

---

***Μικρόβια: βακτήρια-ιοί-  
μύκητες στους εσωτερικούς  
χώρους και αντιμετώπιση***

Κ.Μ. Βασάλος

# Αερομικροβιολογία

Είναι η μελέτη των μικροβίων, τα οποία συναντώνται στον ατμοσφαιρικό αέρα



*Pasteur, 1860*

# Νοσήματα που μεταδίδονται στον άνθρωπο

## αερογενώς

### Παραδείγματα

Νοσήματα ανθρώπου	Παθογόνοι οργανισμοί
	<b>Βακτήρια</b>
Φυματίωση	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
Πνευμονικός άνθρακας	<i>Bacillus anthracis</i>
Λεγιονέλλωση	<i>Legionella</i> spp
Κοκκύτης/ Διφθερίτιδα	<i>B. pertussis/ C. diphtheriae</i>
	<b>Μύκητες</b>
Ασπεργίλλωση	<i>Aspergillus</i> spp.
Ιστοπλάσμωση	<i>Histoplasma capsulatum</i>
	<b>Ιοί</b>
Γρίπη	ιός της γρίπης
Κοινό κρυολόγημα	ρινοϊοί
Ανεμευλογιά	ερπητοϊός

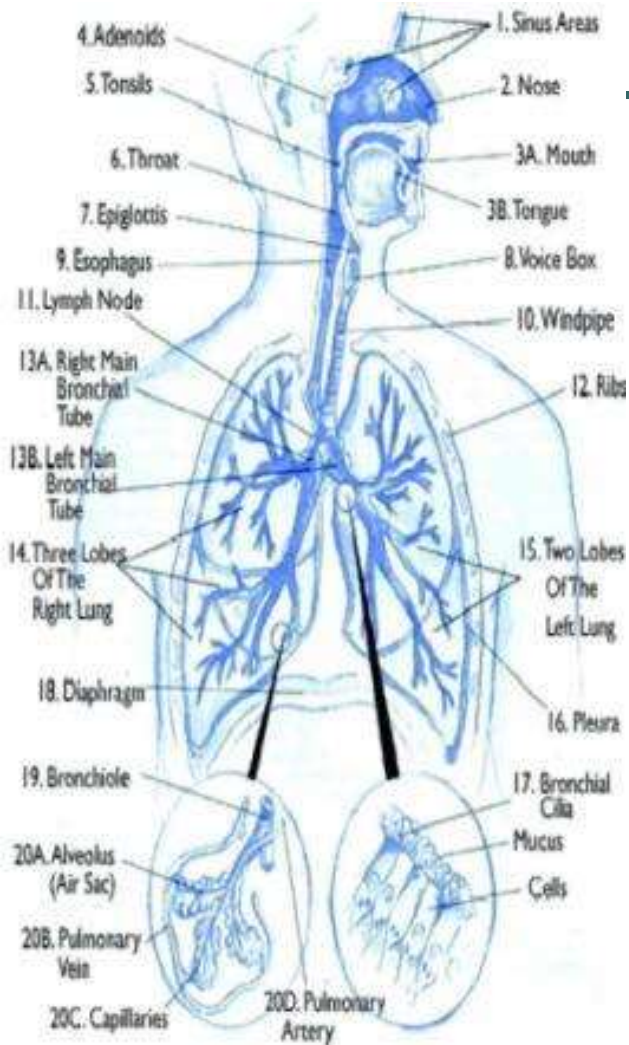
# Μολυσματικότητα

---

Στον άνθρωπο η έναρξη κάποιων ασθενειών απαιτεί μόνο μικρές μολυσματικές δόσεις

Σύμφυτη με τη διαδικασία λοίμωξης που αρχίζει με την εισπνοή μολυσμένων σταγονιδίων πυρήνων είναι η περιοχή εναπόθεσης μέσα στο αναπνευστικό

# Επίδραση στον άνθρωπο -Μέγεθος μικροοργανισμών-

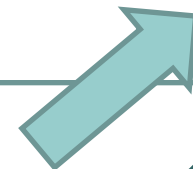


Σπόρια  
|  
μυκήτων

1 μm

*Escherichia coli*

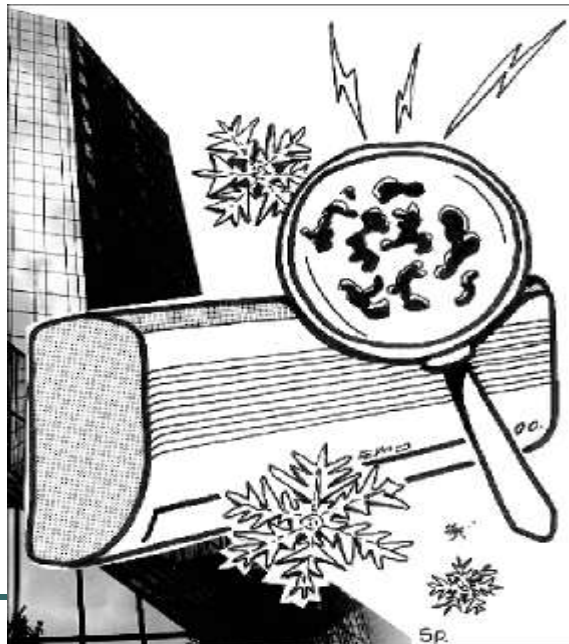
Ιός γρίπης



# Ασθένεια Σχετιζόμενη με το Κτίριο (Building Related Illness - BRI)

"τα συμπτώματα της διαγνωσθείσας ασθένειας αναγνωρίζονται και μπορούν να αποδοθούν απευθείας σε αερογενείς μολυσματικούς παράγοντες του κτιρίου."

US EPA



**Η νόσος των λεγεωνάριων** προκαλείται από ένα είδος βακτηριδίου που ονομάζεται **Legionella**. Το βακτηρίδιο ονομάστηκε έτσι το 1976, όταν πολλά από τα άτομα που συμμετείχαν σε συνέδριο της ένωσης Αμερικανών βετεράνων American Legion στη Φιλαδέλφεια των ΗΠΑ, προσβλήθηκαν από ξέσπασμα της νόσου αυτής, μια μορφή πνευμονίας.

νόσος λεγεωναρίων, 1976

# Σύνδρομο Άρρωστου Κτιρίου (Sick Building Syndrome- SBS)

"οι ένοικοι ενός κτιρίου παρουσιάζουν έντονες διαταραχές στην υγεία και δυσφορία, οι οποίες φαίνεται ότι συνδέονται με το χρόνο παραμονής τους στο κτίριο, ενώ δεν μπορούν να αποδοθούν σε καμιά ειδική ασθένεια."

US EPA

*Finnegan et al.,  
1984*

# Σύνδρομο άρρωστου κτιρίου



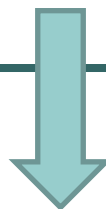


# Πολυπαραγοντική κατάσταση



## Αβιοτικοί παράγοντες

- ✓ Φυσικοί παράγοντες
  - Θερμοκρασία
  - Υγρασία
  - Κινητικότητα του αέρα
- ✓ Χημικοί παράγοντες
  - Volatile Organic Compounds



## Βιοτικοί παράγοντες

- Μικροοργανισμοί
- Αλλεργιογόνα
- Μικροβιακές



## Ψυχολογικοί παράγοντες (?)

- Βακτήρια
- Μύκητες
- Ακάρια

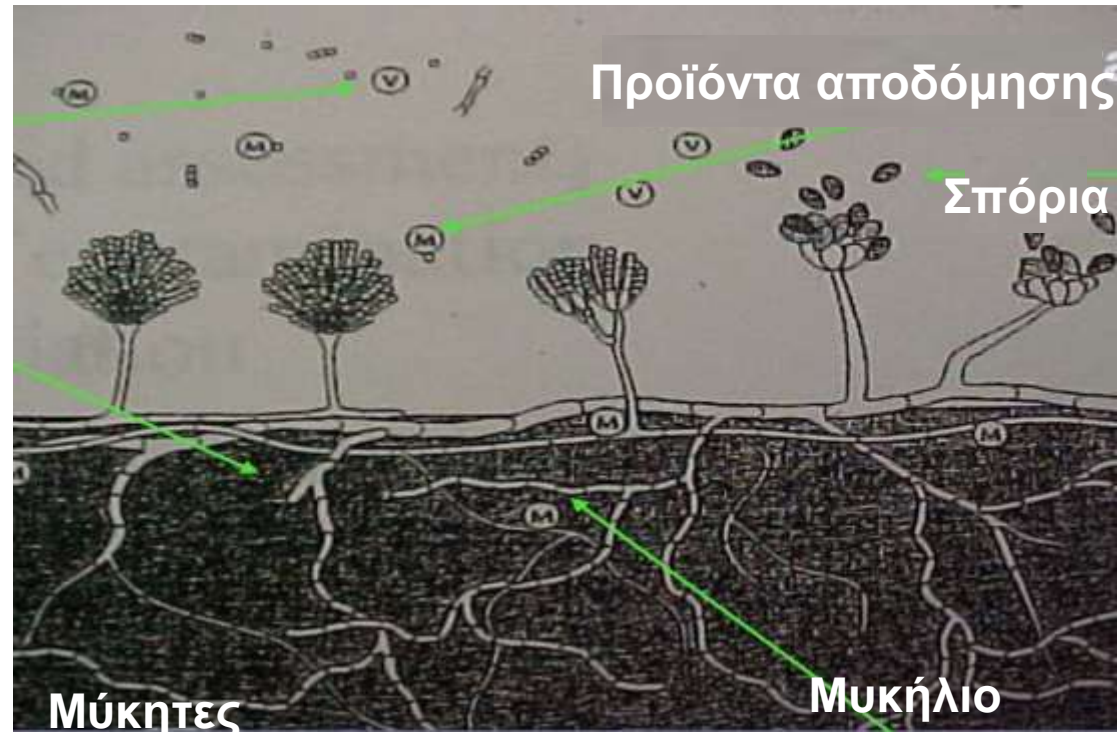


Gram-negative rods

**MVOCs** (Microbial Volatile Organic Compounds)  
3-methylfuran, ethyl-isobutyrate, etc

Πτητικές ουσίες  
(Microbial Volatile Organic Compounds)

Υφές



Μύκητες

Μυκήλιο

# Μύκητες

Τρεις βιοχημικά χαρακτηριστικά των μυκήτων έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε σχέση με την ανθρώπινη υγεία:

- τα κυτταρικά τους τοιχώματα περιέχουν (1->3)-β-D-glucane, μία ένωση που μπορεί να προκαλέσει φλεγμονή.
- τα σπόρια και το μυκητήριο περιέχουν αλλεργιογόνα.
- τα σπόρια ορισμένων ειδών περιέχουν χημικές ουσίες με χαμηλό μοριακό βάρος που είναι κυτταροτοξικές ή έχουν άλλες τοξικές ιδιότητες, όπως οι σατρατοξίνες και οι ατρανόνες που παράγονται από τον *Stachybotrys chartarum*.

# Η ανάπτυξη μικροβίων μέσα σε ένα κτίριο

---

- Παρουσία θρεπτικών ουσιών
  - κατάλληλη θερμοκρασία
  - επαρκή ποσότητα νερού
- Τα δύο πρώτα στοιχεία που βρίσκονται συνήθως στο εσωτερικό περιβάλλον, συνεπώς η μικροβιακή ανάπτυξη συνήθως προκύπτει από ένα πρόβλημα υγρασίας

# Παθογένεια

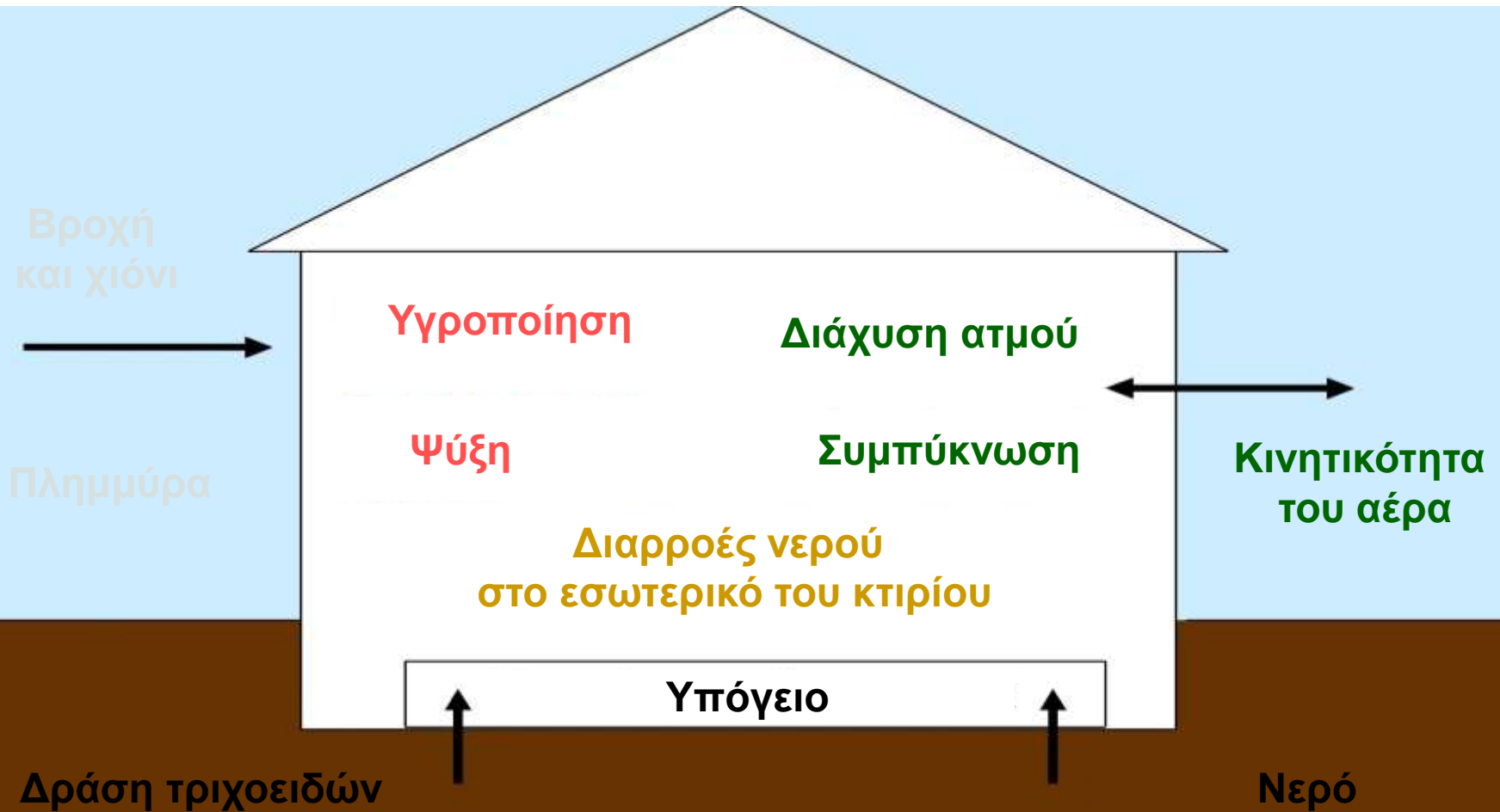
- Στατιστικά σημαντικά σχέση ανάμεσα σε **σπίτι με υγρασία** και ανάπτυξη άσθματος σε παιδιά (Jaakkola και συν, 2005)
- Φλεγμονώδης και κυτταροτοξική αντίδραση σε πειραματόζωα εκτεθειμένα σε μυκοτοξίνες (Rand και συν, 2005)

■ Jaakkola, J. J. K., Hwang, B. F., Jaakkola, N. 2005. Home dampness and molds, parental atopy, and asthma in childhood: a six-year population-based cohort study. *Environmental Health Perspectives*. 113: 357-361.

■ Rand, T. G., Giles, S., Flemming, J., Miller, J. D., Puniani, E. 2005. Inflammatory and cytotoxic responses in mouse lungs exposed to purified toxins from building isolated *Penicillium*

*brevicompactum* Dierckx and *P. chrysogenum* Thom. *Toxicological Sciences* 87: 213-222.

# Εισροές- εκροές



# Υγρασία

---

- συμπύκνωση του νερού επί των επιφανειών λόγω υπερβολικής υγρασίας, έλλειψης εξαερισμού ή χαμηλής θερμοκρασίας
- διαρροή νερού, για παράδειγμα που προκαλείται από ένα σπάσιμο σωλήνων
- διείσδυση του νερού από στέγη που τρέχει ή ρωγμές σε κάποιο υπόγειο
- πλημμύρα

## Damp building related illness (DBRI)

Πρόκειται για τις περιπτώσεις SBS που συνδέονται με βλάβες από νερό σε κατοικίες και χώρους εργασίας. Πλέον είναι κοινά αποδεκτή η σύνδεση μεταξύ υγρασίας και προβλημάτων υγείας.

Μη μολυσματικά σωματίδια, **μυκητιασικής** κυρίως προέλευσης, **εάν εισπνευσθούν** μπορούν να προκαλέσουν νόσηση πυροδοτώντας μια μη φυσιολογική ανοσιακή απάντηση.

Εξ ορισμού η DBRI περιλαμβάνει την αλλεργική κυψελίτιδα (Hypersensitivity Pneumonitis - HP) και την πνευμονική μυκοτοξίκωση (Pulmonary Mycotoxicosis- PM), εφόσον αυτές οφείλονται σε υγρά κτίρια.



# Διερεύνηση (I)

Βήμα	Τύπος διερεύνησης	Προτεινόμενο πρόσωπο	Ενέργειες (παραδείγματα)
1	Επιτόπια επισκόπηση και χρήση ερωτηματολογίου	Υπεύθυνος ασφαλείας	Ενημέρωση, επικοινωνία με τους ειδικούς
2	Τεχνική επιθεώρηση	Τεχνική υπηρεσία	Συντήρηση μηχανημάτων



## Διερεύνηση (II)

Βήμα	Τύπος διερεύνησης	Προτεινόμενο πρόσωπο	Ενέργειες (παραδείγματα)
3	Διαπίστωση εξαερισμού και συνθηκών περιβάλλοντος	Επόπτης υγείας	Αύξηση ροής εξαερισμού
4	Ιατρική διερεύνηση, εργαστηριακή διερεύνηση μικροοργανισμών	Ιατρός / υγιεινολόγος	Ανάλογα με τα εργαστηριακά ευρήματα



## Μικτή ομάδα: Μηχανικοί/ Επαγγελματιών Υγείας

- Μηχανικοί για τη μέτρηση, δειγματοληψία, και τήρηση των οδηγιών
- Ιατροί για την ερμηνεία από ιατρικής απόψεως των συμβαμάτων
- Επιστημονική επιτροπή για την επεξεργασία μεθοδολογίας για τον μικροβιακό ποιοτικό έλεγχο του εσωτερικού χώρου

# Έλεγχος της υγρασίας - Συστάσεις

- να γίνεται τακτικός έλεγχος για τυχόν ύπαρξη υγρασίας στα κτίρια
- να επισκευάζεται γρήγορα οποιαδήποτε διαρροή ή διείσδυση νερού για να εμποδίζουν την ανάπτυξη μούχλας
- να καθαρίζεται καλά τυχόν μούχλα που αναπτύσσεται σε κτίρια, είτε είναι εμφανής, είτε όχι

# Μικροβιολογικός έλεγχος αέρα Ενεργητική δειγματοληψία

## Αεροβιοσυλλέκτης Κυκλώνας αερίου



Μέτρηση  
CFU (αποικιών)/μονάδα όγκου



Κυκλώνας διαδοχικής συλλογής (cascade cyclones)

# Μικροβιολογικός έλεγχος αέρα Παθητική δειγματοληψία

## Ανοικτά τρυβλία



Μέτρηση CFU (αποικιών)/μονάδα επιφάνειας/χρόνο  
δειγματοληψίας

## Σχήμα δειγματοληψίας αέρα

Χώροι	Σημεία	Συχνότητα
Βιομηχανία Φαρμάκων	Καθαροί χώροι (παραγωγή ενεσίμων)	Κάθε ημέρα
Βιομηχανία Τροφίμων	Παραγωγή	Κάθε εβδομάδα
Χώροι Νοσοκομείου	Υψηλού κινδύνου	Κάθε 15 ημέρες
	Χαμηλού κινδύνου	Κάθε 30 ημέρες
Κέντρο Υγείας	Εξεταστήριο	Κάθε 90 ημέρες

# Ποιότητα εσωτερικού αέρα: όρια


Country, Organization	Number of Culturable Organisms as Colony Forming Units (cfu m <sup>-3</sup> )		
	Bacteria	Fungi	Total Bioaerosols (Bacteria + Fungi)
Brazil		750	
Canada		150 <sup>a</sup>	
China	2500 to 7000 <sup>b</sup>		
Finland	4500		
Germany	10000	10000	
Korea			800
Portugal		500	
Netherlands	10000		10000
Norway		NS <sup>c</sup>	
Russia		2000 to 10000 <sup>d</sup>	
Switzerland	10000 <sup>e</sup> 1000 <sup>f</sup>	1000	
USA	--- <sup>g</sup>	--- <sup>g</sup> 1000	--- <sup>g</sup>
WHO	500		
European Union	10000 <sup>h</sup> 2000 <sup>i</sup>	10000 <sup>h</sup> 2000 <sup>i</sup>	

Η κάθε χώρα βάζει τα όικά της όρια! αλλο επιηρασ  
τεχνολογίας,



# Υφιστάμενα όρια ΠΟΥ για μικροβιακό φορτίο νοσοκομειακού περιβάλλοντος

Χώροι νοσοκομείου	Αριθμός CFU (αποικιών) μικροβίων/m <sup>3</sup> αέρα	Επίπεδο
Χειρουργείο	< 10	I
Ειδικοί θάλαμοι		
Εργαστήρια		
Σηπτικό χειρουργείο	< 200	II
Αίθουσα τοκετών		
Αίθουσα νεογνών		
Κεντρική μονάδα αποστείρωσης		
Θάλαμοι ασθενών	> 200- 250	III



# Προτεινόμενα όρια από EU GMP\*

Βαθμός καθαρότητας	CFU(αποικίες)/m <sup>3</sup>
<b>A</b>	<b>&lt; 1</b>
<b>B</b>	<b>10</b>
<b>C</b>	<b>100</b>
<b>D</b>	<b>200</b>



\*European Union Good Manufacturing Practice

# Αερογενής μετάδοση σε θάλαμο νοσοκομείου (κλιματιζόμενο χώρο)

Εκροή: Αντίθετη από τη σωστή φορά

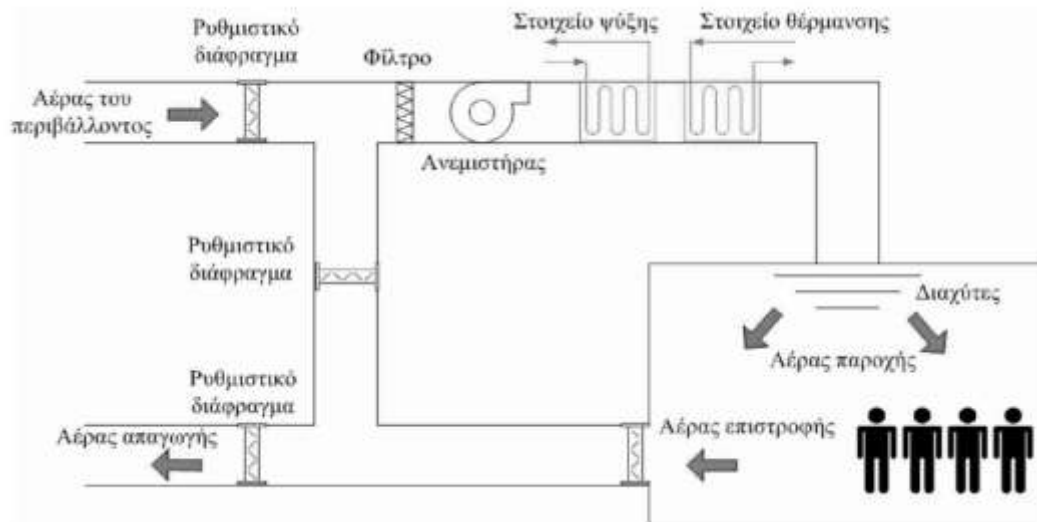
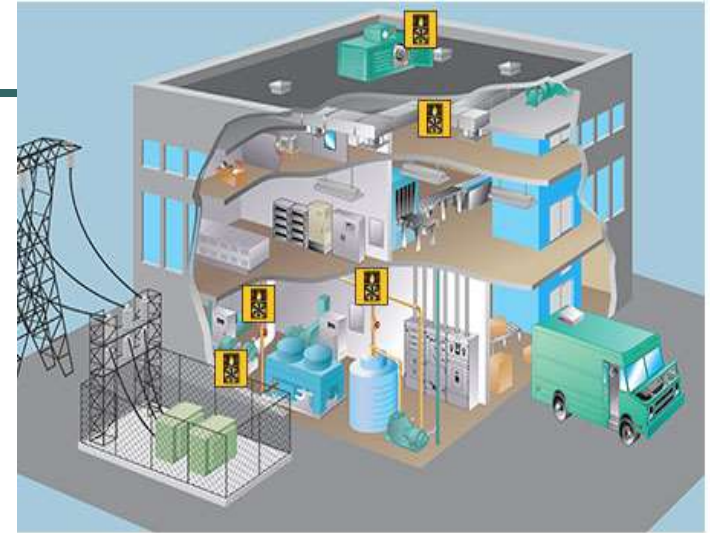


S: patient source  
R: patient target

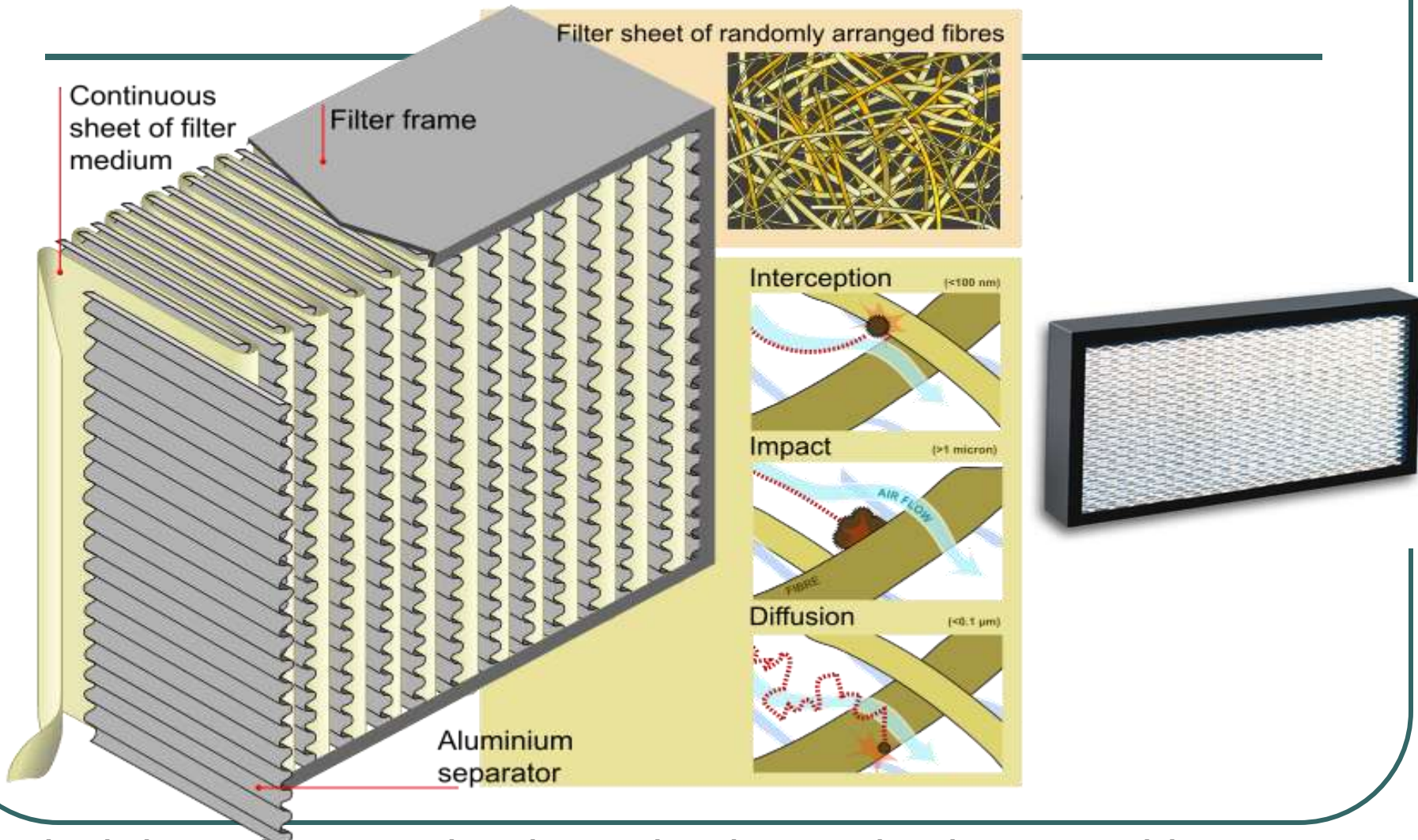
# Heating Ventilation Air Conditioning (HVAC)

Συστήματα θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού

- Ανταλλαγή αέρα
- Διατήρηση σταθερής σχετικής υγρασίας
- Ανακύκλωση αέρα/ χρήση φίλτρων



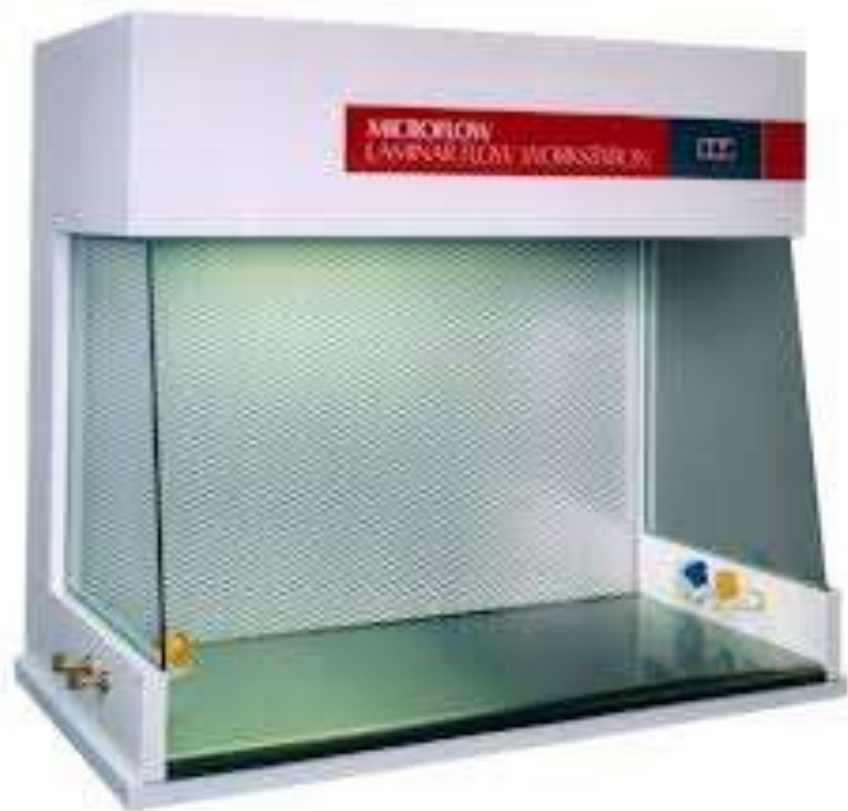
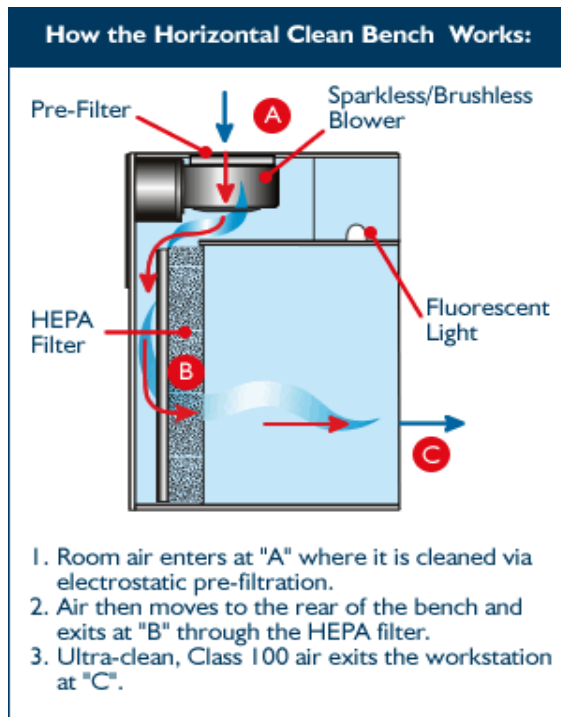
# High Efficiency Particle Arresting (HEPA) filter



Νηματική ροή αέρα και φίλτρα σωματιδίων αέρα υψηλής απόδοσης από υαλόνημα με πυκνή ύφανση  
το φιλτράρισμα πρέπει να συγκρατεί το 90% των σωματιδίων μεγέθους  $> 0,5\mu\text{m}$  στον αέρα αναπλήρωσης

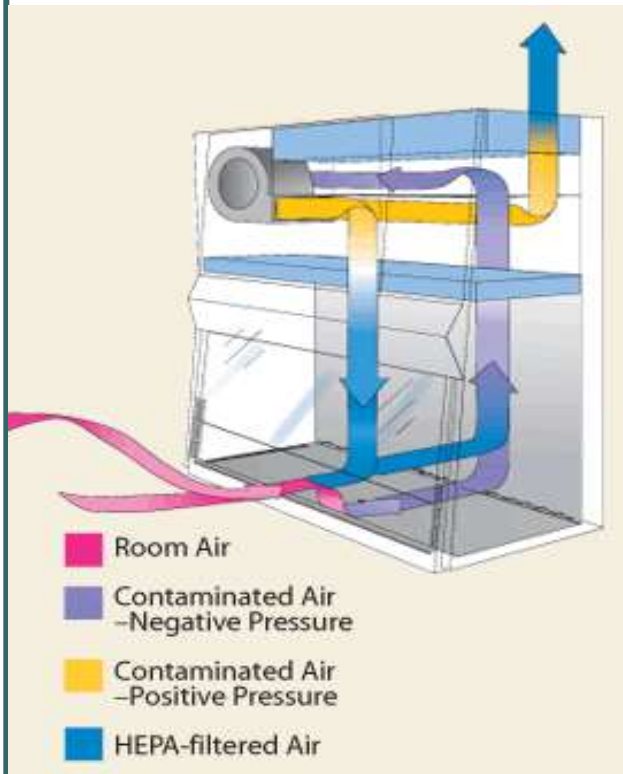
# Θάλαμοι νηματικής ροής

## Laminar flow biological safety cabinets

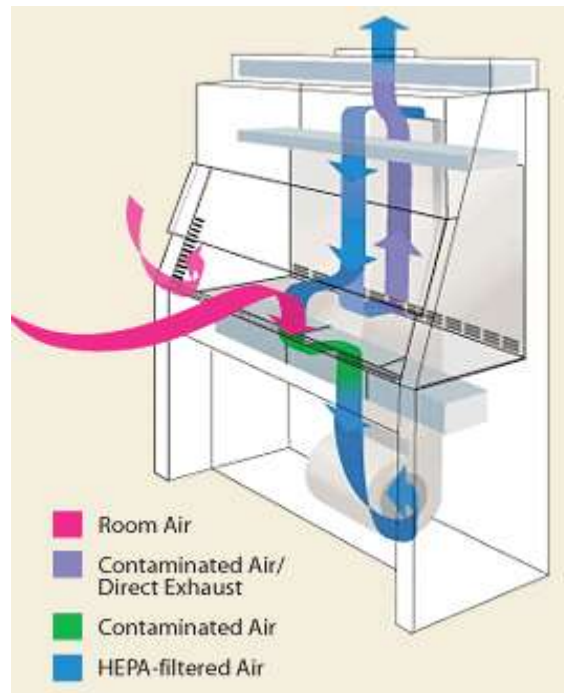


Class I

# Laminar flow biological safety cabinets



Class II, Type A2



Class II, Type B1



# Ασφάλεια προσωπικού εργαστηρίου

---

Biosafety Laboratory (BSL) levels :

- BSL 1
- BSL 2
- BSL 3
- BSL 4



# Επίπεδο 1 (BSL 1)

---



# Επίπεδο 2 (BSL 2)

Laminar flow cabinet



# Επίπεδο 3 (BSL 3)

- HEPA φίλτρο για ολόκληρο το χώρο
- Laminar flow cabinet
- Ατομική προστασία



# Επίπεδο 4 (BSL 4)



Ατομικός αερισμός



Doctors display collected samples of the Ebola virus at the Centre for Disease Control in Entebbe, Uganda. Photograph: Reuters

# Στόχοι

---

- Πρόληψη των αερογενώς μεταδιδόμενων νοσημάτων
- Σχέδιο δράσης σε περίπτωση επιδημίας ή πανδημίας από κάποιο αερογενώς μεταφερόμενο παθογόνο (πχ SARS, H1N1, MERS)

# Απαιτήσεις καλού αερισμού

Χώροι	L/sec ανά άτομο
Τραπεζαρία	10
Δωμάτιο ξενοδοχείου	15 L/sec ανά δωμάτιο
Γραφείο, αίθουσα συνεδριάσεων	10
Καπνιστήριο	30
Καταστήματα	1,0-1,5 L/ (sec x m <sup>2</sup> )
Αμφιθέατρο	8
Σχολική αίθουσα	8
Θάλαμος νοσοκομείου	13
Οικιακοί χώροι	Αλλαγή του 33% του αέρα ανά ώρα, > 7,5 L/sec ανά ένοικο

---

ευχαριστώ