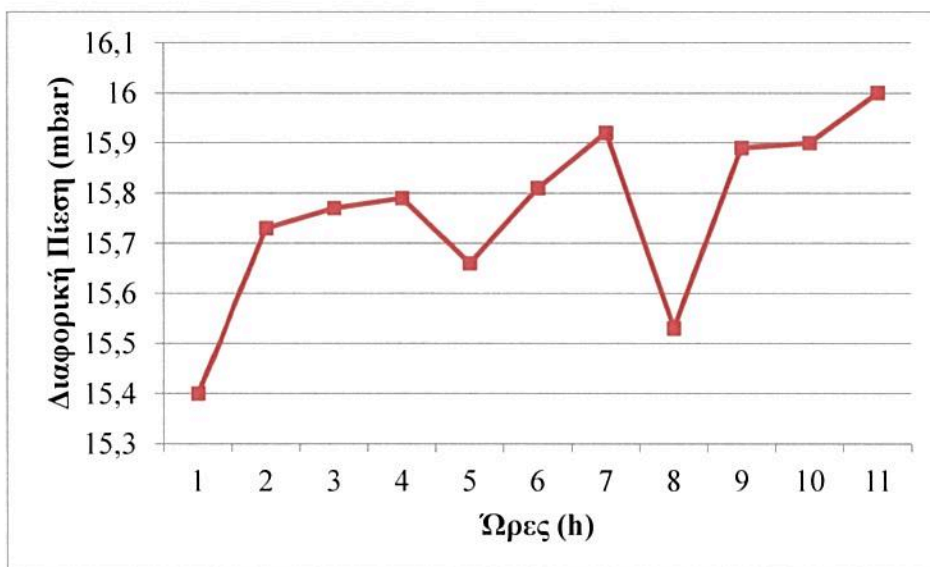
Στο σχήμα 3.4 είναι το κύκλωμα, το οποίο υλοποιήθηκε για να παρθούν οι μετρήσεις του πίνακα 3.5, οι οποίες είναι οι εξής :

Πίνακας 3.5 : Μετρήσεις φίλτρου Αναρρόφηση σκόνης 2^{ης} περίπτωσης

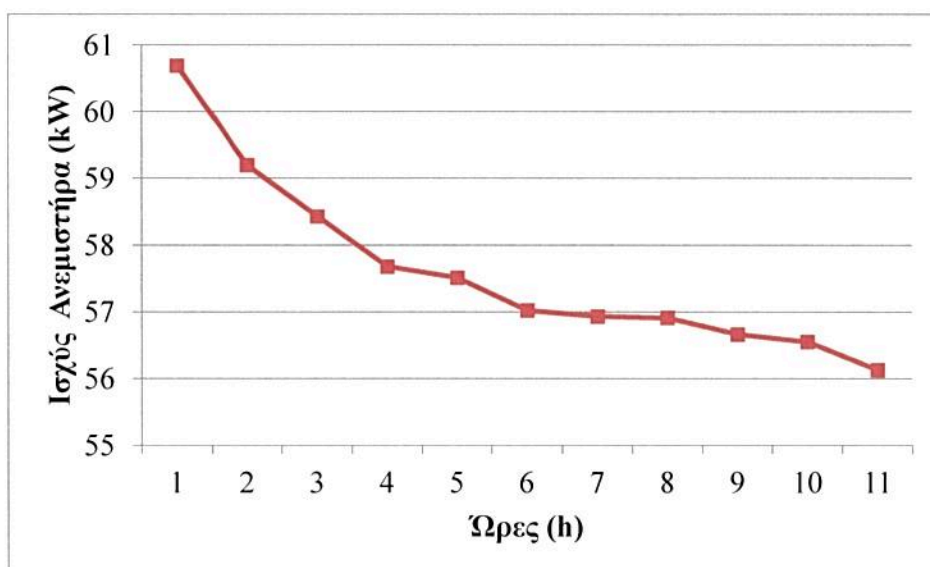
Ωρες h	Διαφορική Πίεση mbar	Ισχύ Ανεμιστήρα kW
1	15.4	60.69
2	15.73	59.20
3	15.77	58.43
4	15.79	57.68
5	15.66	57.51
6	15.81	57.02
7	15.92	56.93
8	15.53	56.91
9	15.89	56.66
10	15.9	56.55
11	16	56.13

Στη συνέχεια χαράχθηκαν οι γραφικές παραστάσεις, οι οποίες προέκυψαν από τον πίνακα 3.5 και αφορούν το φίλτρο αναρρόφηση σκόνης της 2^{ης} περίπτωσης.

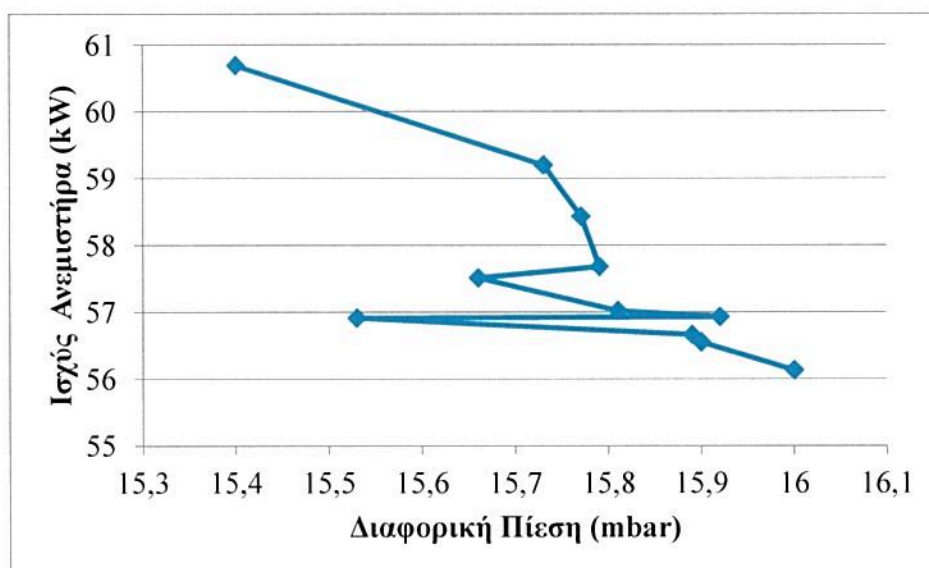
Μετά τις γραφικές παραστάσεις 3.12 και 3.13 δημιουργήσαμε και τη γραφική παράσταση 3.14, η οποία αφορά τη διαφορική πίεση (mbar) σε σχέση με την ισχύ του ανεμιστήρα (kW) του φίλτρου της 2^{ης} περίπτωσης.



Σχήμα 3.12 : Διαφορική πίεση (mbar) συναρτήση των ωρών (h)



Σχήμα 3.13 : Ισχύς ανεμιστήρα (kW) σε σχέση με την ώρα (h)



Σχήμα 3.14 : Διαφορική Πίεση (mbar) σε σχέση με την ισχύ του ανεμιστήρα (kW)

- Φίλτρο Αναρρόφησης 3^{ης} περίπτωσης

Σε αυτή την περίπτωση εξετάσαμε τη λειτουργία ενός φίλτρου αναρρόφηση σκόνης με τα εξής τεχνικά χαρακτηριστικά [2]:

Πίνακας 3.6 : Τεχνικά χαρακτηριστικά Φίλτρου 3ης περίπτωσης [2]

Επιφ. m ²	ΣΑΚΚΟΙ			ΒΑΛΒΙΔΕΣ		ΚΑΤΑΝ.	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ			ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ	
	Διαστ. mm	Αριθμ .	Ποιοτ.	Τεμαχ.	Τάση V	Πεπ. Αέρα	Παροχ. m ³ /h	Θερμ. °C	Στροφ. Rpm.	Ισχύ kW	Στροφ. Rpm
702	Φ=154 L=4000	368	POLYEST 500 g/m ² 1,9mm 80 / 100°C	46	220	56NM 3/h 6 bar	54000	80	1450	90	1475

Στο σχήμα 3.4 είναι το κύκλωμα, το οποίο υλοποιήθηκε για να εκτελεστούν οι μετρήσεις του πίνακα 3.7, τα οποία είναι τα εξής :

Πίνακας 3.7 : Μετρήσεις φίλτρου Αναρρόφηση σκόνης 3^{ης} περίπτωσης

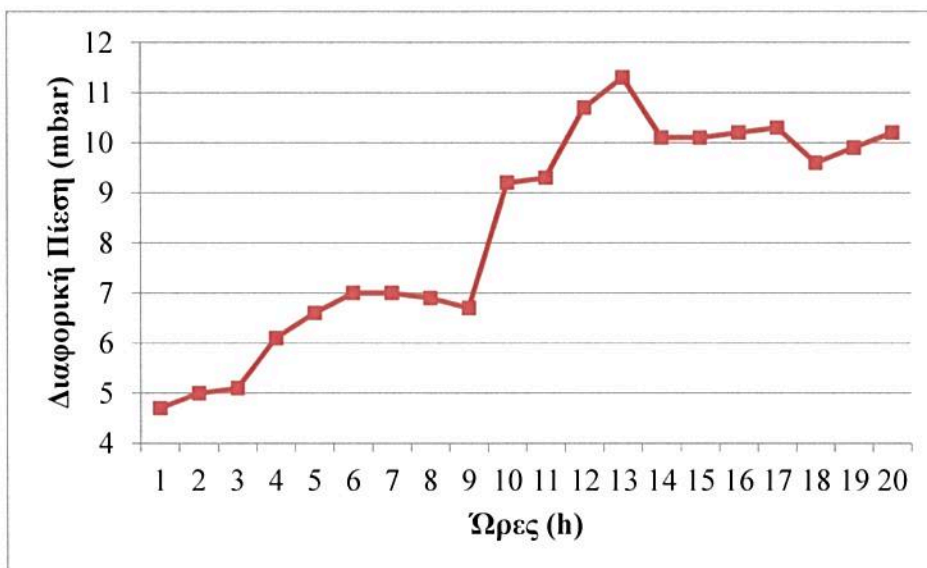
Ώρες h	Διαφορική πίεση mbar	Ισχύ Ανεμιστήρα kW
1	4.7	20.66
2	5	19.29
3	5.1	18.77
4	6.1	26.83
5	6.6	26.73
6	7	30.06
7	7	30.10
8	6.9	30.05
9	6.7	30.04
10	9.2	46.18
11	9.3	46.13
12	10.7	60.98
13	11.3	55.15
14	10.1	33.56
15	10.1	33.52
16	10.2	33.31
17	10.3	33.50
18	9.6	33.77
19	9.9	33.79
20	10.2	33.74

Στη συνέχεια σχεδιάστηκαν οι γραφικές παραστάσεις 3.15 και 3.16, οι οποίες προέκυψαν από τον πίνακα 3.7 και αφορούν το φίλτρο αναρρόφηση σκόνης της 3^{ης} περίπτωσης. Αυτές οι γραφικές παραστάσεις αφορούν την ισχύ (kW) του ανεμιστήρα του φίλτρου και της διάρκεια λειτουργίας του φίλτρου σε ώρες (h) αλλά και της διαφορικής πίεσης (mbar) σε σχέση με το ίδιο χρονικό διάστημα.

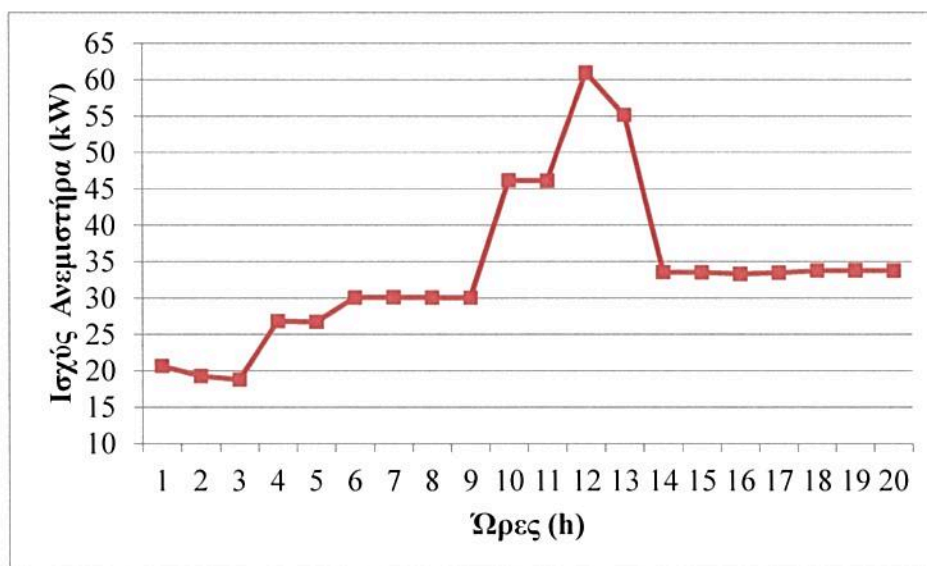
Μετά τις γραφικές παραστάσεις 3.15 και 3.16 χαράχθηκε η γραφική παράσταση 3.17, η οποία αφορά τη διαφορική πίεση (mbar) σε σχέση με την ισχύ του ανεμιστήρα (kW) του φίλτρου της 3^{ης} περίπτωσης.

Από τις γραφικές παραστάσεις που αφορούν τη λειτουργική συμπεριφορά των τριών διαφορετικών φίλτρων διαπιστώνουμε τα εξής [2]:

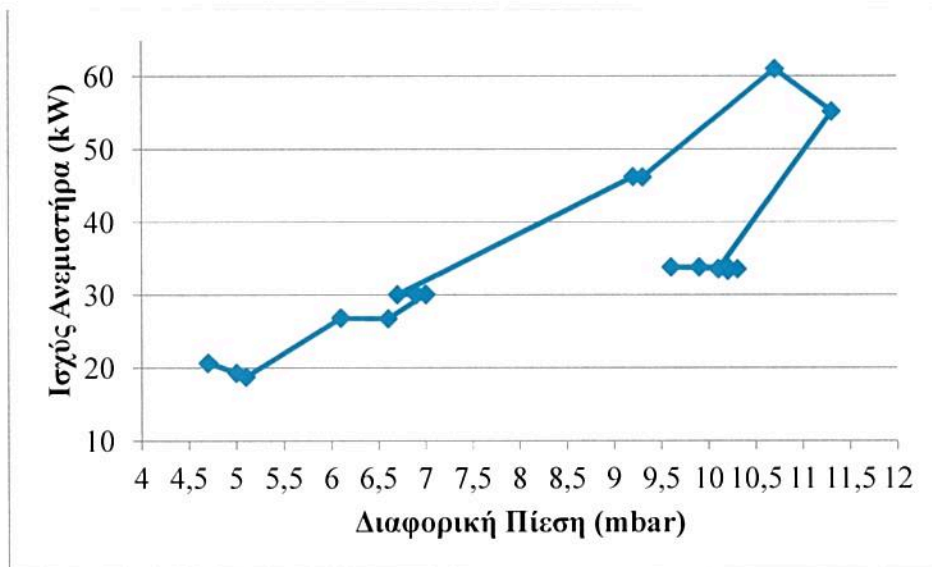
- Ότι αφορά το φίλτρο της 1^{ης} περίπτωσης και συγκεκριμένα από τα σχήματα 3.9 και 3.10 προκύπτει πως κατά τη διάρκεια λειτουργίας του φίλτρου αυτού η ισχύς που αποροφά ο ανεμιστήρας σε σχέση με το χρόνο μειώνεται σταδιακά. Εναντιθέτως διαπιστώνουμε πως η διαφορική πίεση κατά το ίδιο χρονικό διάστημα λειτουργικά αυξάνεται.



Σχήμα 3.15 : Διαφορικής πίεσης (mbar) σε σχέση με το χρόνο (h)



Σχήμα 3.16: Ισχύς ανεμιστήρα (kW) σε σχέση με το χρόνο (h)



Σχήμα 3.17 : Διαφορική Πίεση (mbar) σε σχέση με την ισχύ του ανεμιστήρα (kW)

Αποτέλεσμα αυτών είναι το σχήμα 3.11 στην οποία είναι ορατή η συμπεριφορά του φίλτρου αυτού δηλαδή όσο μείνεται η ισχύ του ανεμιστήρα να αυξάνεται η διαφορική πίεση του.

- Ότι αφορά το φίλτρο αναρρόφηση σκόνης της 2^{ης} περίπτωσης προκύπτει από τα σχήματα 3.12 και 3.13 πως όσο περνάει η ώρα λειτουργίας του φίλτρου αναρρόφησης η ισχύ του ανεμιστήρα μειώνεται. Κατά το ίδιο χρονικό διάστημα λειτουργικά του ίδιου φίλτρου διαπιστώνουμε ότι αφορά τη διαφορική πίεση πως έχουμε αυξομειώση των τιμών των πιέσεων. Το αποτέλεσμα αυτών το σχήμα 3.14, από την οποία σε γενικές γραμμές προκύπτει ότι όσο μειώνεται η ισχύ του ανεμιστήρα του φίλτρου αυξάνει η διαφορική πίεση.
- Στην 3^η περίπτωση προκύπτει ότι το φίλτρο λειτουργεί διαφορετικά δηλαδή παρατηρούμε από τις γραφικές παραστάσεις 3.15 και 3.16 πως όσο αυξάνεται η ισχύ του ανεμιστήρα του ίδιου του φίλτρου αυξάνει και η διαφορική πίεση του σε σχέση με το χρόνο. Έτσι προκύπτει και η γραφική παράσταση 3.17 από την οποία διακρίνεται πως όσο αυξομειώνεται σε γενικές γραμμές η ισχύ του ανεμιστήρα αυξομειώνεται και η διαφορική πίεση του ίδιου του φίλτρου.

ΕΝΟΤΗΤΑ 4

“ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ”

Στην παρούσα ενότητα θα ασχοληθούμε με τα συμπεράσματα – προτάσεις, οι οποίες θα γίνουν για να υπάρχει ως απώτερος στόχος και σκοπός η καλύτερη και αποτελεσματικότερη λειτουργία των φίλτρων αναρρόφηση σκόνης.

Παρατηρώντας τις συμπεριφορές και των τριών διαφορετικών περιπτώσεων σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας συμπεραίνουμε τα εξής :

Η κάθε μία από τις περιπτώσεις είχε τη δικιά της λειτουργική συμπεριφορά. Στην 1^η και στη 2^η περίπτωση δεν είχαμε τις ίδιες συμπεριφορές όπως με αυτή της 3^{ης} περίπτωσης. Οι παράγοντες, οι οποίοι ίσως να έπαιζαν το ρόλο τους για να υπάρχει αυτή η διαφορετική συμπεριφορά αυτών των φίλτρων σε σχέση με αυτή της 3^{ης} περίπτωσης είναι οι εξής :

- Να υπήρχε λάθος στον ανθρώπινο παράγοντα.
- Να μην είχε γίνει ο ανάλογος έλεγχος – ρυθμίσεις των οργάνων, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για να παρθούν οι μετρήσεις των διαφορικών πιέσεων.
- Να μην έχει γίνει ο κατάλληλος έλεγχος στο κατά πόσο ή μη υπάρχει υγρασία εντός του φίλτρου. Η αύξηση της υγρασία έχει ως αποτέλεσμα και την αύξηση της διαφορικής πίεσης.
- Να φταίνε οι ρυθμίσεις του inverter, το οποίο τροφοδοτεί τον ανεμιστήρα του φίλτρου. Εάν δεν έχουν γίνει οι σωστές οι ρυθμίσεις στο αντίστοιχο inverter αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα να υπάρξει και μια λανθάνουσα τιμή ισχύς του ανεμιστήρα του φίλτρου.
- Γι αυτές τις λειτουργικές συμπεριφορές έπαιζαν το ρόλο τους και το κατά πόσο ή μη έχουν γίνει οι αναμενόμενοι έλεγχοι – αλλαγές στα φιλτράπανα.

- Να έχουν σκόνη ή άλλο πρόβλημα λειτουργικό οι κινητήρες των ανεμιστήρων με αποτέλεσμα να μη γίνεται σωστή η λειτουργία αυτών και να έχουμε αύξηση της ισχύς αυτών.

Εκτός από τα αναγραφόμενα, τα οποία προέκυψαν μετά από το πειραματικό μέρος και των τριών φίλτρων υπήρξαν και ελλείψεις, οι οποίες είναι οι εξής [2]:

- Δεν πάρθηκαν μετρήσεις από θερμοκρασίες που αναπτύσσονται τόσο στις εισόδους όσο και στις εξόδους των αντίστοιχων περιπτώσεων όπου εξετάσαμε.
- Επιπλέον δεν πάρθηκαν μετρήσεων θερμοκρασιών και εντάσεων, οι οποίες έχουν να κάνουν με τους ανεμιστήρες των φίλτρων.

Αυτά είναι τα συμπεράσματα που προέκυψαν μετά από το πειραματικό μέρος και συγκεκριμένα μετά από την τρίτη ενότητα που αφορούσαν τα φίλτρα αναρρόφηση της σκόνης.

Βέβαια για να μην υπάρχουν τα αναγραφόμενα προβλήματα και θέματα σε ότι αφορά τις λειτουργίες των φίλτρων θα πρέπει να γίνονται και μια σειρά κινήσεων για να υπάρξουν και τα επιθυμητά αποτελέσματα, οι οποίες είναι τα εξής [2]:

- Θα πρέπει να γίνονται οι σωστές συντηρήσεις στα φίλτρα αναρρόφησης της σκόνης σύμφωνα με τον κατασκευαστή όπως πχ έλεγχο στο κατά πόσο ή μη έχει σκόνη εντός του φίλτρου. Όπως έχει ειδη αναφερθεί υπάρχουν οι προγραμματισμένες και οι μη προγραμματισμένες συντηρήσεις, οι οποίες αφορούν τις συντηρήσεις των φίλτρων. Στις προγραμματισμένες συντηρήσεις βγαίνουν εβδομαδιαία προγράμματα συντηρήσεων όπως είναι και τα γρασαρίσματα των μειωτήρων των κινητήρων τόσο του ανεμιστήρα του φίλτρου όσο και της βίδας ή της ανέμης του. Φυσικά αυτές οι εργασίες υλοποιούνται από εξειδικευμένο προσωπικό του εργοστασίου ή μη.
- Να γίνονται οι σωστοί έλεγχοι – επιθεωρήσεις στα διάφορα μέρη, τα οποία συμμετέχουν για τη σωστή λειτουργία των φίλτρων αναρρόφηση της σκόνης. Όπως και οι συντηρήσεις έτσι και οι έλεγχοι – επιθεωρήσεις γίνονται από

εξειδικευμένο προσωπικό ανά τακτά χρονικά διαστήματα με τη βοήθεια οργάνων μέτρησης όπως είναι η θερμοκάμερα ή το καταγραφικό ισχύος κλπ. Οι μετρήσεις που παίρνονται κατά τη διάρκεια των μετρήσεων αναλύονται και αξιολογούνται κατάλληλα. Από τα αποτελέσματα βγαίνουν συμπεράσματα για τη λειτουργική συμπεριφορά του μηχανήματος. Μετά από την αξιολόγησή τους λαμβάνονται αποφάσεις από το προσωπικό της εταιρίας για τις μετέπειτα κινήσεις, της οποίες θα πρέπει να κάνουν και οι οποίες θα υλοποιηθούν σε ανάλογο χρονικό διάστημα και σύμφωνα με το κατά πόσο ή μη είναι σημαντικό το πόρισμα, το οποίο βγαίνει από τις αντίστοιχες μετρήσεις. Μετά από την αξιολόγηση, οι μετρήσεις αποθηκεύονται και έτσι χρησιμοποιούνται και ως το ιστορικό του μηχανήματος. Έτσι η λειτουργική συμπεριφορά του μηχανήματος είναι γνωστή στο πέρασμα του χρόνου. Εκτός από το αρχείο που κρατείτο για την λειτουργική συμπεριφορά του μηχανήματος που αφορά το στάδιο των ελέγχων – επιθεωρήσεων υπάρχει και το αντίστοιχο αρχείο που αφορά τις συντηρήσεις των μηχανημάτων αυτών.

Αν γίνονται τα αναγραφόμενα τότε θα υπάρξουν και τα επιθυμητά αποτελέσματα, τα οποία είναι η σωστή λειτουργία των φίλτρων με όσο το δυνατόν λιγότερα προβλήματα δηλαδή με το να μην διαρρέει η σκόνης εκτός αυτών στο περιβάλλον από την καμινάδα τους. Κάτι τέτοιο έχει διπλή συνέπεια δηλαδή συνέπεια τόσο για την ανθρώπινη υγεία όσο και για το ίδιο το περιβάλλον. Εκτός αυτών θα έχει και ως αντίκτυπο και στην εξοικονόμηση ενέργειας, η οποία αφορά τόσο στην επιστροφή της σκόνης εντός της παραγωγής όσο και από οικονομικής πλευράς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] TITAN, <http://www.titan.gr/el/news-media/how-we-make/how-we-make-cement/>
- [2] HALYPS, αναφορές εργαζομένων
- [3] Ανδρίτσος Ν., (2016) Τεχνολογία Βιομηχανικής Αντιρρύπανσης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Σημειώσεις μαθήματος ΜΗΧΒ119 e-class, <http://eclass.uth.gr/eclass/courses/MHXB119/>
- [4] ΣΟΛΔΑΤΟΣ, http://www.soldatos.gr/html/sxedia_en.html
- [5] RECYCLE EKO, <http://www.recycle.com.mk/BagFilter.aspx>
- [6] ANEA ΦΙΛ, http://www.vrisko.gr/advdetails/266e371ca0de_d6e6j_dch4241_2cg_74e0kd1b17h5kdb6g3g5_b0423f_27a6d
- [7] PAXAA , http://www.paxaa.com/img/sliders/IMG_8460.jpg
- [8] ESA ELECTRONIC ENGINEERING S.R.L., (2004), Manual Electronic Control System
- [9] TEXNKOM ENGINEERING, <http://texkom.gr/language/en/edra/>
- [10] ΚΑΠΟΥΡΑΝΗΣ, <http://kapouranis.eu/Administrator/uploads/userpics/OutPostImages/images/Koxlias.jpg>
- [11] ΠΥΡΟΤΕΧΝΙΚΗ, <http://www.skartados.gr/autokatharizomena-sakkofiltra/>
- [12] FLUKE, (2006), Manual Fluke 1735 Three-Phase Power Logger
- [13] ITALCEMENTI GROUP, (2005), Ηλεκτρολογικά σχέδια Finish Mill 5 Conv. AT05
- [14] FLUKE, <http://www.fluke.com/fluke/iden/Power-Quality-Tools/Three-Phase/Fluke-1735.htm?PID=56028>

[15] James H. Turner, John D. McKenna, John C. Mycock, Arthur B. Nunn, William M. Vatavuk, (1998) « Particulate Matter Control , Έκδοση 6^η »

[16] Anval, http://www.anval.net/en_RFSSeries.html