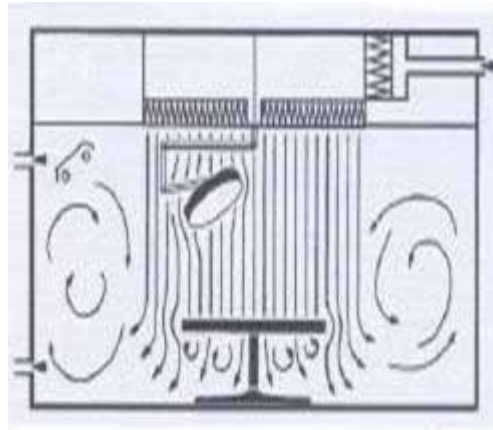




**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ ΣΕ ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΑ**



**ΑΝΑΣΤΟΠΟΥΛΟΣ Γ. ΦΩΤΙΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΨΗ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΤΖΙΒΑΝΙΔΗΣ, ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΕΜΠ**

**ΑΘΗΝΑ 2008**



... στη μνήμη  
του πατέρα μου



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

A.1	Εισαγωγή	1
A.1.1	Γενικές πληροφορίες	1
A.1.2	Διάρθρωση εργασίας	3
A.2	Διεθνείς κανονισμοί και πρότυπα	5
A.2.1	Παρουσίαση διεθνών κανονισμών	5
A.2.2	Παρουσίαση της ISO 14644	10
A.2.3	Κανονισμοί θερμικής άνεσης	18
A.3	Διάταξη χώρου και εσωτερικές συνθήκες	21
A.3.1	Διάταξη χώρου	21
A.3.2	Εσωτερικές συνθήκες	27
A.4	Κλιματισμός	37
A.4.1	Διαχειριζόμενες μονάδες αέρα (AHU)	38
A.4.2	Συστατικά μέρη μιας AHU	44
A.4.3	Κατανομή αέρα	54
A.4.4	Έλεγχοι	62
A.4.5	Συντήρηση	64
A.5	Εγκαταστάσεις ιατρικών αερίων και κενού	67
A.5.1	Κεντρική εγκατάσταση οξυγόνου και πρωτοξειδίου του αζώτου	67
A.5.2	Κεντρικό δίκτυο κενού	69
A.5.3	Στοιχεία για μελέτη εγκαταστάσεων ιατρικών αερίων και κενού	70
A.6	Εξοικονόμηση ενέργειας	79
A.6.1	Γενικά	79
A.6.2	Εξοπλισμός για διατήρηση της ενέργειας	81
A.6.3	Σύστημα αφύγρανσης με τροχό	83
A.7	Προβλήματα σε HVAC συστήματα	85
B.1	Περιγραφή των ελέγχων χειρουργείων	91
B.2	Μελέτες χειρουργείων	95
B.2.1	Νοσοκομείο 1	95
B.2.2	Νοσοκομείο 2	103
B.2.3	Νοσοκομείο 3	112
B.2.4	Νοσοκομείο 4	121
B.2.5	Νοσοκομείο 5	129
B.2.6	Νοσοκομείο 6	137
B.2.7	Νοσοκομείο 7	146
B.2.8	Νοσοκομείο 8	154
B.2.9	Νοσοκομείο 9	162
B.2.10	Νοσοκομείο 10	170
Γ.1	Έλεγχος χειρουργείων Ευαγγελισμού	177
Γ.1.1	Μέτρηση παροχών και ταχυτήτων αέρα	177
Γ.1.2	Έλεγχος ΔΡ και μέθοδος διακρίβωσης οργάνων	187
Γ.1.3	Μικροσωματιδιακό φορτίο	195
	Βιβλιογραφία	211



## **A.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **A.1.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ**

Η ποιότητα περιβάλλοντος στους εσωτερικούς χώρους των χειρουργείων των νοσοκομείων επηρεάζει τις συνθήκες εργασίας, την ασφάλεια και την υγεία του προσωπικού των νοσοκομείων, που εργάζονται σε αυτό το περιβάλλον. Η ποιότητα των συνθηκών περιβάλλοντος στους εσωτερικούς χώρους, ως αποτέλεσμα της ανεπαρκούς και ανασφαλούς λειτουργίας των χειρουργείων, παίζουν καθοριστικό ρόλο για την υγεία του προσωπικού και των ασθενών, οι οποίοι είναι περισσότερο ευάλωτοι σε πιθανά προβλήματα που προέρχονται από την κακή ποιότητα του αέρος και των εσωτερικών συνθηκών.

Οι εργαζόμενοι στα χειρουργεία εξαιτίας της φύσεως της δουλειάς τους, είναι πιο πιθανό να αντιμετωπίσουν κινδύνους μόλυνσεων, καθώς εκτίθενται σε μικρόβια τα οποία ενδεχομένως να μεταφέρονται μέσα στα χειρουργεία από τους ασθενείς. Επίσης εκτίθενται σε χημικούς παράγοντες (αναισθητικά και φαρμακευτικά αέρια) που ενδέχεται να απελευθερωθούν κατά τη διάρκεια της εγχείρησης καθώς επίσης και σε στατικό ηλεκτρισμό από τη χρήση του ιατρικού εξοπλισμού.

Ο αέρας πρέπει να είναι αποστειρωμένος μέσα στα χειρουργεία και να βρίσκεται υπό σταθερή θερμοκρασία και υγρασία. Η ροή του αέρα είναι τέτοια ώστε να αποφεύγονται οι δίνες και οι στροβιλισμοί, που ευνοούν την ανακύκλωση των μικροβίων και ενδέχεται να διακόψουν τις διαδικασίες της εγχείρησης.

Οι κατάλληλες συνθήκες (θερμικές, οπτικές και ακουστικές) καθώς και η ποιότητα του αέρα ενός εσωτερικού χώρου είναι προαπαιτούμενα στοιχεία που καθορίζουν ένα ασφαλές και κατάλληλο περιβάλλον στα χειρουργεία. Οι συνθήκες αυτές μπορούν να επιτευχθούν με κατάλληλη σχεδίαση, εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση ενός ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (HVAC SYSTEMS) καθώς και με το φωτισμό του χώρου.

Η γενική εικόνα των ελληνικών νοσοκομείων είναι σχετικά άσχημη. Η πλειοψηφία των νοσοκομείων στηρίζεται σε πεπαλαιωμένες εγκαταστάσεις. Τα περισσότερα ελληνικά νοσοκομεία ανήκουν στο δημόσιο και εξυπηρετούν περίπου το 80% του ελληνικού πληθυσμού. Το σύνολο των χειρουργείων που διαθέτουν τα ελληνικά νοσοκομεία είναι σχετικά μικρό και στις περισσότερες περιπτώσεις ο διαθέσιμος χώρος αποτελεί πρόβλημα. Παράλληλα ο αριθμός των ασθενών είναι αναλογικά υψηλός, προσθέτοντας έτσι ένα επιπλέον φορτίο για τις συνθήκες των χειρουργείων

Οι συνθήκες που επικρατούν στα χειρουργεία όπως διαπιστώθηκε από τον έλεγχο των 20 χειρουργείων σε 10 νοσοκομεία, είναι προβληματικές. Οι επιπτώσεις στην υγεία των ατόμων εξαιτίας του ακατάλληλου αέρα στο εσωτερικό των χειρουργείων, δεν είναι άμεσα προφανείς. Εξαιρούνται κάποιες μόλυνσεις που αποκαλύπτουν το άμεσο πρόβλημα. Οι εργαζόμενοι μπορεί να μην είναι ενήμεροι ώστε να πάρουν τα απαραίτητα μέτρα προστασίας αλλά και η διεύθυνση του νοσοκομείου δεν ανησυχεί πάντα ώστε να χρηματοδοτήσει και να ανακαινίσει τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του νοσοκομείου. Γενικά οι νέες εγκαταστάσεις των νοσοκομείων, στις περισσότερες των περιπτώσεων, ταυτίζονται με τις επιθυμητές συνθήκες των εσωτερικών χώρων για την υγεία και την ασφάλεια σύμφωνα με τους κανονισμούς.

Τα ελληνικά νοσοκομεία και κλινικές απαριθμούνται σε 362 κτίρια (δεν συμπεριλαμβάνονται τα στρατιωτικά νοσοκομεία) με συνολική χωρητικότητα της τάξεως των 51.788 κλινών. Απασχολούνται 18.763 ιατροί και 37.476 άτομα ως προσωπικό. Πάνω από το 30% του συνόλου, γύρω στις 118 εγκαταστάσεις, βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας (σύμφωνα με την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία). Μερικές πληροφορίες σχετικές με την κατανομή των εργαζομένων στα ελληνικά νοσοκομεία παρουσιάζονται στον πίνακα 1.1 .

Πίνακας 1.1 Αριθμός εγκαταστάσεων κλινών και προσωπικού

	Αριθμός Εγκαταστάσεων	Αριθμός Κλινών	Αριθμός Ιατρών	Αριθμός Προσωπικού
Χώρα	362	51.788	18.763	37.476
Δημόσια	144	36.763		
Ιδιωτικά	218	15.052		
Ευρύτερη Περιοχή Αθηνών	118	24.489	10.141	17.175
Δημόσια	42	16.457		
Ιδιωτικά	75	8.032		

Περίπου το 50% του συνολικού αριθμού των ιατρών εργάζονται στα χειρουργεία ως χειρουργοί ή έχουν άλλες ειδικότητες (αναισθησιολόγοι). Επίσης το 10% του ιατρικού προσωπικού εργάζεται στα χειρουργεία. Αναλόγως ο αριθμός των εργαζομένων (ιατροί και προσωπικό) που απασχολούνται στα χειρουργεία παρουσιάζεται στον πίνακα 1.2 . Ο συνολικός αριθμός των εργαζομένων που απασχολούνται στα χειρουργεία υπερβαίνει τις 13.000, ποσοστό που αντιπροσωπεύει το 23% του συνολικού αριθμού των εργαζομένων στο σύστημα υγείας.

Πίνακας 1.2 Κατανομή εργαζομένων στα χειρουργεία

	Ιατροί	Προσωπικό	Σύνολο
Χώρα			
Εγκαταστάσεις Υγείας	18.763	37.476	56.239
Χειρουργεία	9.380	3.750	13.130
Ευρύτερη Περιοχή Αθηνών			
Εγκαταστάσεις Υγείας	10.141	17.175	27.316
Χειρουργεία	5.070	1.720	6.790

Τα στατιστικά αυτά στοιχεία μαρτυρούν την αναγκαιότητα επίτευξης ιδανικών συνθηκών αέρος στους εσωτερικούς χώρους των χειρουργείων, γεγονός που θα εξασφαλίσει κατάλληλες συνθήκες εργασίας και αυτό θα οδηγήσει σε επιτυχημένες χειρουργικές επεμβάσεις.



### A.1.2 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η εργασία αυτή αποτελείται από τρία μέρη. Το μέρος Α όπου περιλαμβάνει τη δημιουργία επιθυμητών συνθηκών θερμικής άνεσης, το σχεδιασμό και τη λειτουργία των εγκαταστάσεων HVAC (εγκαταστάσεις ψύξης-θέρμανσης-κλιματισμού), τον έλεγχο, τη συντήρηση και την εξοικονόμηση ενέργειας. Η παρουσίαση ξεκινά με μία εισαγωγή, όπου γίνεται αναφορά στο σκοπό της εργασίας και επιπλέον παρατίθενται στατιστικά στοιχεία που αφορούν στον αριθμό νοσοκομείων, κλινών και εργαζομένων στα χειρουργεία. Στο κεφάλαιο 2 γίνεται αναφορά στους υπάρχοντες διεθνείς κανονισμούς και πρότυπα, όσον αφορά το σχεδιασμό και τη λειτουργία των χειρουργείων, δίνοντας έμφαση στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, στις φυσικές παραμέτρους και στις συνθήκες άνεσης. Επίσης γίνεται σύγκριση ευρωπαϊκών κανονισμών (NF S 90-351, DIN 1946, ISO 14644-1 και FED STD 209 E). Το κεφάλαιο 3 σχετίζεται με τα προβλήματα που παρουσιάζονται στα χειρουργεία σε σχέση με τη λειτουργικότητα του χώρου και δίνονται παραδείγματα ορθών διατάξεων του χώρου σε ένα σύστημα χειρουργείων. Ακόμα σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μία λεπτομερής αναφορά των επιθυμητών εσωτερικών συνθηκών. Επίσης παρατίθενται οπτικό υλικό που επεξηγεί σωστές και λανθασμένες πρακτικές δημιουργίας επιθυμητών συνθηκών πίεσης και θερμοκρασίας.

Το κεφάλαιο 4 αποτελεί μία παρουσίαση των διαχειριζόμενων μονάδων αέρα, τις αρχές λειτουργίας και τα εξαρτήματα. Για την ορθή λειτουργία του συστήματος είναι απαραίτητο να λειτουργεί εξίσου καλά κάθε μονάδα ξεχωριστά. Απόλυτη λειτουργία σημαίνει ότι οι συνθήκες των εσωτερικών χώρων διατηρούνται σε επιθυμητά επίπεδα, με τη βέλτιστη κατανάλωση ενέργειας. Περιλαμβάνονται οδηγίες για διάφορες επιλογές ελέγχου και για συντήρηση. Το κεφάλαιο 5 αναφέρεται στις εγκαταστάσεις ιατρικών αερίων και κενού. Το κεφάλαιο 6 αναφέρεται στην κατανάλωση ενέργειας στα νοσοκομεία και ύστερα γίνεται αναφορά σε συστήματα και τεχνικές που αποσκοπούν στην εξοικονόμηση ενέργειας από τις ηλεκτρομηχανολογικές μονάδες. Το κεφάλαιο 7 συνοψίζει τα κύρια σημεία και τα συνδυάζει σε μία λίστα προβλημάτων, πιθανών επιπτώσεων και αιτιών που συνδέονται με ενέργειες αντιμετώπισης. Το θέμα συμπληρώνεται με ποικίλο οπτικό υλικό. Η παρουσίαση συνοδεύεται με μία λίστα προτάσεων που μπορούν να εφαρμοστούν στην πλειοψηφία των χειρουργείων.

Το μέρος Β παρουσιάζει πληροφορίες που συλλέχθηκαν πάνω στις παραμέτρους που επικρατούν στους εσωτερικούς χώρους των χειρουργείων. Οι έλεγχοι πραγματοποιήθηκαν σε 20 χειρουργεία 10 νοσοκομείων. Η επιλογή των νοσοκομείων έγινε με βάση την ημερομηνία κατασκευής, την ιδιοκτησία, τον τύπο και την κατάσταση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων. Στα ελεγχόμενα νοσοκομεία περιλαμβάνονται:

- Δημόσια
- Ιδιωτικά
- Παλαιές κατασκευές με εξίσου παλαιές εγκαταστάσεις
- Παλαιές κατασκευές με ανακαινισμένες ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις
- Καινούριοι χώροι με σύγχρονες εγκαταστάσεις
- Εξειδικευμένοι χώροι (καρδιακά κέντρα)

Ακόμα συμπεριλαμβάνεται και η τεκμηρίωση των διαδικασιών ελέγχου, έντυπα και παρακολούθηση του εξοπλισμού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη συλλογή πληροφοριών (πχ μετρήσεις θερμοκρασίας, υγρασίας κλπ).

Στο μέρος Γ παρουσιάζονται μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο νοσοκομείο 'Ευαγγελισμός'. Οι μετρήσεις αφορούν τους χώρους των χειρουργείων Νο 1,2,3,4,5,13 και 14. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι:

- CLASSIFICATION MEASUREMENTS σύμφωνα με ISO 14644 για χώρους C&D και GMP'S REVISION ANNEX-1 (m<sup>3</sup>) για χώρους A&B.

- BAY VELOCITY TEST ελέγχου παροχών στομίων ή φίλτρων για προσδιορισμό της αλλαγής των χώρων ή τα όρια ταχυτήτων των HEPA σύμφωνα με ISO 14644 B4.
- DIFFERENTIAL PRESSURE για τον έλεγχο ΔΡ μεταξύ των χώρων.

Η εργασία αυτή μπορεί να αποβεί χρήσιμη στο τεχνικό προσωπικό, στους τεχνικούς διευθυντές και τους μηχανικούς που σχετίζονται με το σχεδιασμό, την εγκατάσταση, τη λειτουργία και τη συντήρηση του εξοπλισμού των HVAC. Όλα αυτά έχουν ως σκοπό τη βελτίωση και τη διαχείριση των συνθηκών στους εσωτερικούς χώρους, τις συνθήκες υγιεινής και ασφάλειας των εργαζομένων και των ασθενών στα χειρουργεία των νοσοκομείων. Επίσης μπορεί να αποτελέσει ένα ενημερωτικό έντυπο για το προσωπικό των χειρουργείων.

## A.2 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΤΥΠΑ

### A.2.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΙΕΘΝΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μία λεπτομερής περιγραφή και σύγκριση των διεθνών κανονισμών που εφαρμόζονται κατά το σχεδιασμό χειρουργείων και γενικότερα των αποστειρωμένων χώρων. Όσον αφορά τους διεθνείς κανονισμούς για χειρουργεία ισχύουν τα παρακάτω:

Πίνακας 2.1: Ευρωπαϊκοί Κανονισμοί

<b>ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ</b>			
ΧΩΡΑ	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	ΕΛΒΕΤΙΑ	ΑΓΓΛΙΑ
ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ	DIN 1946	SKI (1987)	DHSS (1986)

Στον παρακάτω πίνακα έχουμε μία σύγκριση Γαλλικών, Γερμανικών, ISO και FED STD κανονισμών για αίθουσες χειρουργείων.

Πίνακας 2.2: Σύγκριση Γαλλικών, Γερμανικών, ISO και FED STD Κανονισμών

NF S 90-351	DIN 1946	ISO 14644-1	FED STD 209 E
Αίθουσες κλασικές	Αίθουσες κλάσης II ή κανονικές	8	100.000
Αίθουσα με «περιοχή προτιμητέα τυρβώδης»	Αίθουσες κλάσης I τύπου B με «υψηλό επίπεδο στειρότητας»	7	10.000
Αίθουσα με «περιοχή προτιμητέα νηματοειδής»	Αίθουσες κλάσης I τύπου A με «Πολύ υψηλό επίπεδο στειρότητας»	5	100

Οι βασικές αρχές διαχείρισης των επιπέδων μόλυνσης είναι σχεδόν ίδιες. Στηρίζονται κυρίως σε τέσσερα βασικά στοιχεία:

- Την καθαρότητα του αέρα,
- Την διατήρηση διαφορετικών πιέσεων (ΔΡ) μεταξύ κύριων και βοηθητικών χώρων,
- Τα επίπεδα προσαγωγής και ανανέωσης του αέρα και
- Τον τρόπο εξαγωγής του.

Ο ορισμός αυτών των στοιχείων είναι συνάρτηση του επιθυμητού επιπέδου καθαρότητας σε δεδομένο χώρο και των κινδύνων που διατρέχουν σε αυτό οι ασθενείς. Ουσιαστικά, δεν υφίσταται μία και μόνη τεχνική λύση και έτσι γίνεται αντιληπτό ότι για τον ίδιο στόχο οι απαιτήσεις ως προς τα χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων διαφέρουν ανά την Ευρώπη. Γενικά, υφίστανται δύο κατηγορίες χειρουργικών αιθουσών: οι κλασικές και οι αίθουσες υψηλού κινδύνου. Ενώ οι κανονισμοί για τις κλασικές αίθουσες βασικά δεν παρουσιάζουν αποκλίσεις, παρατηρούνται αποκλίσεις στις αίθουσες επεμβάσεων υψηλού κινδύνου. Για παράδειγμα η παροχή του αέρα με νηματική ροή ενδείκνυται να είναι της τάξεως των 10.000 m<sup>3</sup>/h στην Ελβετία και την Αγγλία. Το ίδιο ισχύει και στην Γαλλία για τις αίθουσες υψηλού κινδύνου. Αντιθέτως στις αντίστοιχες αίθουσες της Γερμανίας ενδείκνυται πιο αδύναμη παροχή αέρα.

Ο Γαλλικός κανονισμός δεν προβλέπει τη συγκεκριμένη λύση όσον αφορά την κατασκευή αυτών των χώρων. Η ροή του αέρα είναι τυρβώδης ή νηματική, με καθορισμένη την ελάχιστη επιβαλλόμενη ταχύτητα εξόδου και κατά συνέπεια σημαντική προσαγωγή αέρα ως προς προστατευόμενη επιφάνεια. Όταν η ροή του αέρα είναι νηματική κάθετα, η μέση ταχύτητα ροής είναι της τάξεως των 0,4 m/s και 0,5 m/s, εάν η ροή είναι νηματική οριζόντια. Η προτιμητέα νηματική ροή είναι κατάλληλη για αποστειρωμένο περιβάλλον, αποδίδει δε τα μέγιστα όσον αφορά την πρόληψη των μετεγχειρητικών μολύνσεων. Συνίσταται για τα χειρουργεία υψηλού κινδύνου ιδιαίτερα στην ορθοπεδική. Η επιβαλλόμενη ταχύτητα του προσαγόμενου αέρα, για τη διατήρηση της κατεύθυνσης της ροής, επιφέρει την προσαγωγή σημαντικής ροής αέρα. Αυτονόητο θεωρείται ότι η εφαρμογή αυτών των τεχνικών υψηλής ασφάλειας για τους ασθενείς θα είναι εξαιρετικά πολυέξοδη.

Ο Γερμανικός κανονισμός δείχνει να προτιμάει τον όρο κατευθυνόμενη ροή αντί αυτού της νηματικής ροής. Προκειμένου να επιτύχει μείωση των ποσοστών εμφάνισης μολύνσεων εντός της προστατευόμενης ζώνης, προτείνονται αρκετές τεχνικές βάσει των οποίων η κατευθυνόμενη ροή διακρίνεται για το χαμηλό επίπεδο αυξομειώσεων μέχρις ότου αυτή καταλήξει νηματική. Στη Γερμανία το επίπεδο απόδοσης των διαφορετικών συστημάτων αξιολογείται βάσει των δύο εκ των οποίων η μία είναι συσχετισμός της άλλης, δηλαδή ο βαθμός μόλυνσης και η ροή του προσαγόμενου αποστειρωμένου αέρα. Ακόμα και αν είναι γνωστός ο βαθμός μόλυνσης σε ένα σύστημα δεδομένης κατανομής, δεν είναι δυνατός ο καθορισμός της απαραίτητης ροής προσαγόμενου αέρα, για την ανάκτηση ενός ικανοποιητικού επιπέδου κατά των μολύνσεων στην προστατευόμενη ζώνη, εάν δεν είναι γνωστή η πηγή της ροής βιομολυσματικών ουσιών.

**Βαθμός μολύνσεων** σύμφωνα με DIN 4799:

Εάν  $k_s$  = συγκέντρωση αερομεταφερόμενων μικροβίων στη ζώνη προστασίας

Και  $k_r$  = συγκέντρωση αερομεταφερόμενων μικροβίων στην αίθουσα

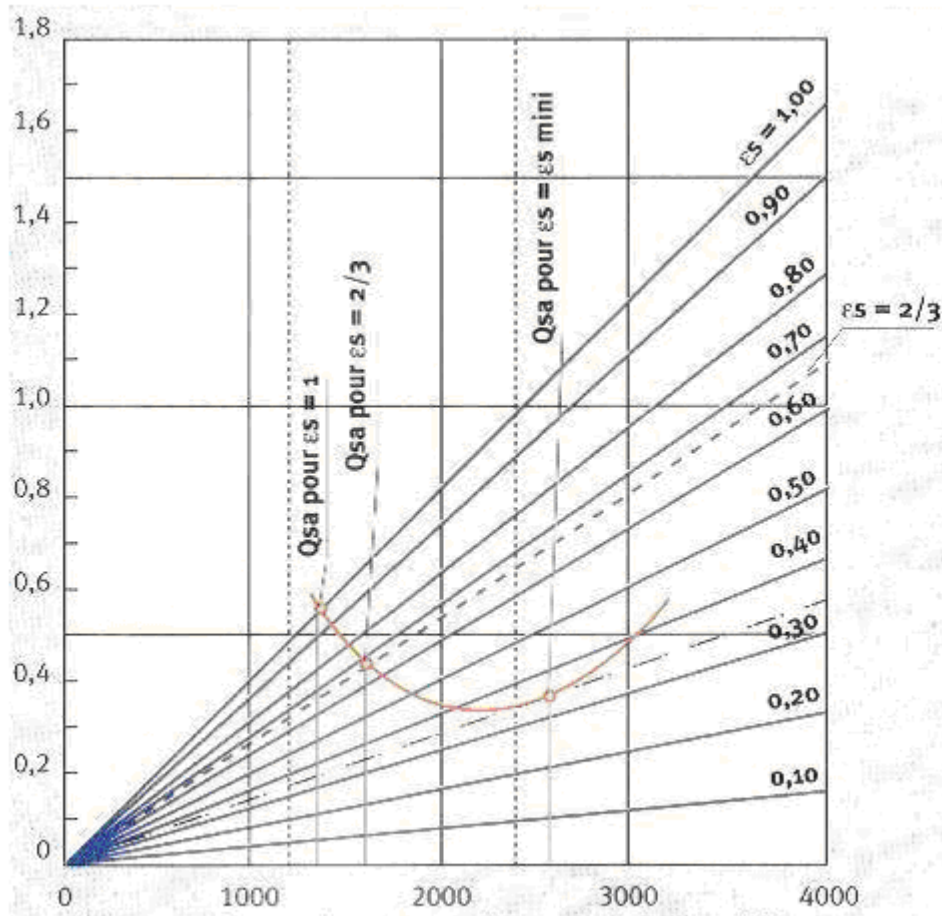
Και  $\mu_s = k_s / k_r$

Τότε  $\mu_s = 1$  για τυρβώδη ροή και  $\mu_s \leq 1$  για κατευθυνόμενη ροή.

### Παροχή προσαγόμενου αποστειρωμένου αέρα

Στο παρακάτω διάγραμμα δίνεται μία χαρακτηριστική καμπύλη κατευθυνόμενης ροής που παρουσιάζει τη σχέση μεταξύ της πειραματικής αναπτυσσόμενης μόλυνσης  $\mu_s$  και του καθαρού προσαγόμενου αέρα ( $m^3/h$ ). Στο ίδιο διάγραμμα παρουσιάζονται οι ευθείες των σχετικών συγκεντρώσεων 'εσ'. Οι ευθείες αυτές αναπαρίστανται με την ακόλουθη εξίσωση:  
 **$\mu_s = \epsilon_s \cdot Q_s / 2.400$ .**

Ακόμα το διάγραμμα δείχνει ότι η ελάχιστη τιμή του 'εσ' επιτυγχάνεται με παροχή αέρα της τάξεως των 2.600  $m^3/h$ . Η τιμή αυτή του αέρα συνδέεται με την άριστη απόδοση του συστήματος.



**Διάγραμμα 2.1:** σχέση μεταξύ της πειραματικής αναπτυσσόμενης μόλυνσης  $\mu_s$  και του καθαρού προσαγόμενου αέρα

### Γερμανική Τεχνική:

Η μελέτη του **Lidwell** η οποία εξεδόθη το 1982 στην Αγγλία, συνδέει τα ποσοστά των μετεγχειρητικών μολύνσεων με τα ποσοστά των καταμετρημένων μικροβίων κατά την εγχείρηση σε ένα χώρο υψηλού κινδύνου όπως αυτός της ορθοπεδικής. Σύμφωνα με αυτή τη μελέτη μπορούμε να μειώσουμε κατά το ήμισυ τα ποσοστά μόλυνσης, περιορίζοντας τη συγκέντρωση αερομεταφερόμενων μικροβίων στο χώρο του ασθενούς 200 σε 20 ρnc (μόριο που προκαλεί την ανάπτυξη αποικιών)/m<sup>3</sup> αέρα και επίσης να διατηρήσουμε το ποσοστό αυτό πρακτικά αναλλοίωτο, μέχρι τιμές της τάξεως των 5 ρnc/m<sup>3</sup> αέρα, επίπεδο όμοιο των αποστειρωμένων χώρων χάρη στη νηματική ροή.

Όσον αφορά τα νούμερα αυτά η **Γερμανική τεχνική** παραγωγής αέρα παρουσιάζει εξαιρετικά αποτελέσματα. Η τεχνική της κατευθυνόμενης ροής πραγματοποιείται μέσω αγωγών της οροφής που καλύπτουν την προστατευόμενη ζώνη (χειρουργικό τραπέζι και καρότσια μεταφοράς χειρουργικών εργαλείων). Η όψη των οροφών αυτών διαφέρει αλλά η ταχύτητα εξαγωγής αέρα παραμένει κατώτερη της νηματικής και δεν υπερβαίνει τα 0,25 m/s. Η διεύθυνση μετατόπισης του αέρα μπορεί να διατηρηθεί με την τοποθέτηση βανών αέρα (σε συγκεκριμένες ζώνες) γρηγορότερα από το σύνολο της ροής.

Σε ορισμένες χώρες όπως η Ιταλία εφαρμόζεται ένας ειδικός κανονισμός που αναφέρεται στο μικροβιολογικό φορτίο στις αίθουσες χειρουργείων. Ειδικότερα ισχύει:

Ολικό μικροβιολογικό φορτίο:  $Ct \leq 1 \text{ CFU}/\text{m}^3$  (στον προσαγόμενο αέρα)

Στον αέρα του χώρου πλησίον του χειρουργικού τραπεζιού:

Σε έτοιμη χειρουργική αίθουσα  $\leq 35 \text{ CFU}/\text{m}^3$

Με αίθουσα σε λειτουργία:

Με ροή τυρβώδη  $\leq 180 \text{ CFU}/\text{m}^3$

Με νηματική ροή  $\leq 20 \text{ CFU}/\text{m}^3$

Στον αέρα της εγκατάστασης κλιματισμού  $< 1 \text{ CFU}/\text{m}^3$

Στις επιφάνειες της αίθουσας:

Στους τοίχους  $\leq 0,5 \text{ CFU}/\text{m}^3$

Στις επιφάνειες εργασίας  $\leq 0,5 \text{ CFU}/\text{m}^3$

**Χημικά χαρακτηριστικά** στις αίθουσες των χειρουργείων:

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία η συγκέντρωση του  $\text{CO}_2$  πρέπει να είναι μικρότερη του 0,1% (1000 ppm) και τελευταία προσανατολίζονται σε τιμές μικρότερες των 0,08%

Σύμφωνα με το Αμερικανικό N.I.O.S.H. : η συγκέντρωση  $\text{N}_2\text{O} < 25 \text{ ppm}$  και για τα αλογονούχα αναισθητικά  $< 2 \text{ ppm}$  (οροφή)

**Κανονισμοί για αποστειρωμένους χώρους(cleanrooms):**

Ο κανονισμός ISO 14644 καθορίζει την κλάση καθαρότητας για αποστειρωμένους χώρους

Πίνακας 2.3: κλάση καθαρότητας κατά ISO 14644

ISO Αριθμός κλάσης	ISO 14644-1-1999(E) Μέγιστα όρια συγκέντρωσης (particles/m <sup>3</sup> ) για σωματίδια μεγέθους μεγαλύτερου ή ίσου από τα αναγραφόμενα στον πίνακα					
	0.1 mm	0.2 mm	0.3 mm	0.5 mm	1 mm	5 mm
ISO CLASS1	10	2				
ISO CLASS2	100	24	10	4		
ISO CLASS3	1000	237	102	35	8	
ISO CLASS4	10.000	2.370	1020	352	83	
ISO CLASS5	100.000	23.700	10.200	3.520	832	29
ISO CLASS6	1.000.000	237.000	102.000	35.200	8.320	293
ISO CLASS7				352.000	83.200	2.930
ISO CLASS8				3.520.000	832.000	29.300
ISO CLASS9				35.200.000	8.320.000	293.000

Ο κανονισμός **FS 209** ταξινομεί τους αποστειρωμένους χώρους σύμφωνα με αμερικανικά πρότυπα και αυτό που πρέπει να γνωρίζουμε είναι ότι:

Κλάση1: λιγότερο από 1 σωματίδιο των 0,5 μm ανά κυβικό πόδι (cf) και κανένα των 5μm.

Κλάση10: λιγότερο από 10 σωματίδια των 0,5 μm ανά κυβικό πόδι (cf) και οποιοδήποτε των 5μm.

Κλάση 100: λιγότερο από 100 σωματίδια των 0,5 μm ανά κυβικό πόδι (cf) και οποιαδήποτε των 5μm.

Κλάση 1000: λιγότερο από 1000 σωματίδια των 0,5 μm ανά κυβικό πόδι (cf) και λιγότερα από 7 σωματίδια των 5μm.

Κλάση 10.000: λιγότερο από 10.000 σωματίδια των 0,5 μm ανά κυβικό πόδι (cf) και λιγότερα από 70 σωματίδια των 5μm.

Κλάση 100.000: λιγότερο από 100.000 σωματίδια των 0,5 μm ανά κυβικό πόδι (cf) και λιγότερα από 700 σωματίδια των 5μm.

Κάνοντας μία σύγκριση των κανονισμών **ISO 14644** και **FS 209** βλέπουμε ότι:

- Κλάση ISO 3 = Κλάση 1 σύμφωνα με FS 209
- Κλάση ISO 4 = Κλάση 10 σύμφωνα με FS 209
- Κλάση ISO 5 = Κλάση 100 σύμφωνα με FS 209
- Κλάση ISO 6 = Κλάση 100 σύμφωνα με FS 209
- Κλάση ISO 7 = Κλάση 1.000 σύμφωνα με FS 209
- Κλάση ISO 8 = Κλάση 10.000 σύμφωνα με FS 209

Ο κανονισμός **NFX 44-101** καθορίζει και ταξινομεί την σωματιδιακή καθαρότητα του αέρα και άλλων αερίων. Συγκεκριμένα καθορίζει τις κλάσεις μόλυνσης από σωματίδια σε ένα καθαρό χώρο και πρέπει να γνωρίζουμε ότι:

Κλάση 4.000: λιγότερο από 4.000 σωματίδια 0,5 μm ανά κυβικό μέτρο (m<sup>3</sup>) και λιγότερο από 25 σωματίδια των 5 μm (κλάση 100 FS).

Κλάση 400.000: λιγότερο από 400.000 σωματίδια 0,5 μm ανά κυβικό μέτρο (m<sup>3</sup>) και λιγότερο από 2.500 σωματίδια των 5 μm (κλάση 10.000 FS).

Κλάση 4.000.000: λιγότερο από 4.000.000 σωματίδια 0,5 μm ανά κυβικό μέτρο (m<sup>3</sup>) και λιγότερο από 25.000 σωματίδια των 5 μm (κλάση 100.000 FS).

Ο κανονισμός NFX 44-102 καθορίζει τα κριτήρια της αποδοχής και του ελέγχου μιας νηματικής ροής σε ένα αποστειρωμένο χώρο. Αυτό που είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε είναι ότι:

Σφράγιση του φίλτρου και του αεραγωγού. Ο έλεγχος γίνεται με DOP test ή κάποιο αντίστοιχο τεστ. Το ποσοστό διείσδυσης δεν πρέπει να ξεπερνά το 0.01%.

**ΝΗΜΑΤΙΚΗ ΡΟΗ:** Ο έλεγχος γίνεται με σειρά μετρήσεων της ταχύτητας.

Πίνακας 2.4: Έλεγχος νηματικής ροής

ΚΟΥΡΤΙΝΑ ΜΕ ΝΗΜΑΤΙΚΗ ΡΟΗ	CLEANROOM ΜΕ ΝΗΜΑΤΙΚΗ ΡΟΗ
Κάνουμε μια χαρτογράφηση των φίλτρων με ν γραμμές και λ στήλες σε επίπεδο που βρίσκεται 20 cm της εξόδου των φίλτρων.  $v=2\mu/0.6$ και $\lambda=3\pi/0,6$ όπου $\mu$ = μήκος του φίλτρου υψηλής αποδοτικότητας $\pi$ = πλάτος του φίλτρου υψηλής αποδοτικότητας η μετρημένη μέση ταχύτητα πρέπει να είναι μεταξύ 0,3 m/s έως 0,6 m/s	Κάνουμε μια χαρτογράφηση των φίλτρων με ν γραμμές και λ στήλες σε επίπεδο που βρίσκεται 1 m της εξόδου των φίλτρων.  η μετρημένη μέση ταχύτητα πρέπει να είναι:  $V= 0,45 \text{ m/s} \pm 10\%$ για οριζόντια ροή $V= 0,35 \text{ m/s} \pm 10\%$ για κάθετη ροή

**ΜΟΡΙΑΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ:** Ο έλεγχος γίνεται χρησιμοποιώντας ένα μετρητή σωματιδίων

ΚΟΥΡΤΙΝΑ ΜΕ ΝΗΜΑΤΙΚΗ ΡΟΗ	CLEANROOM ΜΕ ΝΗΜΑΤΙΚΗ ΡΟΗ
Παίρνουμε τουλάχιστον μία μέτρηση σε 1 m από το φίλτρο	Παίρνουμε τουλάχιστον μία μέτρηση σε 1 m από το φίλτρο

Πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν ότι η κλάση 100 των FS 209 και η κλάση 4.000 NFX 33-101 είναι ίδιες( στην περίπτωση της νηματικής ροής).

**ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ NFX 44-201:** Καθορίζει τα χαρακτηριστικά, τις απαιτήσεις ασφαλείας και τις δοκιμές των σταθμών μικροβιολογικής ασφάλειας PSM.

Για αυτόν τον κανονισμό είναι απαραίτητο να επισημανθεί ότι:

- Ο καθορισμός ενός μικροβιολογικού σταθμού γίνεται μεταξύ των προτύπων ασφαλείας τύπου I, τύπου II και τύπου III.

- Η εξεταστική μέθοδος γίνεται πάλι με το σύνολο του πρότυπου NFX 44-102.
- Δοκιμή πίεσης: διαφυγή κάτω των 500 Pa για ένα απλό επίπεδο ασφαλείας και 250 Pa για ένα σταθμό διπλού επιπέδου ασφαλείας.
- Προστασία του προσωπικού: Ειδική δοκιμή που χρησιμοποιεί έναν ψεκασμό του οξεόφιλου γαλακτοβάκιλου στο χώρο εργασίας. Δεν πρέπει να μετρηθούν τα σωματίδια που προέρχονται από μια πιθανή μέτρηση εκτός του PSM.
- Επίπεδο θορύβου: Πρέπει να είναι χαμηλότερο από 65 DBA σε απόσταση 30 cm από το πρόσωπο.
- Επίπεδο φωτισμού: πρέπει να είναι υψηλότερο από 400 Luxes από το επίπεδο εργασίας.

Αυτά τα πρότυπα έχουν αντικατασταθεί από τα ευρωπαϊκά πρότυπα **INTO 12469**

Ο **ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ INTO 12469** αντικαθιστά το πρότυπο NFX 44-102. Έτσι επιτυγχάνεται μία εναρμόνιση στους ευρωπαϊκούς κανονισμούς σχετικά με τους σταθμούς PSM. Οι βασικές επισημάνσεις του κανονισμού είναι οι εξής:

- Σχεδιασμός: Όταν γίνεται χρήση ενός PSM με διπλό επίπεδο ασφαλείας συστήνεται ότι η δοκιμή διαρροών δεν είναι χρήσιμη σε αυτή την περίπτωση.
- Έλεγχοι και δοκιμές: Σχετικά με τα κριτήρια της προστασίας του χειριστή, του περιβάλλοντος και του προϊόντος, παραμένουν για όλους τα ίδια. Εντούτοις οι παραδοσιακές εξεταστικές μέθοδοι αντικαθίστανται από τις βακτηριολογικές δοκιμές
- Ένα κεφάλαιο που προστίθεται είναι σχετικά με την ικανότητα στον καθορισμό, την απολύμανση και με την αποστείρωση των PSM.

Ο **ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ IN 1822-1** ορίζει και ταξινομεί τα φίλτρα με πολύ υψηλή αποτελεσματικότητα (HEPA) και τα φίλτρα με πολύ μικρή διείσδυση (ULPA). Ορίζει τι είναι φίλτρο HEPA (High Efficiency Particulate Air) και ULPA (Ultra Low Penetration Air), όπως ταξινομούνται σύμφωνα με τις μεθόδους DOP και MPPS. Για παράδειγμα ένα φίλτρο είναι ταξινομημένο 99.999% κατά DOP (0,3mm) ή 99.995% MPPS (μέγεθος σωματιδίων διείσδυσης).

Ο **ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ NFS 90-351** καθορίζει τη διαμόρφωση χειρουργείων, όπως την ταξινόμηση των χειρουργείων σε σχέση με το πρότυπο **NFX 44-101**, καθώς επίσης και του σημείου εξέτασης βακτηριολογικού κινδύνου.

Ο **ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ NFX 15-211** αναφέρει τους περιορισμούς για ρύπανση με την ανακύκλωση του φίλτραρισμένου αέρα. Η ταχύτητα του μετωπικού αεραγωγού εισαγωγής πρέπει να βρεθεί μεταξύ 0,4 m/s και 0,6 m/s.

### A.2.2 ΜΙΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ISO 14644

Τα Αμερικανικά ομοσπονδιακά πρότυπα 209 και τα BS 5295 ήταν τα σημαντικότερα έγγραφα που προσέφεραν οδηγίες για τα αποστειρωμένα δωμάτια και τον έλεγχο του περιβάλλοντος. Στις ΗΠΑ με το ομοσπονδιακό πρότυπο 209 E αναχώρησαν ριζικά από αυτή την προσέγγιση και εστίασαν καθαρά στην ταξινόμηση και τη μέτρηση των κατηγοριών καθαρότητας αέρα, αφήνοντας το υπόλοιπο των παραμετρικών τιμών για συμφωνία μεταξύ του αγοραστή και του προμηθευτή. Οι πιο λεπτομερείς οδηγίες τώρα προέρχονται από το IEST-RP-CC012.1 “Considerations in cleanroom design”. Τα πρότυπα του ISO 14644-4 συνεχίζονται στο ίδιο πνεύμα, είναι πιο οριστικά και ακόμα πιο κανονιστικά.

### **ISO Standard 14644**

Αυτό το μέρος του συνόλου των εγγράφων του ISO για τα αποστειρωμένα δωμάτια και τα σχετικά με το ελεγχόμενο περιβάλλον, διευκρινίζει τις απαιτήσεις για το σχεδιασμό, την κατασκευή και το ξεκίνημα των καθαρών εγκαταστάσεων αλλά δεν ορίζει τη συγκεκριμένη



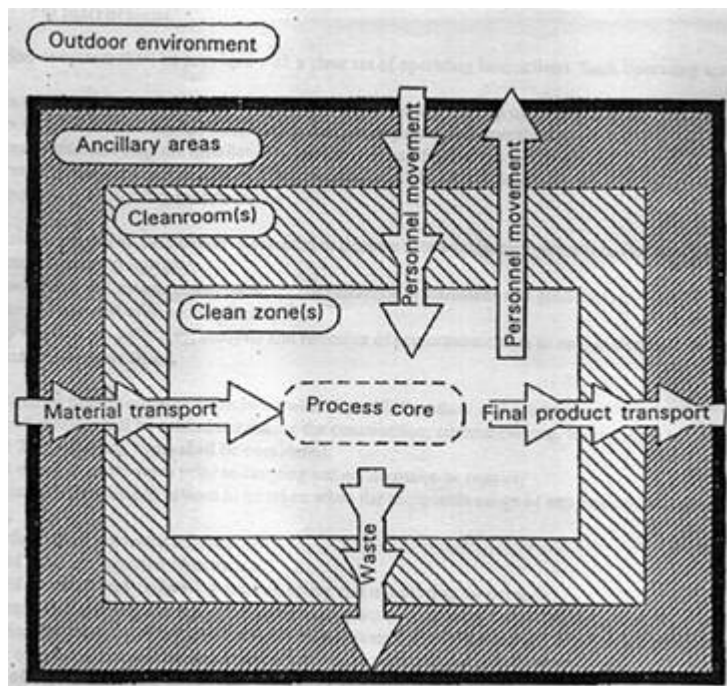
τεχνολογία ούτε τα συμβατικά μέσα για να καλυφθούν οι απαιτήσεις. Οι οδηγίες κατασκευής παρέχουν, τις απαραίτητες απαιτήσεις για το ξεκίνημα. Τα βασικά στοιχεία του σχεδίου και της κατασκευής που απαιτούνται για να εξασφαλισθεί συνεχή ικανοποιητική λειτουργία, προσδιορίζονται από τις εκτιμήσεις των σχετικών πτυχών της λειτουργίας και της συντήρησης. Επιπρόσθετα καλύπτονται σε αυτόν τον κανονισμό αναφορές και επεξηγήσεις των όρων όπως:

1. Καθορισμός των απαιτήσεων
2. Προγραμματισμός και σχέδιο
3. Κατασκευή και ξεκίνημα
4. Δοκιμή και έγκριση
5. Τεκμηρίωση

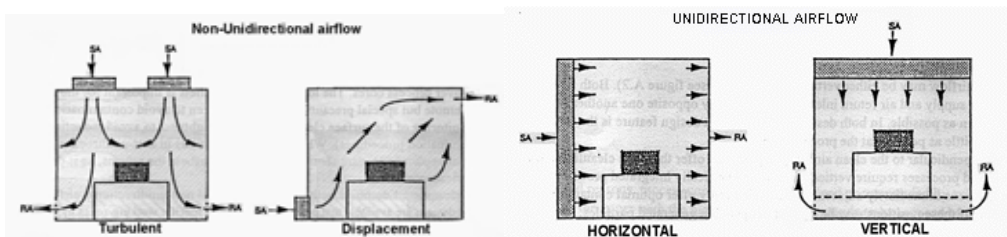
Κάθε κεφάλαιο του κανονισμού χρησιμεύει σαν ένας πίνακας ελέγχου για να βοηθήσει να διευκρινίσει τις ανάγκες κάθε εφαρμογής και τις παραμετρικές τιμές, τα όρια και τα επίπεδα δράσης. Επιπλέον υπάρχει ένα ισχυρό ρεύμα των ποιοτικών συστημάτων, της τεκμηρίωσης, των αρχείων, των οδηγιών και των διαδικασιών

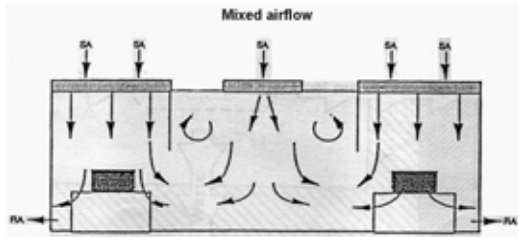
### A. Έννοιες ελέγχου και διαχωρισμού

#### 1. Ζώνες ελέγχου μόλυνσης

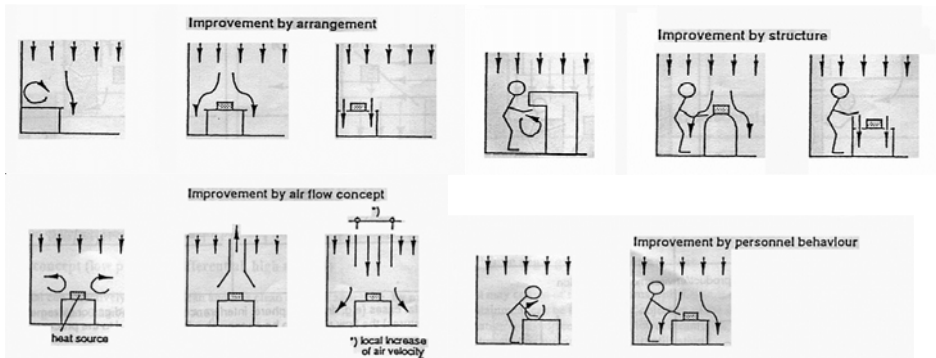


#### 2. Σχέδια ροών αέρος

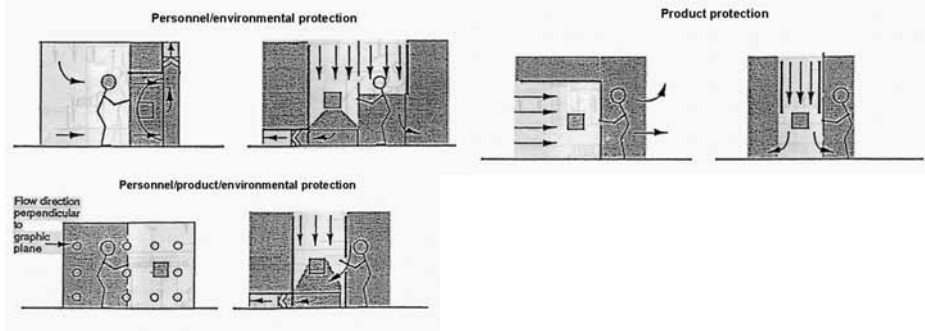




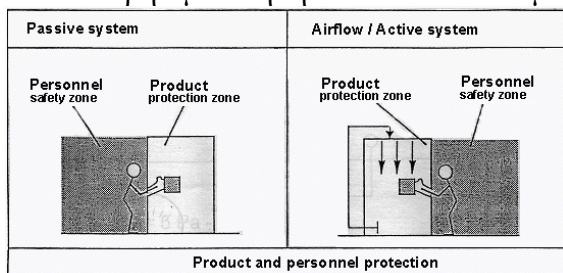
### 3. Διαταραχή της γραμμικής ροής αέρος



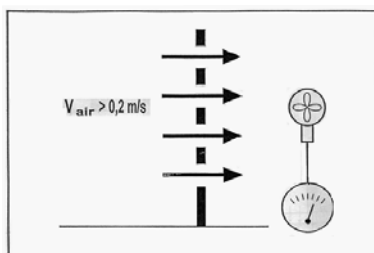
### 4. Έννοιες ελέγχου μόλυνσης που χρησιμοποιούν τα αεροδυναμικά μέτρα



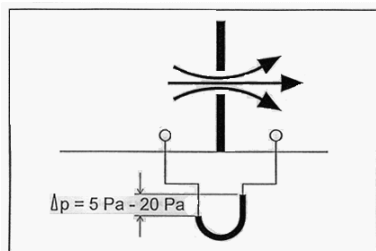
### 5. Χρησιμοποίηση των εννοιών απομόνωσης



- Για να επιτύχουν το διαχωρισμό των αποστειρωμένων δωματίων
- Χρησιμοποίηση της μετατόπισης(διαφορικό χαμηλής πίεσης)



- Χρησιμοποίηση της πίεσης και των ροών αέρα (υψηλή πίεση 5 έως 20 PASCAL, χαμηλή ροή αέρος)



- Χρησιμοποίηση των φυσικών εμποδίων

### B. Παραδείγματα ταξινόμησης

Παρακάτω δίνονται δύο πληροφοριακά παραδείγματα. Το ένα αναφέρεται στην αποστειρωμένη επεξεργασία και το άλλο στην επιλογή κατηγορίας καθαρότητας αέρα, σε σχέση με τη συγκεκριμένη επεξεργασία.

Πίνακας 2.4: Χώροι για επεξεργασίες αποστείρωσης

Καθαρότητα Αέρα κατά ISO	Είδος ροής αέρα	Ταχύτητα Αέρα m/s	Είδος δραστηριότητας
5	U	>0,2	Ζώνη αποστείρωσης και απλές ζώνες επεξεργασίας
5-7	N ή M	NA	Ζώνες επεξεργασίας που υποστηρίζουν άμεσα την παραγωγή αποστειρωμένων προϊόντων
7-8	N ή M	NA	Ζώνες υποστήριξης των αποστειρωμένων προϊόντων συμπεριλαμβανομένου και των ελεγχόμενων ζωνών προετοιμασιών

Πίνακας 2.5: Επιλογή κατηγορίας χώρου σε σχέση με την επεξεργασία

Καθαρότητα Αέρα κατά ISO	Είδος ροής αέρα	Ταχύτητα Αέρα m/s	Αλλαγές αέρα $m^3/(m^2 \cdot h)$	Είδος δραστηριότητας
2	U	0,3-0,5	NA	φωτολιθογραφία
3	U	0,3-0,5	NA	επεξεργασία ημιαγωγών
4	U	0,3-0,5	NA	επεξεργασία μασκών φωτολιθογραφίας
5	U	0,2-0,5	NA	επεξεργασία ηλεκτρονικών κυκλωμάτων
6	M	0,1-0,3	70-160	επιβλέψεις ημιαγωγών
7	N ή M	NA	30-70	επεξεργασία επιφανειών
8	N ή M	NA	10-20	επεξεργασία επιφανειών

Σημειώσεις:

- NA= μη διαθέσιμο.
- Όταν αναφέρεται ο τρόπος ροών αέρος, αντιπροσωπεύει τα χαρακτηριστικά ροών αέρος για τα αποστειρωμένα δωμάτια εκείνης της κατηγορίας, όπως: U= νηματική ροή, N= τυρβώδης ροή και M= μικτή ροή(συνδυασμός U και N).
- Η μέση ταχύτητα ροών αέρος διευκρινίζεται συνήθως στη νηματική ροή αέρος στα αποστειρωμένα δωμάτια.

4. Η απαίτηση της ταχύτητας στη νηματική ροή αέρος θα εξαρτηθεί από τις τοπικές παραμέτρους όπως η γεωμετρία και η θερμοκρασία.
5. Οι εναλλαγές αέρα ανά ώρα αναφέρονται στην τυρβώδη και στη μικτή ροή αέρος. Οι προτεινόμενες εναλλαγές αέρα συσχετίζονται για ύψος δωματίου περίπου 3,0 μέτρων.

### **Γ. Ανάπτυξη και έγκριση ενός αποστειρωμένου δωματίου**

Η ανάπτυξη ενός αποστειρωμένου δωματίου διαμορφώνεται στα παρακάτω στάδια:

- Ποιότητα σχεδιασμού
- Ποιότητα στοιχείων
- Ποιότητα εγκατάστασης(όταν κατασκευάζεται)
- Λειτουργικά κριτήρια(σε ηρεμία)
- Λειτουργικά κριτήρια(σε παραγωγή)

### **Δ. Σχεδιάγραμμα μιας εγκατάστασης**

Το σχεδιάγραμμα καλύπτει:

- Μέγεθος
- Τοποθέτηση και οργάνωση τερματικών σταθμών
- Βοηθητικές περιοχές και παρακείμενα αποστειρωμένα δωμάτια
- Βοηθητικές υπηρεσίες και βοηθητικός εξοπλισμός
- Καθορισμός ιατρικών αερίου κενού
- Τοποθέτηση υαλοπινάκων
- Πρόσβαση
- Αεροθάλαμοι εισόδου-εξόδου
- Έλεγχο και διαμόρφωση δωματίων αλλαγής
- Εγκαταστάσεις στα δωμάτια αλλαγής

### **Ε. Κατασκευή και υλικά**

Σε αυτό το τμήμα εξετάζεται:

- Επιλογή των υλικών
- Καθαρότητα επιφάνειας και καθαρισμός των υλικών κατασκευής
- Έλεγχος ηλεκτροστατικών φορτίσεων και αποφορτίσεων
- Εκτιμήσεις για τα συγκεκριμένα υλικά
- Οροφές, τοίχοι και πατώματα
- Διαχειριζόμενα συστήματα αέρα
- Κατασκευές αεροθαλάμων εισόδου και εξόδου
- Υλική διαχείριση κατά τη διάρκεια της κατασκευής
- Καθαρότητα και καθαρισμός κατά τη διάρκεια της κατασκευής.
- Παραδείγματα των υλικών και χαρακτηριστικά γνωρίσματα της κατασκευής

Η επιλογή των υλικών είναι μία απαραίτητη διαδικασία στην οποία δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα, καθώς καθορίζει σε μεγάλο ποσοστό την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος. Η επιλογή είναι ιδιαίτερα λεπτομερής όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2.6: Κατάλληλα δομικά υλικά αποστειρωμένων δωματίων

Υλικά	Ηλεκτροστατικός έλεγχος	Αντίσταση γδαρσίματος	Αντίσταση κτύπου	Παραγωγή Αερίων
<b>Τοίχοι</b>				
Αλουμίνιο	Φτωχός	Καλός	Όχι	Χαμηλό
Βαμμένα μέταλλα	Φτωχός /Μεσαίος/ Καλός	Καλός	Μεσαίος προς χαμηλό	Μεσαίος προς υψηλό
Εύκαμπτες κουρτίνες	Φτωχός /Μεσαίος	Χαμηλός	Καλός	Μεσαίος προς υψηλό
Γυαλί	Φτωχός	Καλός	Όχι	Χαμηλό
Γυαλί με το αγώγιμο επίστρωμα	Καλός	Καλός	Όχι	Χαμηλό
Πλαστικά φύλλα που εφαρμόζονται στο υπόστρωμα	Φτωχός /Μεσαίος/ Καλός	Καλός	Μεσαίος	Μεσαίος προς υψηλό
Πάνελ ρητινούχα	Φτωχός /Μεσαίος/ Καλός	Καλός	Μεσαίος	Μεσαίος προς υψηλό
Ανοξειδωτος χάλυβας	Καλός	Καλός	Καλός	Πολύ χαμηλό
Διαφανές πολυμερές	Καλός	Χαμηλός	Μεσαίος	Χαμηλό προς Μεσαίο
Διαφανή πολυμερή Π.χ. polycarbonate,PMMA	Φτωχός	Χαμηλός	Μεσαίος	Χαμηλό προς Μεσαίο
<b>Οροφές</b>				
Αλουμίνιο	Φτωχός	Καλός	Όχι	Χαμηλό
Βαμμένα μέταλλα	Φτωχός /Μεσαίος/ Καλός	Καλός	Μεσαίος προς χαμηλό	Μεσαίος προς υψηλό
Πλαστικά φύλλα που εφαρμόζονται στο υπόστρωμα	Φτωχός /Μεσαίος/ Καλός	Καλός	Μεσαίος	Μεσαίος προς υψηλό
Πάνελ ρητινούχα	Φτωχός /Μεσαίος/ Καλός	Καλός	Μεσαίος	Μεσαίος προς υψηλό
Ανοξειδωτος χάλυβας	Καλός	Καλός	Καλός	Πολύ χαμηλό
Διαφανές πολυμερές	Καλός	Χαμηλός	Μεσαίος	Χαμηλό προς Μεσαίο
Διαφανή πολυμερή Π.χ. polycarbonate,PMMA	Φτωχός	Χαμηλός	Μεσαίος	Χαμηλό προς Μεσαίο
<b>Πατώματα</b>				
Αλουμίνιο	Φτωχός	Καλός	Χαμηλό	Χαμηλό
Βαμμένα μέταλλα	Φτωχός /Μεσαίος/ Καλός	Καλός	Μεσαίος προς χαμηλό	Μεσαίος προς υψηλό
Γυαλισμένες πέτρες	Φτωχός /Μεσαίος	Καλός	Καλός	Χαμηλός
Γυαλί	Φτωχός	Καλός	Όχι	Χαμηλός
Γυαλί με το αγώγιμο επίστρωμα	Καλός	Καλός	Όχι	Χαμηλός
Εποξικό επίστρωμα	Φτωχός/ Μεσαίος /Καλός	Μεσαίος	Μεσαίος	Χαμηλός προς υψηλό
Πλαστικά φύλλα που εφαρμόζονται στο υπόστρωμα	Φτωχός/ Μεσαίος /Καλός	Καλός	Μεσαίος	Μεσαίος προς υψηλό
Πάνελ ρητινούχα	Φτωχός/ Μεσαίος /Καλός	Καλός	Μεσαίος	Μεσαίος προς υψηλό
Ανοξειδωτος χάλυβας	Καλός	Καλός	Καλός	Πολύ χαμηλός

Πλακάκια	Φτωχός /Μεσαίος	Καλός	Καλός	Χαμηλός
Διαφανές πολυμερές σώμα με αγωγίμο επίστρωμα	Καλός	Χαμηλός	Μεσαίος	Χαμηλό προς Μεσαίο
Διαφανή πολυμερή π.χ. polycarbonate, PMMA	Φτωχός	Χαμηλός	Μεσαίος	Χαμηλό προς Μεσαίο
ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1: Σε όλα τα προαναφερθέντα υλικά η βασική προϋπόθεση είναι η αντοχή και ο καθαρισμός				

### ΣΤ. Περιβαλλοντικός έλεγχος των αποστειρωμένων δωματίων

Σε αυτό το τμήμα εξετάζεται:

- Σχέδιο
- Θερμοκρασία και υγρασία
- Φωτισμός
- Θόρυβος και δόνηση
- Επίπεδο υγιούς πίεσης
- Μηχανική δόνηση
- Εξοικονόμηση ενέργειας

### Ζ. Έλεγχος της καθαρότητας του αέρα

Σε αυτό το τμήμα εξετάζεται:

- Συστήματα καθαρισμού αέρα
- Δευτεροβάθμιος καθαρισμός αέρα
- Εφαρμογή
- Εξοικονόμηση ενέργειας
- Προσωρινά φίλτρα
- Συσκευασία και μεταφορά
- Συναρμολόγηση
- Δοκιμή

### Ταχύτητα αέρα στα αποστειρωμένα δωμάτια:

Πίνακας 2.7: Ταχύτητα αέρα στα αποστειρωμένα δωμάτια

Κατηγορία	Τύπος ροών αέρος	Μέση ταχύτητα ροών αέρος mps(fpm)	Εναλλαγές αέρα ανά ώρα
M7&M6,5( $10^5$ )	NM	0,005-0,041(1-8)	5-48
M6&M5,5( $10^4$ )	NM	0,051-0,076(10-15)	60-90
M5&M4,5( $10^3$ )	NM	0,127-0,203(25-40)	150-240
M4&M3,5( $10^2$ )	UNM	0,203-0,406(40-80)	240-480
M3&M2,5(10)	U	0,254-0,457(50-90)	300-540
M2&M1,5(1)	U	0,305-0,457(60-90)	360-540
M1& cleaner	U	0,305-0,508(60-100)	360-600

Η EUGGMP (1997) δίνει σαφείς οδηγίες για την κατασκευή αποστειρωμένων ιατρικών προϊόντων σε τέσσερις κατηγορίες. Η αερομεταφερόμενη σωματιδιακή ταξινόμηση για αυτές τις κατηγορίες δίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 2.8: Μέγιστος αριθμός σωματιδίων /m<sup>3</sup> μεγέθους ίσου ή μεγαλύτερου από:

Βαθμός	Μέγιστος επιτρεπόμενος αριθμός σωματιδίων /m <sup>3</sup> μεγέθους ίσου ή μεγαλύτερου από			
	Σε ηρεμία		Σε λειτουργία	
	0,5 mm	5 mm	0,5 mm	5 mm
A	3.500	0	3.500	0
B(a)	3.500	0	350.000	2.000
C(a)	350.000	2.000	3.500.000	20.000
D(a)	3.500.000	20.000	Μη καθορισμένος(c)	Μη καθορισμένος(c)

Σημειώσεις:

1. Προκειμένου να επιτευχθούν οι κατηγορίες B, C και D, ο αριθμός εναλλαγών αέρα αφορά το μέγεθος του δωματίου, τον εξοπλισμό και το προσωπικό που βρίσκεται στο δωμάτιο. Στο σύστημα αέρα πρέπει να παρασχεθούν τα κατάλληλα φίλτρα όπως HEPA, για τις κατηγορίες A, B και C.
2. Οι οδηγίες που παρέχονται για το μέγιστο επιτρεπόμενο αριθμό σωματιδίων στον "σε ηρεμία" όρο, αντιστοιχούν περίπου στα ομοσπονδιακά πρότυπα 209E και τις ταξινομήσεις του ISO ως εξής: Κατηγορία A και B αντιστοιχεί με την κατηγορία 100, M3,5 και ISO5. Κατηγορία C αντιστοιχεί με την κατηγορία 10.000, M5,5 και ISO7 και κατηγορία D με την κατηγορία 100.000, M6,5 και ISO8.
3. Η απαίτηση και το όριο για αυτήν την κατηγορία θα εξαρτηθούν από τη φύση των διαδικασιών που διενεργούνται.

Επίσης παραδείγματα διαδικασιών που διενεργούνται στις διάφορες κατηγορίες δίνονται στον πίνακα 2.9

Πίνακας 2.9: Παραδείγματα διαδικασιών που διενεργούνται στις διάφορες κατηγορίες

Κατηγορία	
A	Πλήρωση των προϊόντων, όταν κατ' ασυνήθιστο τρόπο βρίσκονται σε κίνδυνο
C	Προετοιμασία διαλυμάτων, όταν κατ' ασυνήθιστο τρόπο βρίσκονται σε κίνδυνο
D	Προετοιμασία διαλυμάτων και συστατικών για την επόμενη πλήρωση

Ο πρόσθετος μικροβιολογικός έλεγχος είναι επίσης απαραίτητος για εξωτερικές διαδικασίες παραγωγής, π.χ. μετά την επικύρωση των συστημάτων, τον καθορισμό και την αποστείρωση.

Πίνακας 2.10: Συνιστώμενα όρια για μικροβιακή μόλυνση(a)

Κατηγορία	Δείγμα αέρα cfu/m <sup>3</sup>	Δίσκοι(διαμ. 90mm), cfu/4ώρες	Δίσκοι επαφών (διαμ. 55mm), cfu/δίσκο	Γαντιών 5 δακτύλων. cfu/γάντι
A	<1	<1	<1	<1
B	10	5	5	5
C	100	50	25	-
D	200	100	50	-

Σημειώσεις:

1. Αυτές είναι μέσες τιμές.
2. Ανεξάρτητοι δίσκοι μπορούν να εκτεθούν για λιγότερο από 4 ώρες.
3. Τα κατάλληλα όρια επιφυλακών και δράσης πρέπει να τεθούν από τα αποτελέσματα του σωματιδιακού και μικροβιολογικού ελέγχου. Εάν αυτά τα όρια ξεπερνιούνται, οι λειτουργικές διαδικασίες πρέπει να ορίσουν νέα διορθωτική δράση.

**Τελικές παρατηρήσεις:**

Ένα από τα κυριότερα σημεία αυτού του συνόλου προτύπων του ISO είναι ο προσανατολισμός που δίνεται όσον αφορά τα διάφορα βήματα ενός συστήματος χειρουργείων, δηλ. σχέδιο. Εγκατάσταση, λειτουργία και απόδοση. Αυτό είναι που για πρώτη φορά αυτό το ζήτημα αντιμετωπίζεται τόσο εξαντλητικά, σε πρότυπα τεχνολογίας ελέγχου αποστειρωμένων δωματίων και μόλυνσης. Το άλλο σημαντικό σημείο είναι η ευπρόσδεκτη έμφαση στην καλή κατασκευαστική πρακτική «Good Manufacturing Practise», τυποποιημένες λειτουργικές διαδικασίες « Standard Operating Procedures», κατάρτιση και τεκμηρίωση.

**A.2.3 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ**

Οι διαθέσιμοι κανονισμοί και τα πρότυπα που αφορούν τη θερμική άνεση, τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, τον εξαερισμό, την οπτική και ακουστική άνεση και τη διάταξη χώρου συνοψίζονται στον πίνακα 2.3.1.

Πίνακας 2.3.1: Κανονισμοί εσωτερικών συνθηκών και εγκαταστάσεων

ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	
Τεχνικές Οδηγίες του Ελληνικού Τεχνικού Επιμελητηρίου, ΤΟΤΕΕ, 2421/86, 1 <sup>ο</sup> και 2 <sup>ο</sup> μέρος, 2423/86, 2425/86 όπως επίσης και ο κώδικας κατασκευής	Περιγράφει τα συστήματα κλιματισμού και παραθέτει πληροφορίες για τους υπολογισμούς των χώρων κλιματισμού.
ASHRAE Standard 52.1-1992	Βαρυμετρικές διαδικασίες για τον έλεγχο των συσκευών που καθορίζουν τον αέρα και οι οποίες χρησιμοποιούνται για το γενικό εξαερισμό. Αυτοί οι κανονισμοί αφορούν τους τρεις τύπους φίλτρων κλιματισμού στα χειρουργεία και την αποδοτικότητά τους που είναι 25,9 και 99,97%
VDE 0107, Γερμανικός κανονισμός	Αφορά στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, τις ειδικές παροχές έκτακτης ενέργειας και την πυροσβεστική προστασία.
ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΕΣΕΙΣ	
DIN 1946, volume 4, Δεκέμβριος 1989	Η θερμοκρασία πρέπει να κυμαίνεται από 22 έως 26° C, ενώ η σχετική υγρασία από 50 έως 60%.
ASHRAE Standard	Η θερμοκρασία πρέπει να κυμαίνεται από 18 έως 24° C, ενώ η σχετική υγρασία από 50 έως 60%.
ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ	
DIN 1946, volume 4, Δεκέμβριος 1989	Οι εναλλαγές του αέρα πρέπει να είναι 60 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h, αν το δωμάτιο έχει ύψος 3μ. , διαφορετικά 20 εναλλαγές την ώρα.
ASHRAE Standard 62-1989	Εξαερισμός για την αποδεκτή ποιότητα αέρα στους εσωτερικούς χώρους. Οι εναλλαγές του αέρα πρέπει να είναι 15/h, χωρίς ανακύκλωση του αέρα και η πίεση στα χειρουργεία να είναι θετική.



ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ - ΦΩΤΙΣΜΟΣ	
ΦΕΚ 202/24.12.1991,Μέρος1,Προεδρικό διάταγμα 517	Το επίπεδο φωτισμού στο χώρο χειρουργείων πρέπει να είναι 800 lux, ενώ ο φωτισμός στο χειρουργικό τραπέζι πρέπει να παράγεται από ειδική μονάδα των 20.000 lux.
Αγγλικός οδηγός φωτισμού GIBCE, LG2/1989	Το GIBCE αναφέρει ότι ο φωτισμός πάνω από το χειρουργικό τραπέζι πρέπει να είναι μεταξύ 50.000 lux ως 100.000 lux, ανάλογα με τον τύπο της εγχείρησης. Ο φωτισμός στον υπόλοιπο χώρο του χειρουργείου πρέπει να είναι από 400 έως 500 lux.
ΕΠΙΠΕΔΟ ΘΟΡΥΒΟΥ	
DIN 1946, volume 4, Δεκέμβριος 1989	Το επίπεδο θορύβου πρέπει να είναι μικρότερο των 40 db.
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΧΩΡΟΥ	
ΦΕΚ 202/24.12.1991,Μέρος1,Προεδρικόδιάταγμα 517	Ο χώρος των χειρουργείων πρέπει να είναι γύρω στα 35m <sup>2</sup> , με ελάχιστο μήκος 5,5m και ελάχιστο ύψος 3,0m. Τα χειρουργεία για εγχειρήσεις καρδιάς πρέπει να είναι τουλάχιστον 50m <sup>2</sup> , με ελάχιστο μήκος 7,0 m και ελάχιστο ύψος 3,0m.



## **A.3 ΔΙΑΤΑΞΗ ΧΩΡΟΥ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ**

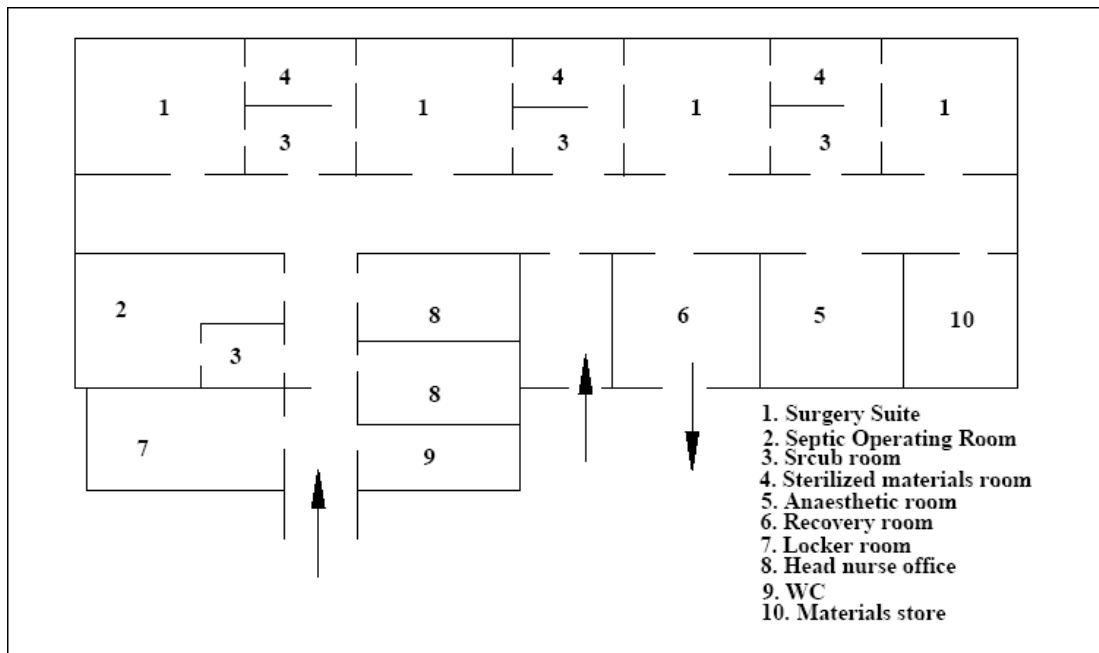
### **A.3.1 ΔΙΑΤΑΞΗ ΧΩΡΟΥ**

Το μέγεθος και ο αριθμός των χειρουργείων ενός νοσοκομείου εξαρτώνται από το συνολικό μέγεθος της εγκατάστασης, τον αριθμό των κλινών και τον τύπο της ιατρικής φροντίδας. Συνήθως, ο αριθμός των χειρουργείων είναι γύρω στο 2,5% του συνολικού αριθμού των κλινών του νοσοκομείου, παρόλο που εξαρτάται σημαντικά και από τις ιατρικές λειτουργίες του νοσοκομείου. Το μέγεθος είναι τουλάχιστον 25 m<sup>2</sup>, ενώ για τις χειρουργικές επεμβάσεις που απαιτούν τη χρήση περισσότερων ιατρικών, το μέγεθος του χειρουργείου μπορεί να φτάσει ακόμα και τα 75 m<sup>2</sup>. Για μικρότερες και απλούστερες λειτουργίες το μέγεθος ενός χειρουργείου μπορεί να είναι και μικρότερο από 10 m<sup>2</sup>. Τα πρωταρχικά κριτήρια για τη διάταξη του χώρου ενός χειρουργείου είναι η άνεση και η ασφαλής χρήση του χώρου από το ιατρικό προσωπικό. Παράλληλα με την κύρια περιοχή του χειρουργείου (χειρουργική μονάδα) όπου λαμβάνει χώρα η επέμβαση, περιλαμβάνονται και οι ακόλουθοι χώροι:

- Περιοχή υποδοχής των ασθενών
- Δωμάτιο αναισθησίας
- Δωμάτια αποστειρωμένων υλικών( ενδύματα, εργαλεία κλπ)
- Δωμάτιο πλυντηρίων για το πλύσιμο των εργαλείων και του υλικού(δεν είναι όμως αναγκαίο αυτό το δωμάτιο να βρίσκεται μέσα στο χειρουργικό χώρο)
- Δωμάτιο ανάρρωσης
- Βοηθητικοί χώροι όπως αποδυτήρια, αποθηκευτικοί χώροι, ο διάδρομος που διαχωρίζει τις σηπτικές από τις αποστειρωμένες περιοχές και κάποιοι άλλοι χώροι δευτερευουσών λειτουργιών ανάλογα με το είδος της εγχείρησης.

Η σωστή διάταξη του χώρου πρέπει να απομονώνει το χειρουργικό χώρο από την άμεση επικοινωνία με τους άλλους χώρους(γραφεία, χώρους αποθήκευσης, αποδυτήρια κλπ), ώστε να διασφαλιστούν οι συνθήκες αποστείρωσης και να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος της μεταφοράς μικροβίων στην χειρουργική μονάδα. Μία καλά σχεδιασμένη χειρουργική μονάδα, μπορεί να ελαχιστοποιήσει τα λειτουργικά προβλήματα μέσα στο χώρο του χειρουργείου και να αυξήσει την αποδοτικότητα των εργαζομένων, ενώ ταυτόχρονα αποτελεί αναγκαία συνθήκη για τη διασφάλιση μίας επιτυχούς επέμβασης.

Η εικόνα A.3.1.1 υποδεικνύει μία τυπική διάταξη του χώρου. Στην εικόνα μπορούν να διακριθούν ο χειρουργικός χώρος (1), τα δωμάτια σηπτικής λειτουργίας (2), τα δωμάτια για το προσωπικό(scrub room) (3), τα δωμάτια αποστειρωμένου υλικού (4), το δωμάτιο αναισθησίας (5), το δωμάτιο ανάνηψης (6), τα αποδυτήρια (7), το γραφείο προϊσταμένης νοσοκόμας, τα αποχωρητήρια (9), και η αποθήκη των υλικών (10).



Εικόνα Α.3.1-1 : Τυπική διάταξη χώρου για χειρουργικές εγκαταστάσεις

Κατά το σχεδιασμό του χώρου ενός χειρουργείου πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν μερικές σημαντικές παράμετροι, οι οποίες είναι:

- Υπολογισμός μίας ενδεχόμενης μελλοντικής ανάγκης για αύξηση της χωρητικότητας των χειρουργείων, δηλαδή ανάγκη δημιουργίας περισσότερων χειρουργείων και χειρουργικών χώρων, ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία επιπρόσθετων μονάδων μέσα στους ήδη διαθέσιμους χώρους. Για παράδειγμα μερικές φορές οι χώροι σχεδιάζονται αρχικά για σηπτικές απλές επεμβάσεις και έπειτα χρησιμοποιούνται για σύνθετες επεμβάσεις προκειμένου να ικανοποιηθούν όλα τα περιστατικά.
- Το μέγεθος του χώρου για την παροχή ενός άνετου και ασφαλούς περιβάλλοντος εργασίας για τους εργαζόμενους. Η περιοχή των επεμβάσεων πρέπει να είναι ευρύχωρη και εργονομική, ώστε να διευκολύνονται οι κινήσεις των εργαζομένων και να χωράει ο απαραίτητος ιατρικός εξοπλισμός κατά τη διάρκεια μίας επέμβασης. Οι δευτερεύοντες χώροι όπως τα δωμάτια ξεκούρασης για το ιατρικό προσωπικό και τα δωμάτια ανάληψης πρέπει επίσης να είναι λειτουργικά και ευρύχωρα.
- Απομάκρυνση από το χειρουργείο κάθε είδους επίπλωσης και εξοπλισμού που δεν είναι απαραίτητος για την επέμβαση και μπορεί να προκαλέσει πηγή για την ανάπτυξη μικροβίων και συσσώρευση σκόνης. Όλα τα υλικά πρέπει να είναι εύκολα προσβάσιμα για καθαρισμό και αποστείρωση.
- Είναι αναγκαίο η χειρουργική μονάδα να μη βρίσκεται σε άμεση επικοινωνία με τους σηπτικούς χώρους. Αυτό θα περιορίσει τον κίνδυνο της μεταφορά μικροβίων και άλλων μολυσματικών παραγόντων του αέρα κατά τη διάρκεια της επέμβασης. Συνήθως χρησιμοποιείται ένας διάδρομος με τον οποίο το χειρουργείο χωρίζεται σε δύο ζώνες, την αποστειρωμένη και τη σηπτική. Εάν η διάταξη του χώρου είναι εργονομική τότε θα περιορίζονται οι άσκοπες μετακινήσεις του προσωπικού από τη μία ζώνη στην άλλη και θα ελαττώνεται ο κίνδυνος μεταφοράς μικροβίων.

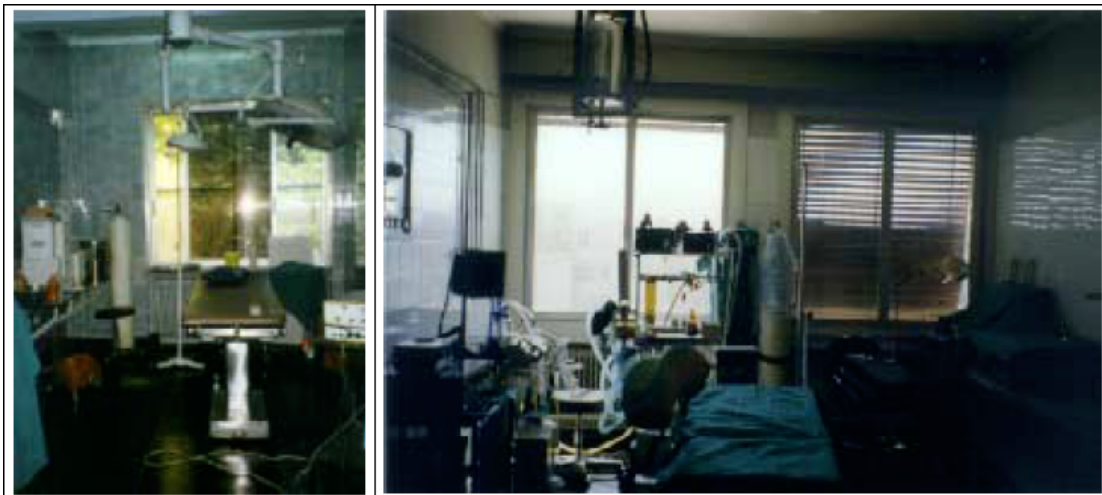
- Απομόνωση του χειρουργείου από πηγές θορύβου, όπως άλλες περιοχές των δημόσιων νοσοκομείων που είναι ανοιχτές. Επιπλέον οι χώροι του γραφείου του ιατρικού προσωπικού, οι περιοχές ξεκούρασης και τα αποδυτήρια πρέπει να είναι απομονωμένα από τις κύριες περιοχές του χειρουργείου. Ο θόρυβος δημιουργεί δυσμενείς συνθήκες εργασίας και μπορεί να προκαλέσει προβλήματα σχετικά με την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος.

Στα χειρουργεία πρέπει να υπάρχει πάντα χώρος βελτίωσης γιατί μπορεί οι υπάρχουσες συνθήκες να απαιτήσουν μικρές οι μεγάλες ανακαινίσεις. Τέτοια παραδείγματα παρουσιάζονται στις αμέσως επόμενες παραγράφους.

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

Στο Β Μέρος της πτυχιακής αναφέρονται έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν σε 20 χειρουργεία 10 νοσοκομείων. Οι έλεγχοι αυτοί αποκάλυψαν αρκετά προβλήματα σχετικά με τη λειτουργικότητα των χειρουργείων, τα οποία αποδίδονται στη διάταξη του χώρου και στην εργονομία. Τα κυριότερα προβλήματα παρουσιάζονται και στη συνέχεια.

✘ **Διαθεσιμότητα χώρου:** Αρκετά χειρουργεία χαρακτηρίζονται από έλλειψη διαθεσιμότητας χώρου και μικρές διαστάσεις (εικόνα Α.3.1.2 ). Είναι κοινό πρόβλημα των υπαρχόντων νοσοκομείων εξαιτίας της διαρκούς ανάγκης για αύξηση της χωρητικότητας των χειρουργείων, να γίνονται ανακαινίσεις που απλά αυξάνουν τον αριθμό των χειρουργείων στον ίδιο χώρο, μειώνοντας έτσι τις διαστάσεις τους. Ακόμα και οι νέες εγκαταστάσεις μερικές φορές έχουν μικρότερες από τις αποδεκτές διαστάσεις με αποτέλεσμα το προσωπικό να δυσανασχετεί για τη διαθεσιμότητα μη λειτουργικών χώρων και για τις δυσμενείς συνθήκες εργασίας.



Εικόνα Α.3.1-2: Περιορισμένη διαθεσιμότητα χώρου στις χειρουργικές μονάδες

✘ **Χώροι με ακατάλληλη λειτουργικότητα μέσα στο χειρουργείο:** Μερικά χειρουργεία περιλαμβάνουν χώρους με ακατάλληλη λειτουργικότητα , όπως ο χώροι αποστείρωσης, οι οποίοι θα μπορούσαν να μεταφερθούν έξω, καθώς ενδέχεται να δημιουργήσουν ένα επιπρόσθετο φορτίο στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα με τις χημικές ουσίες, τα μόρια, τους ατμούς κλπ. Συνεπώς, οι χώροι με αυτή τη λειτουργία μπορούν να μετακινηθούν σε άλλη πτέρυγα του νοσοκομείου και να διευθετηθεί μια εσωτερική επικοινωνία μεταξύ τους(π.χ. μέσω ανεγκυστήρα) και να ικανοποιηθούν άλλες ανάγκες με τη χρήση των κενών χώρων.

✘ **Έλλειψη χώρων βοηθητικής χρήσης:** Η διαθεσιμότητα των βοηθητικών χώρων για την αποθήκευση των ιατρικών προμηθειών και τον εξοπλισμό αποστείρωσης των οργάνων και των εργαλείων, είναι ζωτικής σημασίας για την κατάλληλη λειτουργία της εγκατάστασης. Διαφορετικά ακόμα και αν ο χώρος έχει τις απαραίτητες διαστάσεις, ο διαθέσιμος χώρος είναι περιορισμένος λόγω της μόνιμης τοποθέτησης των ιατρικών προμηθειών και του εξοπλισμού μέσα στην κύρια περιοχή του χειρουργείου (Εικόνα Α.3.1.3). Αυτά τα αντικείμενα μπορεί να αποτελέσουν μία επιπρόσθετη απειλή, όπως εστίες μόλυνσης εάν είναι παλαιά και όχι καλά συντηρημένα.



Εικόνα Α.3.1-3: Έλλειψη χώρων βοηθητικής χρήσης

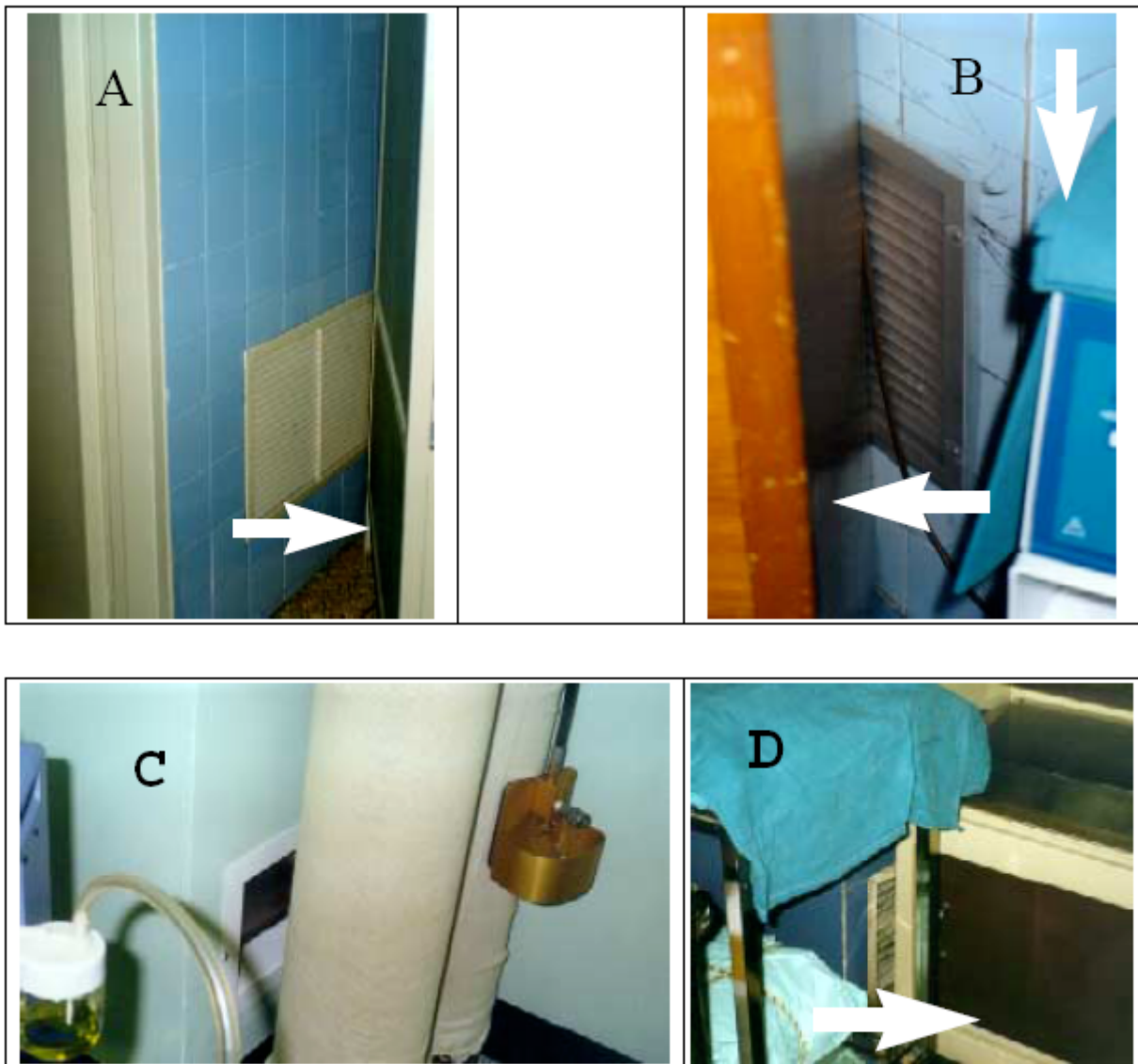
✘ **Διάταξη του χώρου:** Η χρήση του εξοπλισμού και άλλα έπιπλα που πρέπει να υπάρχουν μέσα στο χειρουργείο, πρέπει να τοποθετούνται προσεκτικά, ώστε να επιτρέπουν τη σωστή λειτουργικότητα του χώρου, την εύκολη πρόσβαση από το ιατρικό προσωπικό και τη λειτουργία του HVAC εξοπλισμού. Η εικόνα Α.3.1.4 υποδεικνύει κάποια αντιπροσωπευτικά παραδείγματα ακατάλληλης τοποθέτησης εξοπλισμού και επίπλωσης μέσα στο χειρουργείο, που δημιουργούν προβλήματα στην εγκατάσταση κλιματισμού HVAC .

✘ **Διαθεσιμότητα χώρων βοηθητικής χρήσης και συντήρηση αυτών:** Η διαθεσιμότητα των χώρων βοηθητικής χρήσης είναι στο ελάχιστο προαπαιτούμενη. Όμως η κατάλληλη συντήρηση του χώρου είναι ζωτικής σημασίας, διαφορετικά εγκαταλείπονται, με αποτέλεσμα να μετατρέπονται σε μια ακόμη πηγή πιθανής μόλυνσης (Εικόνα Α.3.1.5). Η διαθεσιμότητα των βοηθητικών χώρων είναι μία κριτική παράμετρος. Για παράδειγμα τα αποδυτήρια σε πολλά χειρουργεία είναι περιορισμένα σε 5m<sup>2</sup> και δε θεωρούνται ικανοποιητικά.

✘ **Θόρυβος:** Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στα χειρουργεία είναι το πρόβλημα του θορύβου, που συνήθως προέρχεται από τα άλλα μέλη του προσωπικού και διαχέεται στον χώρο του χειρουργείου από τις ανοιχτές πόρτες. Στις άλλες πηγές θορύβου περιλαμβάνονται οι εξωτερικές πηγές, το HVAC και άλλοι μηχανισμοί. Αυτά τα προβλήματα είναι πιο κοινά όταν τα γραφεία, τα αποδυτήρια και οι χώροι συνάθροισης του ιατρικού προσωπικού βρίσκονται κοντά στον κύριο χώρο του χειρουργείου.

Η εικόνα A.3.1.6 υποδεικνύει ένα λανθασμένο παράδειγμα για κάποιο χειρουργείο, όπου ο χώρος ξεκούρασης για το ιατρικό προσωπικό βρίσκεται ανάμεσα στα χειρουργικά δωμάτια και στο δωμάτιο ανάνηψης των ασθενών. Αυτό έχει ως τελικό αποτέλεσμα τα σοβαρά παράπονα για προβλήματα θορύβου από άλλα μέλη του ιατρικού προσωπικού, αλλά και προβλήματα στην ποιότητα του αέρα από το κάπνισμα. Ένας τρόπος για να περιοριστούν αυτού του είδους τα προβλήματα είναι να βρίσκονται οι σηπτικοί και οι αποστειρωμένοι χώροι σε διαφορετικούς ορόφους. Σε ένα από τα νοσοκομεία που ελέγχθηκαν με αυτού του είδους τη διαρρύθμιση, δεν αναφέρθηκαν παράπονα γι' αυτήν την κατηγορία.

Εικόνα A.3.1-4: Ποικίλα παραδείγματα από αντικείμενα που εμποδίζουν τις παροχές του HVAC



- A. παροχή εξόδου αέρα στον τοίχο που καλύπτεται από μία ντουλάπα.
- B. παροχή εξόδου αέρα που είναι μερικώς καλυμμένη εκατέρωθεν από μία ντουλάπα και από ιατρικό εξοπλισμό.
- C. παροχή εξόδου του αέρα μερικώς καλυμμένη από μπουκάλες οξυγόνου.
- D. παροχή εξόδου του αέρα καλυμμένη από ιατρικό τραπέζι και από τραπέζι εργαλείων.

Εικόνα Α.3.1-5: Διαθεσιμότητα χώρων βοηθητικής χρήσης

Αριστερά: δωμάτιο αποστείρωσης με κατεστραμμένη επίστρωση δαπέδου.  
Κεντρικά: διάδρομος έξω από το χειρουργείο που χρησιμοποιείται ως χώρος αποθήκευσης.  
Δεξιά: καταψύκτης σε διάδρομο του χειρουργείου που επισκευάστηκε με ταινία.



Εικόνα Α.3.1-6: Περιοχή ξεκούρασης του ιατρικού προσωπικού





### A.3.2 ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Τα χειρουργεία και γενικά η χειρουργική περιοχή είναι ο πιο απαιτητικός χώρος μέσα σε ένα νοσοκομείο, όσον αφορά τη διατήρηση των αποστειρωμένων συνθηκών και των υπόλοιπων ευνοϊκών συνθηκών στους εσωτερικούς χώρους. Συνεπώς ο έλεγχος των εσωτερικών συνθηκών εξαρτάται αποκλειστικά από τον ορθό σχεδιασμό της HVAC εγκατάστασης, ώστε να μειωθεί στο ελάχιστο η συγκέντρωση οργανισμών που μεταφέρονται δι' αέρος και να διατηρηθεί η ποιότητα περιβάλλοντος στους εσωτερικούς χώρους.

Οι χώροι των χειρουργείων πρέπει να σχεδιάζονται και να εξοπλίζονται κατάλληλα με ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, που να ανταποκρίνονται σε αυστηρά κριτήρια, για να διασφαλιστούν οι απαραίτητες και βασικές φυσικές παράμετροι για μια εγχείρηση. Οι παράμετροι αφορούν στη θέρμανση, στη ψύξη, στον εξαερισμό και στο φωτισμό. Όλοι οι διεθνείς κανονισμοί για τις συνθήκες που πρέπει να επικρατούν στα χειρουργεία συστήνουν τις ίδιες τιμές σχεδόν για τις φυσικές παραμέτρους, με μικρές αποκλίσεις. Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάστηκαν αναλυτικά όλοι αυτοί οι κανονισμοί.

#### **ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ:**

Ο Εξαερισμός στο χώρο των χειρουργείων είναι απαραίτητος ώστε να:

- Μειώνονται τα βακτήρια, οι ιοί και η συγκέντρωση της σκόνης σε αποδεκτά επίπεδα, ώστε ο εσωτερικός αέρας να ικανοποιεί τα επίπεδα αποστείρωσης και τις συνθήκες υγιεινής.
- Απομακρύνονται τα αναισθητικά αέρια, οι κακοσμίες που απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια μίας εγχείρησης, οι οποίες ενδεχομένως να ενοχλούν προσωρινά ή μόνιμα τους παρεβρισκομένους.
- Παρέχονται βέλτιστες και άνετες συνθήκες εργασίας για τους εργαζομένους που διευκολύνουν την απαιτητική εργασία τους για τις εγχειρήσεις.

Η πλειοψηφία των μικροβίων που βρέθηκαν στα χειρουργεία προέρχονται από τη χειρουργική ομάδα και τους ασθενείς. Μικρόβια που μεταφέρονται δι' αέρος προσκολλώνται σε μόρια σκόνης και μόρια νερού. Ο αέρας που φιλτράρεται σωστά πρέπει να περιέχει μια συγκέντρωση βακτηρίων της τιμής των 35-70 βακτήρια /m<sup>3</sup>. Μελέτες δείχνουν ότι το 99,9% όλων των βακτηρίων που υπάρχουν στα χειρουργεία απομακρύνονται κατά 90-95% από επαρκή φίλτρα [ASHRAE 1995]. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα βακτήρια σχηματίζουν αποικίες και έτσι το μέγεθος τους ξεπερνά το 1μm. Οι ιοί είναι πιο δύσκολο να απομακρυνθούν καθώς όσοι μεταφέρονται δι' αέρος και προκαλούν μολύνσεις είναι αμελητέοι στο μέγεθος. Συνεπώς δεν υπάρχει διαθέσιμη μέθοδος, ώστε να εξαλειφθεί αποτελεσματικά το 100% των βιώσιμων μορίων. Η μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα παρέχεται από HEPA και φίλτρα εξαιρετικά χαμηλής διεύθυνσης, για τα οποία θα αναφερθούμε σε επόμενο κεφάλαιο. Για να διατηρηθούν οι συνθήκες αποστείρωσης και να αποφευχθεί η μεταφορά βακτηρίων, ιών και άλλων μολύνσεων από ή προς τα χειρουργεία και τον περιβάλλοντα εσωτερικό ή εξωτερικό χώρο, πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν τα εξής:

✓ Ο φυσικός εξαερισμός δεν είναι αποδεκτός καθώς κανείς δεν μπορεί να διατηρήσει τις συνθήκες αποστείρωσης στα χειρουργεία.

✓ Μια διαχειριζόμενη μονάδα αέρα πρέπει να εξυπηρετεί μόνο ένα χειρουργικό χώρο και ίσως ένα ακόμα βοηθητικό χώρο, ενώ απαγορεύεται να εξυπηρετεί πάνω από δύο χειρουργικούς χώρους. Περισσότερες πληροφορίες για αυτές τις μονάδες (AHU) παρουσιάζονται σε επόμενο κεφάλαιο. Όταν δύο χειρουργικοί χώροι εξυπηρετούνται από μία (AHU), τα δύο χειρουργεία

πρέπει να λειτουργούν την ίδια στιγμή, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες της ενέργειας. Η αυτόνομη λειτουργία του HVAC εξοπλισμού σε κάθε χειρουργικό χώρο πρέπει να παρέχει τα μέσα για την προσαρμογή των συνθηκών που επικρατούν στους εσωτερικούς χώρους, χωρίς να επηρεάζει την απόδοση σε άλλους χειρουργικούς χώρους.

✓ Το σύστημα εξαερισμού πρέπει να είναι εξοπλισμένο με φίλτρα υψηλής απόδοσης, σύμφωνα με τους κανονισμούς, ώστε να διατηρούνται οι αποδεκτές συνθήκες της ποιότητας του αέρα στους εσωτερικούς χώρους. Τα φίλτρα πρέπει να παρέχουν τη βέλτιστη απόδοση και για αυτό η συντήρησή τους είναι συχνή.

✓ Ο αριθμός των εναλλαγών του αέρα ανά ώρα (ACH) πρέπει να είναι λιγότερος από 20, σύμφωνα με τους γερμανικούς κανονισμούς DIN 1946. Αυτός ο κανονισμός εφαρμόζεται στα ελληνικά νοσοκομεία. Σύμφωνα με την ASHRAE, κανονισμός 62-1989, η κατώτερη τιμή είναι 15 ACH και διατηρείται μία θετική πίεση στα χειρουργεία.

✓ Το σύστημα εξαερισμού πρέπει να λειτουργεί συνεχώς κατά τη διάρκεια των επεμβάσεων αλλά ακόμα και όταν το χειρουργείο δεν χρησιμοποιείται. Αυτές οι διαδικασίες είναι απαραίτητες ώστε να διασφαλίζονται οι συνθήκες αποστείρωσης ακόμα και σε περίοδο αναμονής. Για να μειωθεί το ενεργειακό κόστος όταν το χειρουργείο δε χρησιμοποιείται, η ροή του αέρα μπορεί να μειωθεί ακόμα και στο 30% χρησιμοποιώντας αναστροφήα.

✓ Απαγορεύεται η ανακύκλωση του αέρα και το σύστημα πρέπει να χρησιμοποιεί 100% εξωτερικό αέρα. Μερικοί εθνικοί κανονισμοί επιτρέπουν την μερική ανακύκλωση αέρα για ειδικούς τύπους χειρουργείων. Ο εσωτερικός αέρας που αποβάλλεται από τα χειρουργεία δεν πρέπει να αναμιγνύεται με την παροχή φρέσκου εξωτερικού αέρα. Συνεπώς η είσοδος του εξωτερικού αέρα και η έξοδος του εσωτερικού, πρέπει να τοποθετούνται μακριά η μία από την άλλη. Η έξοδος του αποβαλλόμενου αέρα πρέπει να βρίσκεται τουλάχιστον 3 μέτρα πάνω από τα επίπεδα του εδάφους και μακριά από πόρτες κατειλημμένους χώρους και παράθυρα. Η τοποθεσία που προτιμάται για τη διέξοδο του αέρα είναι σε υψηλό επίπεδο, σχεδιασμένη ανοδικά ή οριζοντίως, μακριά από την είσοδο του εξωτερικού αέρα. Πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν τα γειτονικά κτίρια οι επικρατούντες άνεμοι και η ταχύτητα εκροής του αέρα.

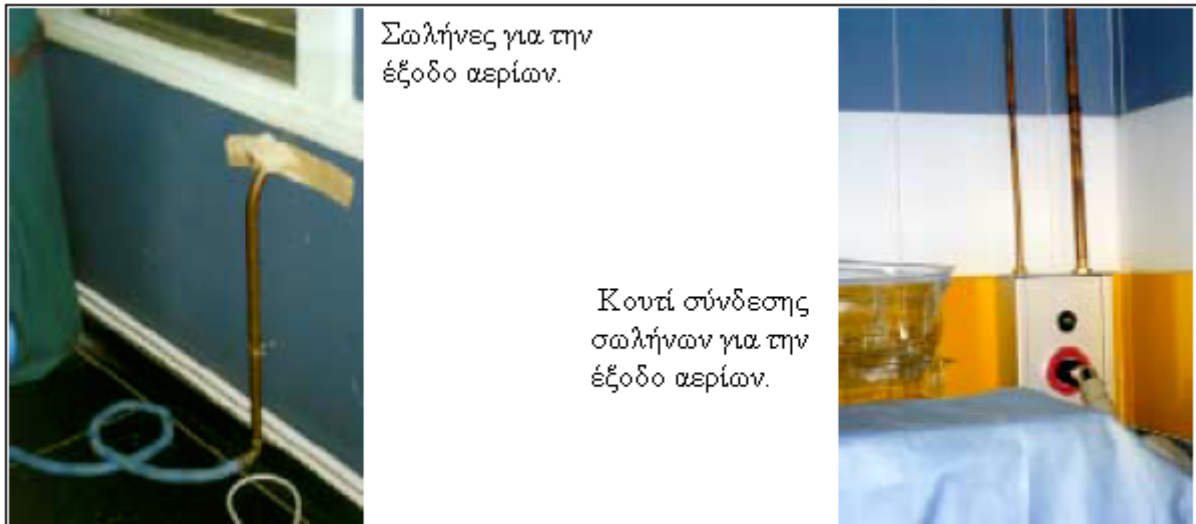
✓ Ο χειρουργικός χώρος πρέπει να έχει μία θετική πίεση, αυτό επιτυγχάνεται καθώς η ποσότητα εισερχόμενου αέρα είναι μεγαλύτερη από αυτή η του εξερχόμενου, σε σχέση με τους βοηθητικούς χώρους. Έτσι η πίεση στο εσωτερικό του χειρουργείου είναι μεγαλύτερη και δεν εισέρχεται αέρας από τους εξωτερικούς, σηπτικούς χώρους.

✓ Η μορφή της ροής του εσωτερικού αέρα πρέπει να διασφαλίζει ότι οι αέριες μάζες κατευθύνονται από τις καθαρές στις λιγότερο καθαρές περιοχές και ότι δεν υπάρχουν κοιλότητες που μπορεί να παγιδευτεί ο αέρας. Η κύρια ροή του αέρα δεν πρέπει να συναντά εμπόδια, ειδικά όταν κατευθύνεται προς τις κύριες πηγές μόλυνσης γύρω από το χειρουργικό τραπέζι(π.χ. ιατρικό προσωπικό και ασθενείς) και όταν οι επιφάνειες δεν είναι αποστειρωμένες.

✓ Η ταχύτητα του αέρα πρέπει να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα, ώστε να αποφευχθούν δίνες και στροβιλισμοί που μπορεί να αναμίξουν τον αέρα και να διασκορπίσουν μικροοργανισμούς που μεταφέρονται με αυτόν.

✓ Η ποιότητα του αέρα μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά χρησιμοποιώντας κατάλληλο εξοπλισμό καθαρισμού για τα αναισθητικά αέρια, όπως φαίνεται στην εικόνα A.3.2.1

Εικόνα Α.3.2-1: Εξοπλισμός καθαρισμού-σωλήνες σύνδεσης για την έξοδο αερίων



### ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ:

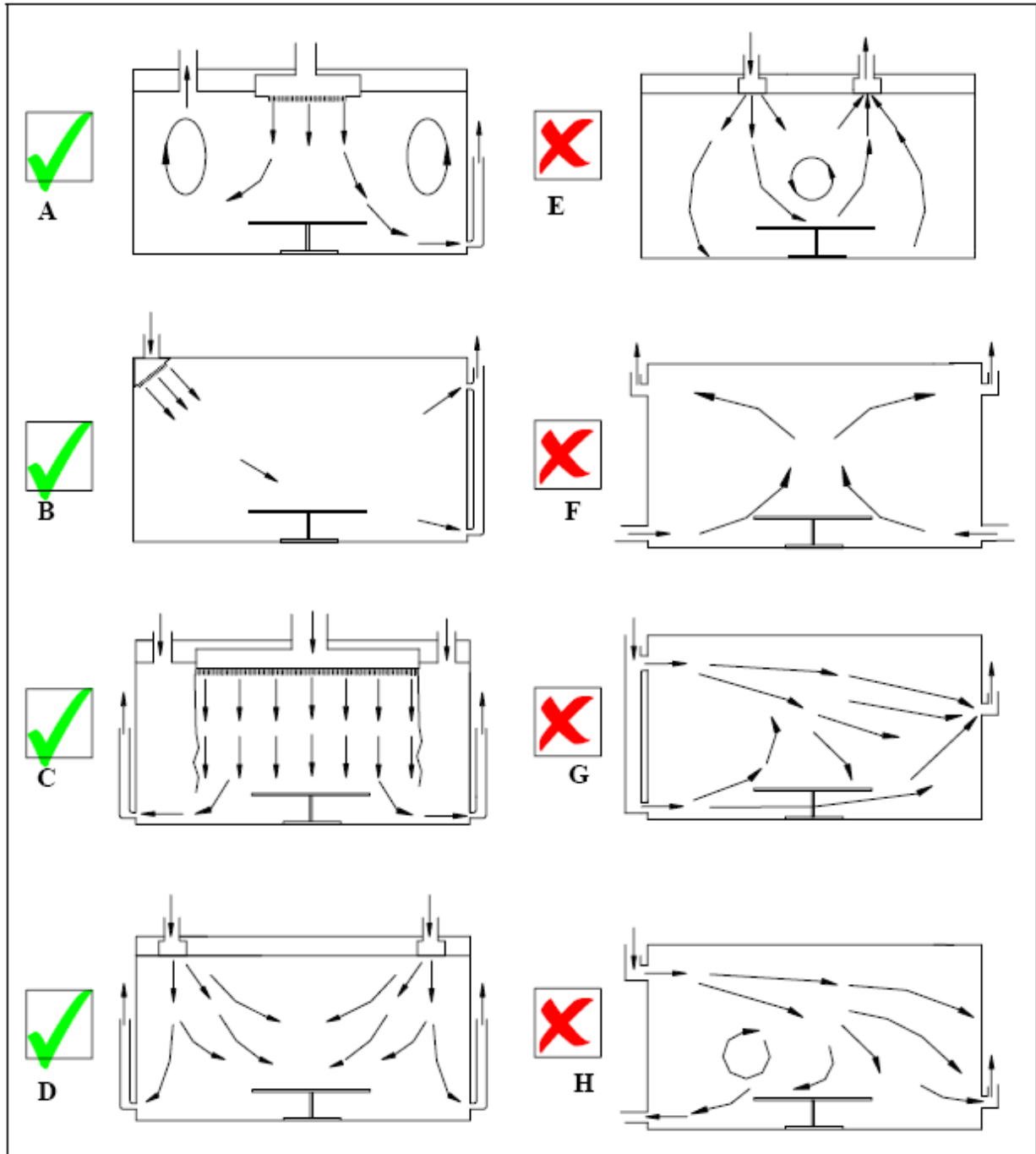
Η ροή του αέρα κατευθύνεται πάντα από τις πιο απαιτητικές προς τις λιγότερο απαιτητικές περιοχές, όσον αφορά την ποιότητα του αέρα. Η κατεύθυνση του αέρα που προτιμάται είναι καθοδική, με ταχύτητα των 0,25-0,45 m/s, ώστε να διατηρείται η κάθετη ροή και να μειώνονται στο ελάχιστο οι δημιουργίες δινών και στροβιλισμών.

Η ροή του αέρα καθορίζεται από την τοποθέτηση της παροχής και τις διεξόδους του αέρα, ώστε να γίνεται αποτελεσματικά η συλλογή και ο έλεγχος των πηγών μόλυνσης, να περιορίζονται σημαντικά οι περιοχές με παγιδευμένο αέρα και να παρέχονται οι επιθυμητές συνθήκες στον εσωτερικό χώρο που κλιματίζεται. Συνεπώς υπάρχουν διάφορες ρυθμίσεις που μπορεί να καταλήξουν να παρέχουν τη σωστή κυκλοφορία του αέρα. Γενικά οι παροχές του εισερχόμενου αέρα πρέπει να τοποθετούνται στις οροφές περιμετρικά και οι παροχές του εξερχόμενου αέρα κοντά στο πάτωμα [ASHRAE 1995]. Με αυτές τις ρυθμίσεις παρέχεται η καθοδική κίνηση του αέρα μέσα στην ενεργό περιοχή (π.χ. γύρω από το χειρουργικό τραπέζι) προς την περιοχή του πατώματος που υπάρχουν διέξοδοι αέρα. Το χαμηλότερο κομμάτι της παροχής εξόδου του αέρα πρέπει να τοποθετείται τουλάχιστον 75 mm πάνω από το πάτωμα.

Μία άλλη ροή του αέρα είναι η “laminar” ροή, όπου ο αέρας μπορεί να κατευθύνεται είτε κάθετα είτε οριζόντια, με ή χωρίς επιπρόσθετους κινητούς τοίχους γύρω από τη χειρουργική ομάδα [ASHRAE 1995]. Η “laminar” ροή ορίζεται ως μία ροή που δεν έχει μια βασική κατεύθυνση όταν δεν παρεμβάλλονται εμπόδια (συνήθως με την ταχύτητα των  $0,46 \pm 0,10$  m/s).

Η εικόνα Α.3.2.2 διευκρινίζει αρκετά παραδείγματα σωστού και λανθασμένου τρόπου εξαερισμού με σχέδια της ροής του αέρα μέσα σε ένα χειρουργικό χώρο. Τα σωστά παραδείγματα είναι ομαδοποιημένα στην αριστερή στήλη (Α-Δ) και τα λανθασμένα είναι στη δεξιά στήλη (Ε-Η).

Εικόνα Α.3.2-2: Παραδείγματα σωστού και λανθασμένου εξαερισμού



Στην περίπτωση E, στην παραπάνω εικόνα υπάρχει μία δίνη του αέρα πάνω από το χειρουργικό τραπέζι. Ο αέρας έχει παγιδευτεί σε ένα μέρος ζωτικής σημασίας, καθώς εκεί βρίσκεται ο ασθενής και η χειρουργική ομάδα. Αυτή η περιοχή είναι η πιο ευαίσθητη για τον έλεγχο των μολύνσεων και η περισσότερη απαιτητική σε αντισηπτικές συνθήκες. Παρόμοιο πρόβλημα υπάρχει και στις περιπτώσεις G και H. Υπάρχει ανακύκλωση του αέρα πάνω από το χειρουργικό τραπέζι και επομένως διασκορπισμός μικροβίων. Όσον αφορά την περίπτωση F, ο σχεδιασμός της ροής του αέρα είναι ανοδικός, ξεκινώντας από το πάτωμα. Αυτό είναι απαράδεκτο καθώς ο αέρας θα διασχίσει μια περιοχή από το πάτωμα και άλλες επιφάνειες οι οποίες έχουν κάθε είδους μικρόβιο και θα φτάσει στο χειρουργικό τραπέζι. Παρόμοια κατάσταση μας παρουσιάζεται και στην περίπτωση της εικόνας G. Λεπτομερής περιγραφή για τα χαρακτηριστικά των διαχυτών αέρα και σχέδια για την κυκλοφορία αέρα μαζί με επιπρόσθετο οπτικό υλικό παρουσιάζεται σε επόμενο κεφάλαιο.

### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΚΟΥ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ:

Οι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν σε 20 χειρουργεία 10 νοσοκομείων και παρατίθενται στο Β μέρος αυτής της εργασίας κατέδειξαν αρκετά προβλήματα στο σύστημα εξαερισμού και τα χαρακτηριστικά της ροής του αέρα. Τα κυριότερα προβλήματα παρουσιάζονται ακολούθως.

- ✘ Χρήση παραθύρων για φυσικό εξαερισμό(εικόνα Α.3.2.3)
- ✘ Ο αριθμός εναλλαγών του αέρα στις περισσότερες περιπτώσεις ήταν ανεπαρκής και συγκεκριμένα μικρότερος των 20 ACH. Αυτό οφείλεται στις πεπαλαιωμένες μονάδες διαχειριζόμενου αέρα, στην ακατάλληλη ταξινόμηση του συστήματος και στην ελλιπή συντήρηση (π.χ. υψηλή πτώση της πίεσης εξαιτίας των φίλτρων που δε συντηρούνται επαρκώς). Ο χαμηλός αριθμός εναλλαγών αέρα έχει σαν αποτέλεσμα την χαμηλή ποιότητα του αέρα που χαρακτηρίζεται κυρίως από πνιγηρότητα.
- ✘ Μερικά χειρουργεία δεν ήταν εξοπλισμένα με συστήματα εξαερισμού και σε ορισμένες περιπτώσεις τα συστήματα ήταν αποσυνδεδεμένα εξαιτίας της προβληματικής λειτουργίας τους. Έτσι δεν υπάρχει ανανέωση του αέρα. Σε άλλες περιπτώσεις οι διαχειριζόμενες μονάδες αέρα χρησιμοποιούνταν μόνο για ψύξη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ κατά τη διάρκεια του χειμώνα το HVAC σύστημα δε λειτουργούσε και έδινε τη θέση του σε συμβατικά θερμαντικά σώματα.
- ✘ Η ταχύτητα του αέρα από τη μονάδα παραγωγής ενδεχομένως να είναι ενοχλητική αν δεν είναι ορθά σχεδιασμένη και να υπερβαίνει τις συνιστώμενες τιμές. Αυτό γίνεται ακόμα πιο απαιτητικό όταν χρησιμοποιούνται σειρές από διαχύτες στην οροφή πάνω από το χειρουργικό τραπέζι. Για παράδειγμα ένα σύστημα που δεν έχει σχεδιαστεί κατάλληλα ή δε συντηρείται επαρκώς, γίνεται συχνά αιτία παραπόνων από το ιατρικό προσωπικό εξαιτίας της υψηλής ταχύτητας αέρος. Μία άλλη έρευνα αποκάλυψε ότι η παροχή αέρα δεν ήταν ομοιόμορφη στο χώρο και άλλες περιοχές είχαν υψηλή ενώ άλλες πολύ μικρότερη παροχή αέρα.

Εικόνα Α.3.2-3: Εξωτερικά παράθυρα σε χειρουργικούς χώρους



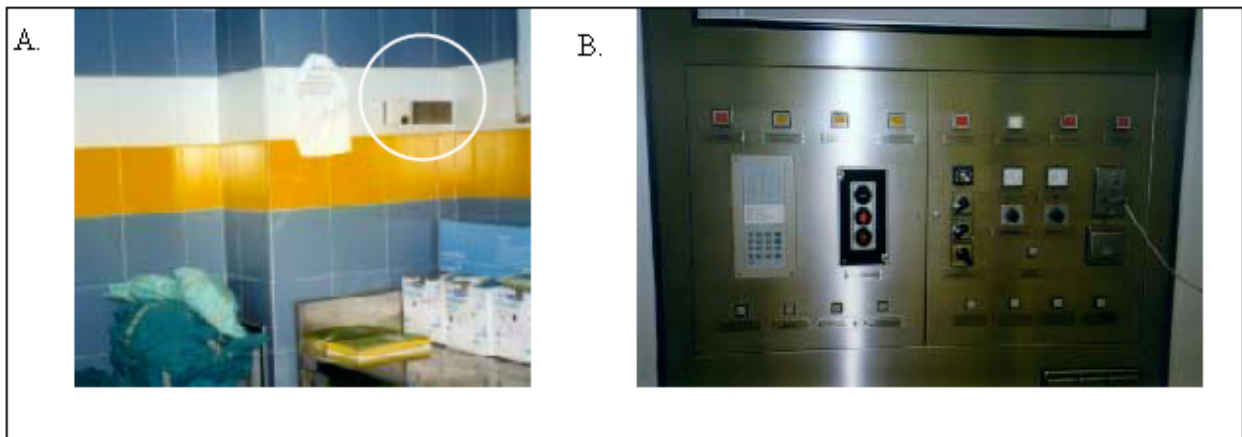
## ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η εσωτερική θερμοκρασία πρέπει να διατηρείται στα συνιστώμενα επίπεδα ώστε να διασφαλίζονται οι αποδεκτές συνθήκες για τους ασθενείς και τους εργαζομένους. Η θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων πρέπει να είναι ομοιόμορφη σε όλο το χώρο. Στους χειρουργικούς χώρους ιδιαίτερη φροντίδα πρέπει να παρέχεται, ώστε να λαμβάνονται υπ' όψιν όλες οι εσωτερικές συσκευές (π.χ. χειρουργική λάμπα). Ο έλεγχος αυτός γίνεται βάσει του ορθού της παροχής του κλιματισμού και της θερμοκρασίας του παρεχόμενου αέρα. Οι βασικές παράμετροι που καθορίζουν τη θερμοκρασία είναι οι εξής:

- ✓ Η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων είναι 20-24 °C, σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς ( γερμανικός κανονισμός DIN 1946).
- ✓ Η αυξημένη εσωτερική θερμοκρασία μπορεί να προκαλέσει δυσφορία και να ευνοήσει τις συνθήκες αναπαραγωγής των βακτηρίων από και προς τους ασθενείς. Η υψηλή θερμοκρασία σχετίζεται και με τα επίπεδα υγρασίας που ενδεχομένως να προκαλέσουν προβλήματα κατά τη διάρκεια μιας εγχείρησης.
- ✓ Χειρουργεία διαφορετικών τύπων μπορεί να αποκλίνουν από τις προαναφερόμενες τιμές θερμοκρασίας, είτε δηλαδή να είναι μικρότερες είτε μεγαλύτερες. Για παράδειγμα, τα παιδιατρικά χειρουργεία απαιτούν υψηλότερη τιμή εσωτερικής θερμοκρασίας, γιατί τα παιδιά είναι πιο ευαίσθητα στις χαμηλές θερμοκρασίες. Από την άλλη, όταν πρόκειται για εγχείρηση καρδιάς, η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη και κυμαίνεται στους 18 °C.
- ✓ Κατάλληλα όργανα ελέγχου πρέπει να επιτρέπουν τη ρύθμιση της εσωτερικής θερμοκρασίας (εικόνα Α.3.2.4). Πρέπει η πρόσβαση και ο χειρισμός τους να είναι εύκολος, ώστε να προσαρμόζονται στις διάφορες ανάγκες.

Εικόνα Α.3.2-4: Αντιπροσωπευτικά συστήματα ελέγχου.

- A. τυπικό είδος θερμοστάτη που ενσωματώνεται στον τοίχο
- B. κεντρικός πίνακας ελέγχου που περιλαμβάνει θερμοστατικούς, υδροστατικούς διακόπτες και διακόπτες φωτισμού και παροχής.



### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ:

Οι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν σε 20 χειρουργεία 10 νοσοκομείων και παρατίθενται στο Β μέρος αυτής της εργασίας κατέδειξαν αρκετά προβλήματα σχετικά με τα επίπεδα θερμοκρασίας που επικρατούν στους εσωτερικούς χώρους. Τα κυριότερα προβλήματα παρουσιάζονται ακολούθως:

- ✘ Η εσωτερική θερμοκρασία σε πολλά χειρουργεία δεν είναι ικανοποιητική. Το πρόβλημα αποδίδεται στη δυσλειτουργία των διαχειριζόμενων μονάδων που δεν αποδίδουν στον αέρα τις επιθυμητές συνθήκες.
- ✘ Αρκετά χειρουργεία θερμαίνονται από απλά θερμαντικά σώματα χωρίς τη χρήση θερμοστατών, με αποτέλεσμα η εσωτερική θερμοκρασία να μην είναι κατάλληλα ελεγχόμενη.
- ✘ Η πλειοψηφία του ιατρικού προσωπικού εκφράζει δυσαρέσκεια για την εσωτερική θερμοκρασία κυρίως για τους καλοκαιρινούς μήνες. Στις περισσότερες των περιπτώσεων οι συνθήκες δεν είναι αποδεκτές και η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από αυτήν που προβλέπουν οι κανονισμοί. Αυτό έχει αρνητικές επιδράσεις στην αποδοτικότητα των εργαζομένων. Τα προβλήματα οφείλονται ενδεχομένως στην ελλιπή συντήρηση των HVAC μονάδων κλιματισμού.
- ✘ Αρκετές εγκαταστάσεις δεν είναι εξοπλισμένες με θερμοστάτες δωματίου. Η θερμοκρασία προσαρμόζεται μόνο από ένα θερμοστάτη για όλες τις διαχειριζόμενες μονάδες αέρα, στον οποίο η είσοδος επιτρέπεται μόνο για το τεχνικό προσωπικό. Σε ορισμένες περιπτώσεις, παρόλο που υπάρχουν κάποια όργανα ελέγχου, δεν λειτουργούν εξαιτίας ελλιπούς συντήρησης ή και λανθασμένης εγκατάστασης.
- ✘ Οι αποκλίσεις στις τιμές της θερμοκρασίας είναι συχνές. Παράλληλα με άλλες παραμέτρους (μέγεθος, εγκατάσταση, συντήρηση κ.λ.π.), αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η κάθε διαχειριζόμενη μονάδα αέρα αναλογεί σε περισσότερους από δύο χειρουργικούς χώρους. Ως αποτέλεσμα, η ταυτόχρονη χρήση όλων των εγκαταστάσεων μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην τιμή της θερμοκρασίας σε μερικούς χώρους.

### ΥΓΡΑΣΙΑ:

Η υγρασία, δηλαδή παρουσία νερού υπό τη μορφή ατμού στον αέρα, πρέπει να διατηρείται σε αποδεκτά επίπεδα, καθώς συνδέεται με την υγιεινή του χώρου και τις συνθήκες της θερμικής άνεσης. Ο αέρας που υπάρχει στο χώρο μπορεί να υφίσταται μείωση της υγρασίας (αφύγρανση) ή αύξηση των επιπέδων υγρασίας (ύγρανση). Γενικά:

- Υψηλά επίπεδα υγρασίας ευνοούν την ανάπτυξη και τη μεταφορά των βακτηρίων, τα οποία μπορούν εύκολα να μεταφερθούν με τον αέρα καθώς προσκολλώνται σε μόρια νερού.
- Υψηλά επίπεδα υγρασίας προκαλούν θερμική δυσφορία.
- Χαμηλά επίπεδα υγρασίας (ξηρός αέρας) ευνοούν το πήξιμο του αίματος, κάτι που είναι ανεπιθύμητο κατά τη διάρκεια μιας εγχείρησης.
- Χαμηλά επίπεδα υγρασίας σε συνδυασμό με τη χρήση διάφορων ηλεκτρικών συσκευών στο χειρουργείο, μπορεί να δημιουργήσουν στατικό ηλεκτρισμό πάνω από ιατρικό εξοπλισμό και σε άλλες επιφάνειες. Ακόμα, μπορεί να προκαλέσει ηλεκτροπληξία ή και φωτιά αφού ενδέχεται να υπάρχουν εύφλεκτα αέρια στο περιβάλλον. Για να περιοριστούν αυτοί οι κίνδυνοι πρέπει να εφαρμοστούν τα ακόλουθα:

✓ Τα επιθυμητά επίπεδα της εσωτερικής υγρασίας είναι 50-60% σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς και τα πρότυπα (γερμανικός κανονισμός DIN 1946).

✓ Η ύγρανση είναι απαραίτητη ώστε να αυξηθούν τα χαμηλά επίπεδα εσωτερικής υγρασίας που συχνά εμφανίζονται κατά τους χειμερινούς μήνες. Ο υγραντήρας (εικόνα Α.3.2.5) είναι μέρος του συστήματος κλιματισμού, αλλά πρέπει να παρέχεται σ' αυτόν ιδιαίτερη συντήρηση για να διασφαλιστεί ότι δεν υπάρχουν προϋποθέσεις μεταφοράς των βακτηρίων προς το χειρουργείο διαμέσου του συστήματος εξαερισμού, καθώς οι υγραντήρες είναι σώματα που παρέχουν γόνιμο έδαφος για την ανάπτυξη βακτηρίων. Ο καθαρισμός του υγραντήρα ελαχιστοποιεί αυτούς τους κινδύνους. Η ύγρανση επιτυγχάνεται καλύτερα με την προσθήκη ξηρού ατμού.

Εικόνα Α.3.2-5: Υγραντήρας ξηρού ατμού



#### **ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΥΓΡΑΣΙΑΣ:**

Οι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν σε 20 χειρουργεία 10 νοσοκομείων και παρατίθενται στο Β μέρος αυτής της εργασίας κατέδειξαν αρκετά προβλήματα σχετικά με τα επίπεδα υγρασίας που επικρατούν στους εσωτερικούς χώρους. Τα κυριότερα προβλήματα παρουσιάζονται ακολούθως:

✘ Σε σχεδόν όλες τις περιπτώσεις τα επίπεδα υγρασίας ήταν πολύ χαμηλά και κυμαίνονταν μεταξύ 20-30%.

✘ Η πλειοψηφία των διαχειριζόμενων μονάδων αέρα δεν ήταν εξοπλισμένη με ειδικό σύστημα υγραντήρα και αφυγραντήρα ή το σύστημα υπήρχε και δε λειτουργούσε. Πολλοί υγραντήρες είχαν λέβητες ατμού που ήταν αφοπλισμένοι.

✘ Η χρήση κεντρικών εγκαταστάσεων θέρμανσης, που είναι συχνή σε πολλά χειρουργεία δεν επιτρέπει την αφύγρανση του αέρα κατά τους χειμερινούς μήνες.



## ΘΟΡΥΒΟΣ

Μία πρωταρχική παράμετρος η οποία καθορίζει σε μεγάλο ποσοστό την ποιότητα περιβάλλοντος των εσωτερικών χώρων είναι η προστασία από εσωτερικούς και εξωτερικούς θορύβους. Το ίδιο το κτίριο προστατεύει τα άτομα από τους εξωτερικούς θορύβους. Όμως η κατάλληλη διάταξη του χώρου (όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο) είναι βασική παράμετρος για την αποφυγή του θορύβου. Ακόμα η κλιματιστική εγκατάσταση και τα περιφερειακά εξαρτήματα που την συνοδεύουν, είναι βασική πηγή θορύβου, γι' αυτό ο σχεδιασμός και η τοποθέτησή τους πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε ο οποιοσδήποτε θόρυβος που θα παραχθεί μέσα στο χειρουργείο να είναι σε τέτοια επίπεδα όπου δε θα προκαλέσει δυσφορία ή προβλήματα σε εργαζομένους και ασθενείς. Όταν τα επίπεδα του ήχου ξεπεράσουν τα επιτρεπτά όρια, τότε χαρακτηρίζονται ως θόρυβος και προκαλούν αναστάτωση. Συνεπώς όλοι οφείλουν και πρέπει να κρατούν τα επίπεδα του ήχου μέσα στο χειρουργείο σε επιτρεπτά επίπεδα.

Ο θόρυβος μπορεί να προέρχεται από:

- Το εξωτερικό περιβάλλον. Ο ήχος μεταφέρεται μέσα στο χώρο από ανοίγματα και τους σωλήνες του εξαερισμού. Ο ήχος μεταδίδεται μέσω των δομικών στοιχείων με αντίστοιχο τρόπο που γίνεται η μετάδοση θερμότητας.
- Τις συσκευές εξαερισμού και κλιματισμού. Συγκεκριμένα προέρχεται από τις συσκευές που λειτουργούν μέσα στο κτίριο και εξαιτίας της κατανομής του αέρα.
- Άλλους χώρους. Ο ήχος μεταφέρεται μέσω των εσωτερικών χωρισμάτων και των τοίχων στα χειρουργεία, είτε διαμέσου του συστήματος εξαερισμού και των εξαεριστήρων, είτε μέσω άλλων μηχανικών συστημάτων που υπάρχουν μέσα στο χώρο.

Το σύστημα σωληνώσεων μεταφέρει το θόρυβο από άλλες πηγές ή γίνεται το ίδιο πηγή θορύβου. Σκληρές μεταλλικές άκρες, άλλου είδους εμπόδια, χαλαροί αποσβέστες, θορυβώδεις ανεμιστήρες και μηχανισμοί, είναι μερικά παραδείγματα πιθανών πηγών θορύβου. Η χαλαρή υποστήριξη των σωληνώσεων και τα υποστηρίγματα ενδέχεται να προκαλούν κραδασμούς. Η κατανομή των εξαεριστήρων, των σωληνώσεων και των άλλων εξαρτημάτων είναι πηγές θορύβου εξαιτίας της υψηλής ταχύτητας της ροής του αέρα (αποσβέστες, πιθανή διαρροή αέρα, κραδασμοί των εξαεριστήρων και των σωληνών κ.α.). Επιπλέον τα εξαρτήματα του συστήματος που είναι τοποθετημένα μέσα στα χειρουργεία αποτελούν πηγές θορύβου. Για παράδειγμα οι τερματικές μονάδες, οι εξαεριστήρες κ.α. Όλα τα συστήματα και οι συσκευές έχουν συγκεκριμένο επίπεδο ήχου σύμφωνα με τον κατασκευαστή και αυτά τα δεδομένα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν κατά τη φάση σχεδιασμού, ώστε να αποφευχθούν πιθανά προβλήματα. Μερικές φορές, ο θόρυβος ίσως είναι το πρώτο σημάδι μιας μηχανικής βλάβης ή δυσλειτουργίας και πρέπει να εξετάζεται για να αποφευχθούν χειρότερα προβλήματα.

Για να βελτιωθεί η ποιότητα του αέρα απαιτείται μεγαλύτερο φιλτράρισμα εξαιτίας της αυξημένης ποσότητας του αέρα που εισέρχεται. Αυτό το σύστημα πίεσης και η κατανάλωση ενέργειας από τους ανεμιστήρες, τελικά αυξάνει τα επίπεδα ήχου των διαχειριζόμενων μονάδων αέρα. Επιπλέον, διαφορετικοί τύποι σωληνώσεων έχουν ελαχιστοποιήσει τα ακουστικά οφέλη των υλικών όπως τα υαλονήματα που χρησιμοποιούνταν στο παρελθόν. Τα επίπεδα θορύβου δεν πρέπει να αξιολογούνται βάσει ξεχωριστών πηγών, αλλά με βάση τον τρόπο που συνεισφέρει κάθε πηγή στα συνολικά επίπεδα θορύβου.

Τα μέσα για να μειώσουμε τους ήχους και να μειωθεί η αρνητική επίδραση από την πηγή θορύβου κατά τον εξαερισμό και τα συστήματα κλιματισμού, περιλαμβάνουν:

- Εξασθενητές ήχου (ηχοπαγίδες) που τοποθετούνται στη διαχειριζόμενη μονάδα αέρα (AHU), αμέσως μετά τον ανεμιστήρα.
- Προστατευτικά μονωτικά υλικά. Οι σωληνώσεις πρέπει να μονώνονται με υλικά που απορροφούν τον ήχο.
- Αντικραδασμικές συσκευές για τον κύριο εξοπλισμό.

Η χρήση συστημάτων με εξασθενητές ήχου μπορούν να επιλύσουν συνήθη και προβλεπόμενα προβλήματα θορύβου, αν και ο σχεδιασμός και η τοποθέτηση του συστήματος θα καθορίσουν την τελική αποδοτικότητα. Είναι σημαντική και η επιλογή του εξοπλισμού καθώς έτσι μπορεί να διαβαθμιστεί ο θόρυβος και να ελαχιστοποιηθεί η ηχορύπανση. Το σημαντικότερο είναι τα προληπτικά μέτρα που λαμβάνονται κατά το σχεδιασμό, τα οποία επιτρέπουν στο μέλλον βελτιώσεις και τροποποιήσεις, όπου αυτό κρίνεται αναγκαίο.

## A.4 ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ

Ο κλιματισμός σε μονάδες επείγουσας ιατρικής (χειρουργεία, μονάδες εντατικής θεραπείας κ.λ.π.) διαφέρει από εκείνον σε συνήθεις κτιριακές εγκαταστάσεις, γιατί το ζητούμενο δε είναι μόνο το ευχάριστο περιβάλλον (που επιβάλλεται από την κατάσταση του ασθενούς και το επιβαρυνόμενο έργο του ιατρικού και νοσηλευτικού προσωπικού), αλλά η καθαρότητα του αέρα από βακτήρια. Επίσης επειδή στους χώρους αυτούς δημιουργείται στατικός ηλεκτρισμός και η χρήση οξειδωτικών αερίων είναι αυξημένη, θα πρέπει ο παραπάνω κλιματισμός να συμβάλει στην εξάλειψη των κινδύνων από ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις. Έτσι οι εσωτερικές συνθήκες στους χειρουργικούς χώρους είναι ιδιαίτερα απαιτητικές και όπως διατυπώθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, τα επιθυμητά επίπεδα εσωτερικών συνθηκών στους χώρους αυτούς είναι:

- Συνεχής και ενιαία θερμοκρασία χώρου, 21-24 °C σύμφωνα με τα πρότυπα και τους κανονισμούς ή θερμοκρασία σε επιθυμητά επίπεδα σύμφωνα με προτεινόμενες τιμές των συγκεκριμένων ιατρικών σκοπών και τη φύση της εγχείρησης.
- Σταθερά επίπεδα υγρασίας στους εσωτερικούς χώρους, 50-60% σύμφωνα με τα πρότυπα και τους κανονισμούς.
- Συνεχής εξαερισμός του χώρου, με τουλάχιστον 20 εναλλαγές αέρα ανά ώρα (ACH).
- Μειωμένη έως ελάχιστη συγκέντρωση μολυσματικών παραγόντων στους εσωτερικούς χώρους όπως είναι τα βακτήρια, η σκόνη, τα πτητικά αέρια και άλλες χημικές ουσίες που μεταφέρονται με τον αέρα, ώστε να διασφαλιστούν οι συνθήκες αποστείρωσης που καθορίζονται από το Υπουργείο Υγείας.
- Θετική πίεση μέσα στους χειρουργικούς χώρους σε σχέση με τους γειτονικούς χώρους, ώστε να μην εισέρχεται αέρας μέσα στο χειρουργείο από τις λιγότερο άσηπτες περιοχές.

Αυτές είναι οι κύριες επιθυμητές συνθήκες που πρέπει να χαρακτηρίζουν το περιβάλλον των εσωτερικών χώρων των χειρουργείων και των άλλων μονάδων αυξημένης φροντίδας. Για την απόκτηση και διατήρησή τους χρειάζεται κατάλληλη χρήση ειδικής κλιματιστικής εγκατάστασης υψηλής ποιότητας και απόδοσης. Αυτό εξασφαλίζει τον κλιματισμό του αέρα όσον αφορά τη θερμοκρασία, την υγρασία, την ποσότητα και την ποιότητα του εισερχόμενου αέρα.

Επιπρόσθετοι καθοριστικοί παράγοντες για τα μηχανολογικά συστήματα, οι οποίοι αφορούν μόνο τους χειρουργικούς χώρους είναι:

- Ο παρεχόμενος αέρας κλιματισμού πρέπει να προέρχεται 100% από το εξωτερικό περιβάλλον.
- Ο φυσικός αερισμός απαγορεύεται και επιπλέον οι χειρουργικοί χώροι δεν επιτρέπεται να έχουν καθόλου παράθυρα που να συνδέονται με το εξωτερικό περιβάλλον.
- Οι εσωτερικές μονάδες παροχής, όπως οι σπείρες των ανεμιστήρων, τα θερμαντικά σώματα ή οι μονάδες διασπασμένου τύπου, δεν επιτρέπονται καθώς δεν μπορούν να παρέχουν εξωτερικό αέρα για κλιματισμό. Ακόμα μπορεί να αποτελέσουν πηγή μόλυνσης για την ανάπτυξη βακτηρίων και συσσώρευση σκόνης.

Τα κατάλληλα συστήματα κλιματισμού παρέχουν αέρα μέσω των διαχειριζόμενων μονάδων αέρα (AHU-AIR HANDLING UNITS), οι οποίες θερμαίνουν, ψύχουν και φιλτράρουν τον αέρα προτού τον διοχετεύσουν στα χειρουργεία. Τα επιμέρους εξαρτήματα και ο τρόπος λειτουργίας των AHUs παρουσιάζονται παρακάτω.

#### A.4.1 ΔΙΑΧΕΙΡΙΖΟΜΕΝΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΕΡΑ (AHU)

Μια τυπική διαχειριζόμενη μονάδα αέρα (AHU) που υπάρχει στα χειρουργεία, αποτελείται από επιμέρους μονάδες που περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- Ψυκτικό στοιχείο (σπείρα ψύξης)
- Θερμαντικό στοιχείο (σπείρα θέρμανσης)
- Μεταθερμαντικό στοιχείο
- Υγραντήρα
- Φίλτρα πρώτου, δεύτερου και τρίτου βαθμού
- Ανεμιστήρα ανεφοδιασμού
- Βαλβίδες παροχής αέρα
- Εξασθενητή ήχου (ηχοπαγίδα)
- Αυτόματο έλεγχο λειτουργίας

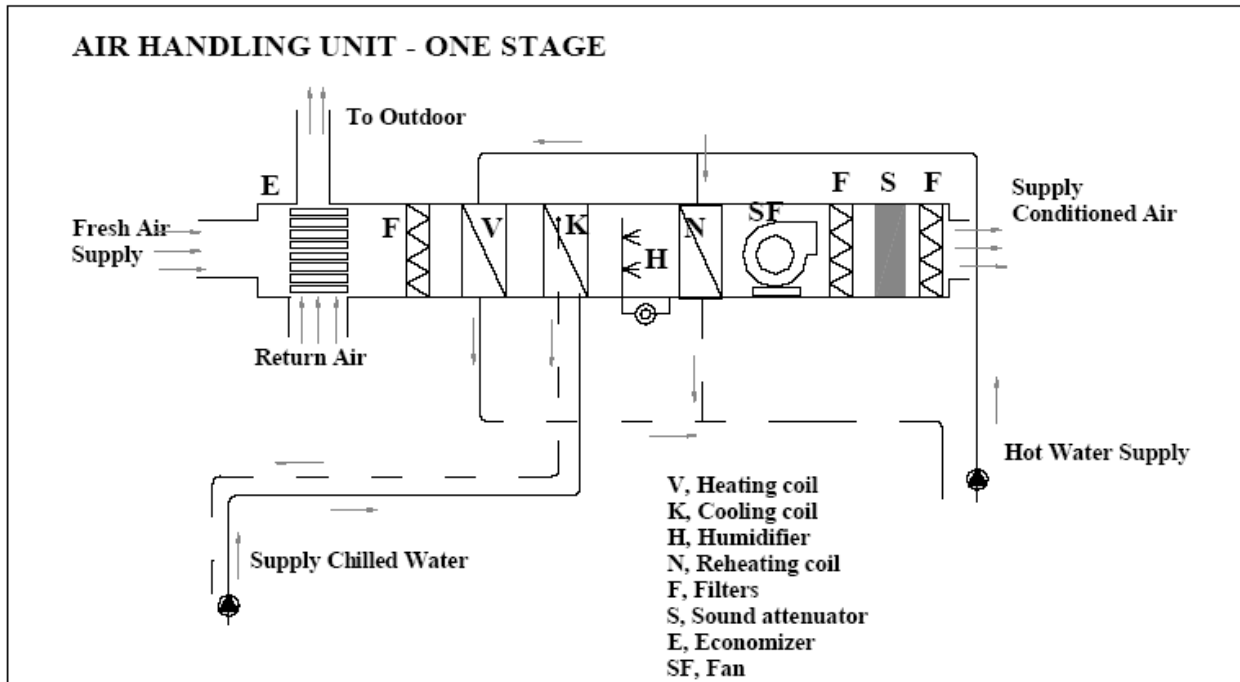
Όλα αυτά τα στοιχεία συνδέονται με κατάλληλες σωληνώσεις για την παροχή και τη διέξοδο αέρα. Η λειτουργία του συστήματος με 100% αυξάνει το φορτίο του εξαερισμού και την κατανάλωση ενέργειας, καθώς ο αέρας που διεξέρχεται δεν μπορεί να ανακυκλωθεί. Οι εξοικονομητές παρέχουν μία εναλλακτική λύση για τη μείωση του ενεργειακού κόστους. Ο εξοικονομητής είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας που χρησιμοποιείται ώστε να ανακτηθεί μέρος της θερμότητας του αέρα που εξέρχεται στο περιβάλλον.

Ο τύπος και ο αριθμός των φίλτρων που έχουν συμπεριληφθεί σε μία AHU έχουν σχεδιαστεί ώστε να εξυπηρετούν σε ένα χειρουργείο, και αποτελούν ένα ξεχωριστό χαρακτηριστικό γνώρισμα που ανταποκρίνεται στις αυστηρές απαιτήσεις των προδιαγραφών καθαριότητας. Αυτού του είδους τα φίλτρα πληρούν πλήρως τις προϋποθέσεις των προτύπων και διασφαλίζουν ανώτατη ποιότητα αέρα που απαιτείται στους εξεταζόμενους χώρους.

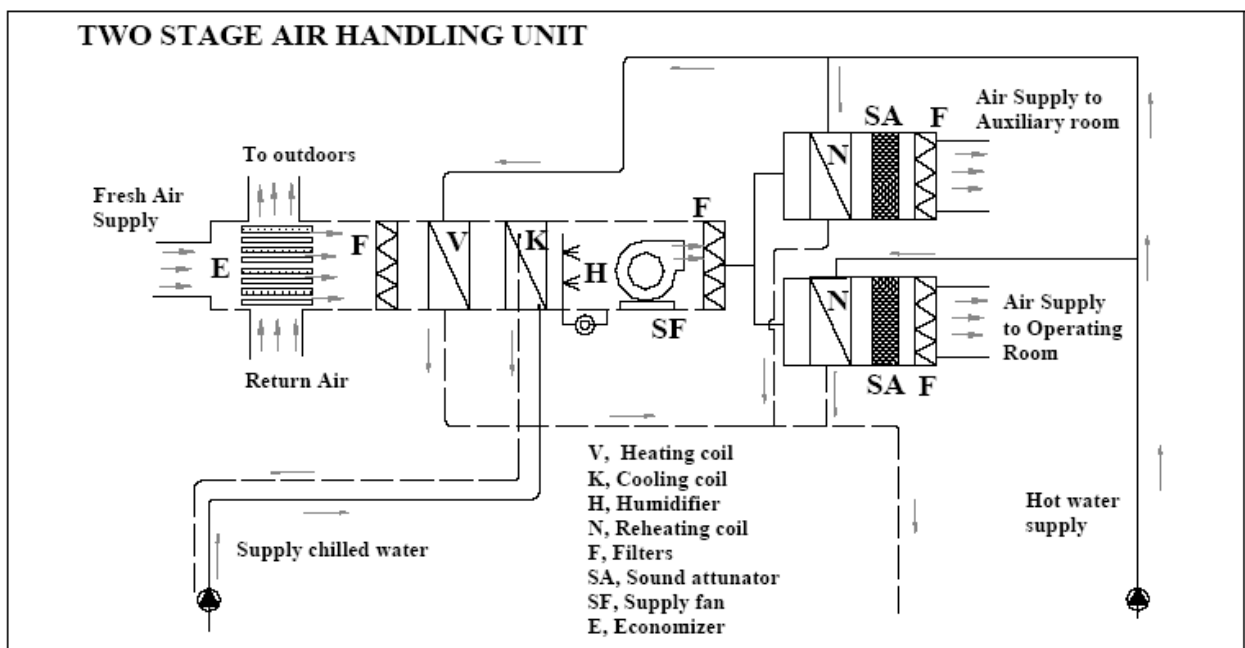
Οι AHUs που χρησιμοποιούνται για την εξυπηρέτηση των χειρουργείων είναι μονής ζώνης (one stage) ή δύο ζωνών (two stage), που έχουν ή όχι τερματική μονάδα (TU). Αυτό εξαρτάται από το ποσοστό κάλυψης της AHU. Συνεπώς, αν η AHU χρησιμοποιείται για την εξυπηρέτηση μίας ή δύο ζωνών (χώρων) με ακριβώς ίδιες εσωτερικές συνθήκες, τότε είναι πιθανό να χρησιμοποιηθεί μία μονής ζώνης εγκατάσταση, όπως δείχνει η εικόνα A.4.1. Εναλλακτικά μία διπλή AHU χρησιμοποιείται εάν η AHU εξυπηρετεί περισσότερες από δύο ζώνες με διαφορετικές απαιτήσεις για τις εσωτερικές συνθήκες. Σε αυτή την περίπτωση υπάρχει μία κεντρική μονάδα και περισσότερες από δύο τερματικές μονάδες (TU), όπως δείχνει η εικόνα A.4.2.

Με μία δύο ζωνών AHU, κάθε τερματική μονάδα εξυπηρετεί μία ζώνη. Η τερματική μονάδα περιλαμβάνει ένα μεταθερμαντικό στοιχείο και ένα φίλτρο τρίτης τάξεως(s). Ο αέρας που παρέχεται από την κύρια διαχειριζόμενη μονάδα αέρα τροφοδοτεί την τοπική τερματική μονάδα για κάποιες συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας. Οι επιθυμητές συνθήκες του αέρα προσαρμόζονται έπειτα στην τερματική μονάδα με τη χρήση του μεταθερμαντικού στοιχείου. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατόν οι (Tus) να ανταποκρίνονται στις διαφορετικές απαιτήσεις των χώρων που συνδέονται. Όμως η σπείρα αναθέρμανσης επιτυγχάνει μικρές προσαρμογές που γίνονται στη θερμοκρασία του παρεχόμενου αέρα. Συνεπώς αν οι δύο ζώνες, δηλαδή οι δύο χειρουργικοί χώροι, έχουν εντελώς διαφορετικές συνθήκες, τότε επιβάλλεται χρήση δύο ανεξάρτητων AHUs.

Εικόνα Α.4-1: Τυπική διάταξη μιας μονής ζώνης AHU (one stage)



Εικόνα Α.4-2: Τυπική διάταξη μιας διπλής ζώνης AHU (two stage)



Επεξήγηση στοιχείων εικόνων:

- V-θερμαντικό στοιχείο
- K-ψυκτικό στοιχείο
- H-υγραντήρας
- N-μεταθερμαντικό στοιχείο
- F-φίλτρα
- SF-ανεμιστήρας
- SA-εξασθενητής ήχου
- E-εξοικονομητής

Η διάταξη και η διαμόρφωση των AHUs ενδεχομένως να περιλαμβάνουν διαφορετικές μεθόδους για κάθε στάδιο κλιματισμού και λειτουργίας, δηλαδή θέρμανση, ψύξη, ύγρανση, φιλτράρισμα. Έτσι ο ανεμιστήρας μπορεί να τοποθετηθεί σε καθοδική διάταξη σε σχέση με το μεταθερμαντικό στοιχείο, ή σε ανοδική διάταξη σε σχέση με αυτό. Η διαχειριζόμενη μονάδα μπορεί να τοποθετηθεί στο κέντρο του μηχανοστασίου ή να κατανεμηθεί σε διάφορα μέρη του κτιρίου. Αυτό όμως μεγιστοποιεί την απαιτούμενη διάταξη των σωληνώσεων και το μέγεθος των επιμέρους μονάδων.

Τα στοιχεία ψύξης και θέρμανσης εφοδιάζονται με κρύο ή ζεστό νερό από συμβατικά συστήματα ψύξης και θέρμανσης, όπως λέβητες, boiler, ψυγεία κ.λ.π. Τα ψυκτικά στοιχεία είναι εναλλάκτες θερμότητας που απομακρύνουν από τον αέρα την λανθάνουσα θερμότητα. Οι συνθήκες λειτουργίας καθορίζουν το μέγεθος του εναλλάκτη θερμότητας. Κάποιες ποσότητες αέρα μπορεί να παρακάμψουν τις σπείρες, γεγονός που σημαίνει ότι ο αέρας ρέει χωρίς να έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια του εναλλάκτη θερμότητας, ενώ αυτή η διαδικασία εξαρτάται από τις σειρές και τη διάταξη των θερμικών στοιχείων. Τα στοιχεία θέρμανσης μπορούν να τοποθετηθούν ανοδικά στο εξερχόμενο ρεύμα αέρα (προθέρμανση) ή στο αναμεμιγμένο ρεύμα αέρα. Τα στοιχεία προθέρμανσης λειτουργούν όταν η θερμοκρασία αέρα είναι κάτω από 10°C. Ένα στοιχείο θέρμανσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις τερματικές μονάδες ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία του κλιματιζόμενου αέρα σε περίπτωση που δεν υπάρχει κανένα άλλο μέσο για τη θέρμανση του χώρου. Σε μερικές εφαρμογές όπου η εσωτερική ενίσχυση είναι υψηλή απαιτείται χαμηλή θερμότητα στον εξαερισμό. Το σύστημα μπορεί επίσης να συνδεθεί και με άλλους συμβατικούς τύπους θερμότητας.

Μερικά συστήματα είναι επίσης εξοπλισμένα με σπείρες προθέρμανσης ώστε να διασφαλίζεται η σταθερή θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της αφύγρανσης. Η προθέρμανση δεν πρέπει να χρησιμοποιείται αν δεν υπάρχει σύστημα ανάκτησης θερμότητας. Εναλλακτικά μία οικονομικότερη λύση είναι ένας βροχοειδής οικονομητήρας που ανακτά ένα μέρος της θερμότητας του εξερχόμενου αέρα, για να προθερμάνει τον κρύο που έχει αφυγρανθεί.

Μερικές γενικές οδηγίες για τη βέλτιστη λειτουργία και απόδοση των AHUs παρουσιάζονται στη συνέχεια:

- ✓ Κάθε διαχειριζόμενη μονάδα αέρα πρέπει να εξυπηρετεί χειρουργικούς χώρους με παρεμφερή συνθήκες λειτουργίας, ώστε το μέγεθος της AHU να εξισορροπείται με το φορτίο. Η διαχειριζόμενη μονάδα αέρα πρέπει να εξυπηρετεί μέχρι δύο χειρουργικούς χώρους και άλλους χώρους βοηθητικούς μέσα στο χειρουργείο. Κατ' αυτόν τον τρόπο ελέγχονται καλύτερα οι εσωτερικές συνθήκες [Υπουργείο Υγείας 1997].
- ✓ Οι διαχειριζόμενες μονάδες αέρα πρέπει να τοποθετούνται κοντά στα χειρουργεία για να περιοριστεί το μήκος των αγωγών για τη διανομή του αέρα. Αυτό θα μειώσει τις ενεργειακές απώλειες, την πτώση πίεσης και την κατανάλωση ενέργειας των ανεμιστήρων.
- ✓ Οι μονάδες παροχής ζεστού και κρύου νερού (λέβητας, ψυγείο) πρέπει να τοποθετούνται κοντά στις AHUs, ώστε να περιοριστούν οι ενεργειακές απώλειες κατά τη μεταφορά και η κατανάλωση επιπλέον ενέργειας μέσω των αντλιών.
- ✓ Οι διαχειριζόμενες μονάδες αέρα πρέπει να τοποθετούνται μέσα σε ένα μηχανοστάσιο [Υπουργείο Υγείας 1997], καθώς εξωτερικοί μολυσματικοί παράγοντες μπορεί να μεταφερθούν στο εσωτερικό μέσω της παροχής αέρα. Συνεπώς οι αγωγοί εισόδου και εξόδου του αέρα πρέπει να τοποθετούνται κατάλληλα, για να περιοριστεί η δυνατότητα ανάμιξης του καθαρού και του μολυσμένου αέρα.

Η εικόνα Α.4.3 δείχνει πολλά παραδείγματα για το μέρος της εγκατάστασης μιας διαχειριζόμενης μονάδας αέρα. Η παροχή εξερχόμενου αέρα πρέπει να τοποθετούνται μακριά από τις διεξόδους του συστήματος ή από άλλα σημεία εξόδου αερίων από το κτίριο. Ιδιαίτερη μέριμνα πρέπει να ληφθεί για τη διατήρηση της υγρασίας των σταγονιδίων που μεταφέρονται δι' αέρος (όπως κοντά σε πύργους ψύξης). Ποικίλα άλλα προβλήματα που ενδεχομένως να παρουσιαστούν αλλά και προστατευτικά μέτρα παρουσιάζονται σε άλλο κεφάλαιο.

Εικόνα Α.4-3(Α-Θ): Σωστά(✓) και λανθασμένα(✗) παραδείγματα τοποθέτησεως της AHU

Α)



Β)



Α(✓) Η AHU σε ένα καλά διατηρημένο μηχανοστάσιο

Β(✗) Η AHU στην ταράτσα ενός νοσοκομείου

Γ)



Δ)



Γ(✗) Η AHU στην ταράτσα ενός νοσοκομείου

Δ(✗) Η AHU στην ταράτσα ενός νοσοκομείου

E)



Z)



E(×) Η AHU στην ταράτσα ενός νοσοκομείου δίπλα σε σωρό σωλήνων

Z(×) Η AHU στην ταράτσα ενός νοσοκομείου πάνω σε μεταλλική βάση

H)



Θ)



H(×) Η AHU σε μια ημι-περιφραμμένη περιοχή, με τις παροχές εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρα κοντά η μία στην άλλη

Θ(×) Ανεπαρκώς συντηρημένη AHU σε ένα υπόγειο μηχανοστάσιο, με ακατάλληλες συνθήκες χώρου

#### A.4.1.1 ΨΥΧΡΟΜΕΤΡΙΑ

Οι αρχές λειτουργίας μιας διαχειριζόμενης μονάδας αέρα περιγράφονται καλύτερα με τον ψυχομετρικό χάρτη. Όλες οι διακυμάνσεις των συνθηκών μπορούν να καθοριστούν στον πίνακα. Η εικόνα A.4.6 καταγράφει την πορεία θέρμανσης και ψύξης του αέρα, κάτω από συνήθεις συνθήκες για τα χειρουργεία.

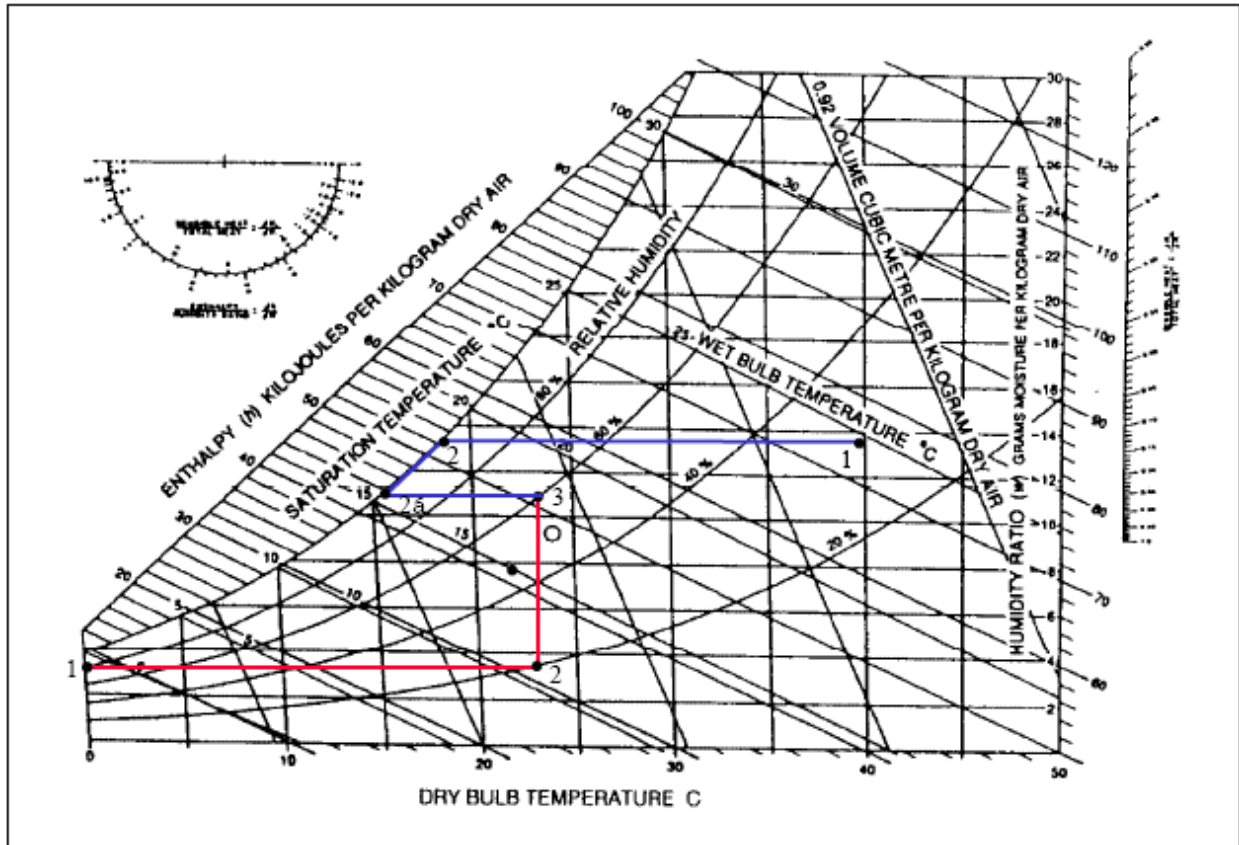
Το μέγεθος της διαχειριζόμενης μονάδας αέρα εξαρτάται από τις εξωτερικές συνθήκες που επικρατούν μέγιστο ελάχιστο και τα φορτία καθορίζονται από τις επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες. Οι συνθήκες που επικρατούν είναι οι εξής:

- Εξωτερικές συνθήκες κατά τα χειμώνα: θερμοκρασία 0-10 °C και σχετική υγρασία 65-85%.
- Εξωτερικές συνθήκες κατά το καλοκαίρι: θερμοκρασία 40 °C και σχετική υγρασία 30-40%.



- Εσωτερικές συνθήκες: θερμοκρασία 22-24 °C και σχετική υγρασία 50-60%.

Ειδικές εσωτερικές συνθήκες που εξαρτώνται από τη φύση της εγχείρησης μπορεί να αποκλίνουν μερικούς βαθμούς από τις προηγούμενες τιμές.



Εικόνα A.4-4: ψυχομετρικός χάρτης κατά ASHRAE. Η πορεία της θέρμανσης υποδεικνύεται από τις γραμμές (1-2-3) και η πορεία της ψύξης από τις (1-2-2α-3) γραμμές

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ο εξωτερικός αέρας πρέπει πρώτα να θερμανθεί και μετά να υγρανθεί. Μια τυπική διαδικασία επεξηγείται από τις γραμμές (1-2-3) του ψυχομετρικού χάρτη. Ο αέρας εισέρχεται με χαμηλή θερμοκρασία όπως ορίζεται στο σημείο 1 (0 °C και σχετική υγρασία 70-80%). Ο αέρας ρέει πάνω από το στοιχείο θέρμανσης και η θερμοκρασία του ανέρχεται σε 22-24°C, ενώ η σχετική υγρασία πέφτει στο 20% (κόκκινη γραμμή 1-2). Έπειτα ο αέρας υγραίνεται σε μια ενιαία και σταθερή θερμοκρασία, για να φτάσει η σχετική υγρασία το 50-60% (κόκκινη γραμμή 2-3).

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ο εξωτερικός αέρας πρέπει πρώτα να ψύχεται και μετά να αφυγραίνεται. Μια τυπική διαδικασία επεξηγείται από τις (1-2-2α-3) γραμμές του ψυχομετρικού χάρτη. Ο αέρας εισέρχεται με υψηλή θερμοκρασία όπως ορίζεται στο σημείο 1 (40 °C και χαμηλά επίπεδα σχετικής υγρασίας). Ο αέρας ρέει πάνω από το στοιχείο ψύξης και ρίχνει τη θερμοκρασία του στους 18 °C, ενώ η συμπύκνωση συμβαίνει στη διαδρομή (2-2α). Στη συνέχεια ο αέρας πρέπει να επαναθερμανθεί ώστε να αυξηθεί η θερμοκρασία του και η αναλογία της υγρασίας (μπλε γραμμή 2α-3).

Το στοιχείο ψύξης αφυγραίνει τον ψυχρό αέρα κάτω από το σημείο δρόσου και η υγρασία πρέπει να αυξηθεί. Ο αέρας που φεύγει από το ψυκτικό στοιχείο είναι κατά βάση κορεσμένος (95% σχετική υγρασία).

Κάτω από φυσιολογικές κλιματιστικές συνθήκες με εσωτερική θερμοκρασία 22-23 °C, η αφύγρανση επιτυγχάνεται εύκολα. Όμως όταν εμφανίζεται ανάγκη για χαμηλότερες θερμοκρασίες των 18 °C, για ορισμένες χειρουργικές επεμβάσεις, τα συμβατικά συστήματα ψύξης δεν μπορούν να επιτύχουν τα προβλεπόμενα επίπεδα υγρασίας χωρίς την προσθήκη νερού πολύ χαμηλής θερμοκρασίας. Οι αφυγραντήρες προσφέρουν μια εναλλακτική λύση για τον έλεγχο της υγρασίας σε χαμηλές θερμοκρασίες. Αυτού του είδους τα συστήματα θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο.

#### A.4.2 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΜΙΑΣ ΑΗU

Αυτή η παράγραφος παρουσιάζει αναλυτικά τις λειτουργίες των κυριότερων μερών μιας ΑΗU. Για τη σωστή λειτουργία της εγκατάστασης είναι απαραίτητο να λειτουργούν εξίσου σωστά κάθε μία από τις ανεξάρτητες μονάδες της ΑΗU. Βέλτιστη απόδοση σημαίνει ότι οι εσωτερικές συνθήκες διατηρούνται στα επιθυμητά επίπεδα και η κατανάλωση ενέργειας είναι η μικρότερη δυνατή. Αυτή η παρουσίαση των μονάδων μιας ΑΗU συμπληρώνεται με παραδείγματα υπολογισμού των φορτίων κάθε μονάδας και εικόνες από εγκαταστάσεις νοσοκομείων. **ΨΥΚΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:** Είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας που αποτελείται από σπείρα η οποία τροφοδοτείται με κρύο νερό μέσω ενός ψυγείου ή μιας αντλίας θερμότητας. Η σπείρα ψύξης λειτουργεί επίσης ως ένας αφυγραντήρας του αέρα, όταν η σχετική υγρασία φτάσει τα επίπεδα του 60%. Αν δεν υπάρχουν άλλα μέσα αφύγρανσης, όπως αφυγραντήρες, το ψυγείο πρέπει να λειτουργεί ακόμα και το χειμώνα. Μέσω σωλήνων η σπείρα ψύξης τροφοδοτείται με κρύο νερό. Συνεπώς το μήκος των σωλήνων πρέπει να διατηρείται στο ελάχιστο ώστε να έχουμε μικρή πτώση πίεσης και μειωμένο κόστος άντλησης, ενώ πρέπει οι σωλήνες να μονωθούν κατάλληλα για να μην έχουμε μεγάλες απώλειες θερμότητας. Αντιπροσωπευτικά παραδείγματα σωληνώσεων φαίνονται στην εικόνα A.4.5(α και β). Τα ψυκτικά στοιχεία πρέπει να καθαρίζονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε να έχουμε ικανοποιητική μετάδοση θερμότητας.

Εικόνα A.4.5-α: Σωλήνες που συνδέονται με την ΑΗU και βρίσκονται σε καλή κατάσταση



Στην προηγούμενη εικόνα(αριστερά) βλέπουμε σωλήνες με ελαστομερή θερμική μόνωση, βαμμένους άσπρους για προστασία και αντοχή από την εξωτερική έκθεση, ενώ δεξιά βλέπουμε σωλήνες με θερμική μόνωση υαλοβάμβακα και μεταλλική επίστρωση για προστασία.

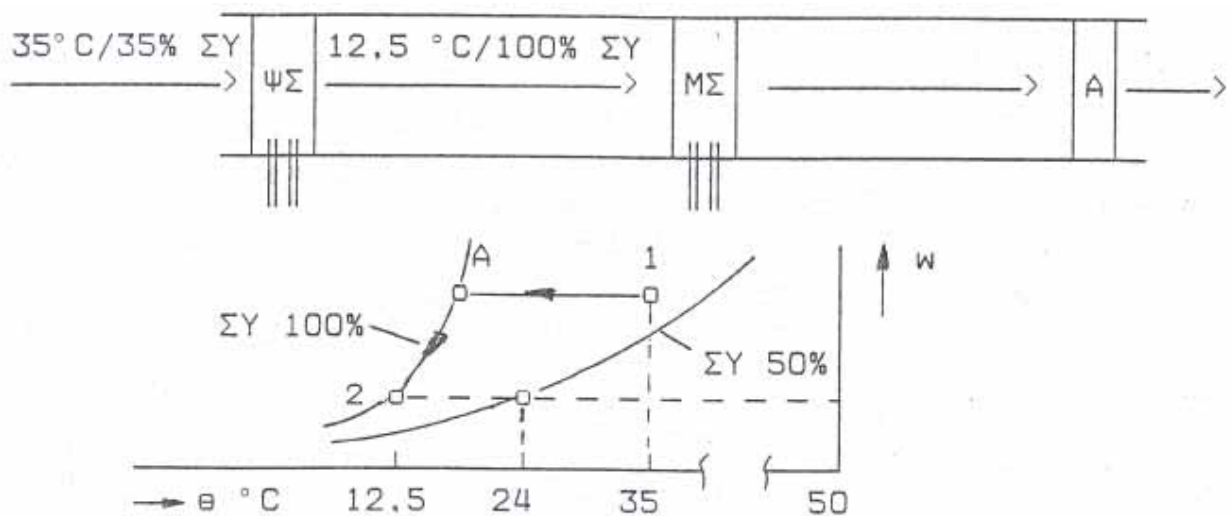
Εικόνα Α.4.5-β: Σωλήνες που συνδέονται με την ΑΗΥ και βρίσκονται σε άσχημη κατάσταση



Στην εικόνα Α.4.5-β παρατηρούμε σωλήνες που έχουν κατεστραμμένη θερμική μόνωση

Παράδειγμα υπολογισμού φορτίου ψυκτικού στοιχείου

Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα η ψύξη και η αφύγρανση του αέρα γίνονται από 35 °C /35% ΣΥ στο σημείο 1, 25 °C / 100% ΣΥ, που έχει την ίδια ειδική υγρασία με το σημείο 24 °C /50% ΣΥ. Με τα δεδομένα αυτά από το ψυχομετρικό χάρτη της ASHRAE έπεται ότι η



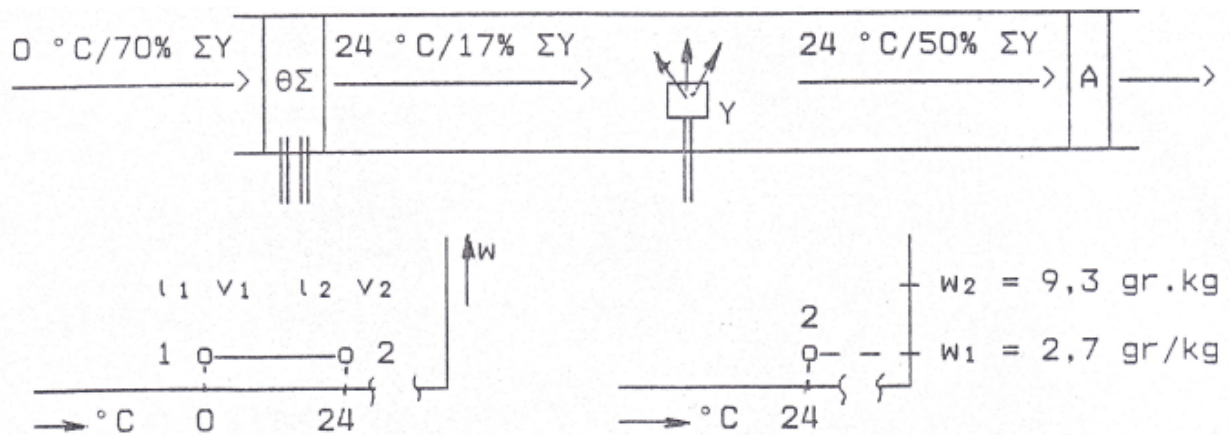
διαφορά ενθαλπίας μεταξύ των σημείων 35 °C /35% ΣΥ και 12,5 °C / 100% ΣΥ είναι  $\Delta h_a=7.05$  kcal/kg. Επίσης είναι:  $v_1=0,86$  m<sup>3</sup>/kg και  $v_2=0,84$  m<sup>3</sup>/kg.

Επομένως έχουμε:  $Q_{\Psi\Sigma} = \frac{V}{0,86} [7,05+Q_\lambda \frac{0,84}{V}]$  σε kcal/h όπου V η παροχή όγκου αέρα σε m<sup>3</sup>/h και  $Q_\lambda$  συνολικό λανθάνον φορτίο σε kcal/h.

**ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:** Είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας με σπείρα που τροφοδοτείται με ζεστό νερό από ένα λέβητα. Το θερμαντικό στοιχείο τοποθετείται πριν από το ψυκτικό στοιχείο μέσα στην AHU, ώστε να επιτρέπεται η αφύγρανση του αέρα αφού πρώτα έχει θερμανθεί, όταν είναι αναγκαίο. Οι σωληνώσεις πρέπει επίσης να ανταποκρίνονται στα χαρακτηριστικά γνώρισμα που επισημάνθηκαν και προηγουμένως.

Παράδειγμα υπολογισμού φορτίου θερμαντικού στοιχείου:

Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, αρχικά θερμαίνεται ο αέρας στην κατάσταση 24°C /17% ΣΥ και ακολούθως αυξάνεται μέσω του υγραντή η σχετική υγρασία του στο 50%.



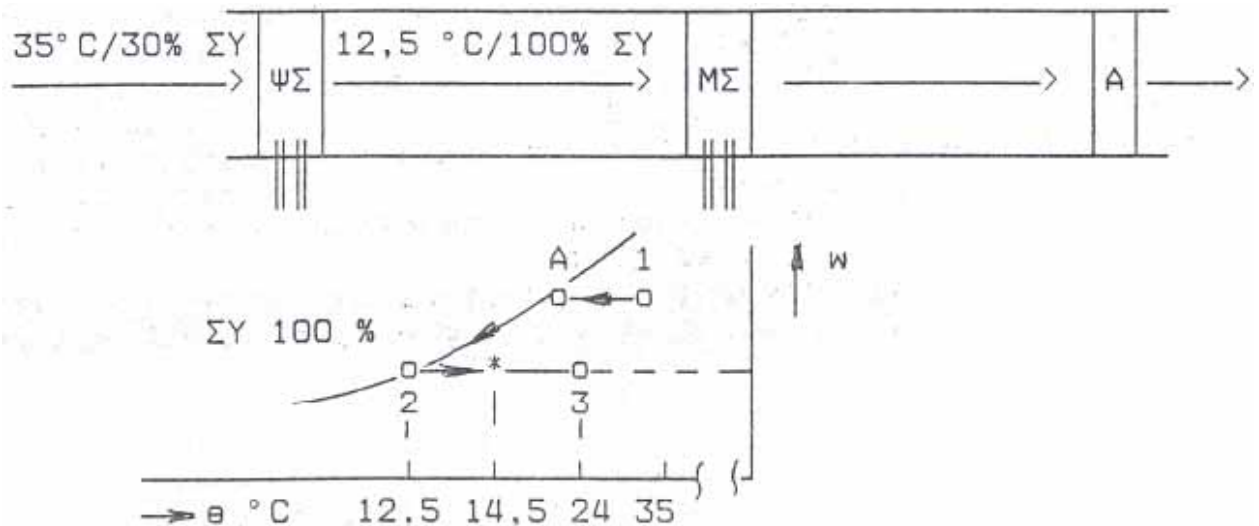
Η διαφορά ενθαλπίας μεταξύ των σημείων 0 °C /70% ΣΥ και 24 °C / 170% ΣΥ είναι  $\Delta h_a=5,8$  kcal/kg. Επίσης είναι:  $v_1=0,77$  m<sup>3</sup>/kg και  $v_2=0,84$  m<sup>3</sup>/kg και  $w_2-w_1=6,6$  gr/kg

Επομένως έχουμε:  $Q_{\Theta\Sigma} = \frac{V}{0,77} [5,8+Q_\chi \frac{0,84}{V}]$  σε kcal/h, όπου V η παροχή όγκου αέρα σε m<sup>3</sup>/h και  $Q_\chi$  συνολικό θερμικό φορτίο χειμώνα σε kcal/h.

**ΜΕΤΑΘΕΡΜΑΝΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ:** Είναι εναλλάκτης θερμότητας με σπείρα που τροφοδοτείται με ζεστό νερό από λέβητα. Το μεταθερμαντικό στοιχείο τοποθετείται μετά τον υγραντήρα και σε κάποιες περιπτώσεις πριν τον ανεμιστήρα. Η σπείρα μεταθέρμανσης κάνει τις τελικές μετατροπές στη θερμοκρασία από τον παρεχόμενο αέρα για να ανταποκριθεί στις απαιτούμενες συνθήκες όσον αφορά τη θερμοκρασία και την υγρασία. Τα μεταθερμαντικά στοιχεία συνήθως συμπεριλαμβάνονται στις διπλές AHUs που εξυπηρετούν χώρους με διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας. Σε περίπτωση που η μεταθέρμανση επιτευχθεί με ζεστό νερό, τότε πρέπει ο λέβητας να βρίσκεται σε λειτουργία όλη τη διάρκεια του έτους.

Παράδειγμα υπολογισμού φορτίου μεταθερμαντικού στοιχείου:

Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα γίνεται μεταθέρμανση του αέρα από το σημείο 2, ( 12,5 °C /100% ΣΥ )στο σημείο 3 (ένα μέρος της μεταθέρμανσης του αέρα γίνεται στο χώρο από το  $Q_{a1}$ ), ώστε να επικρατούν τελικά οι επιθυμητές συνθήκες 24 °C /50-60% ΣΥ.



Η διαφορά ενθαλπίας μεταξύ των σημείων ( 12,5 °C /100% ΣΥ ) και 24 °C / 50% ΣΥ είναι  $\Delta h_a = 2,8 \text{ kcal/kg}$ . Επίσης είναι:  $v_2 = 0,84 \text{ m}^3/\text{kg}$

Επομένως έχουμε:  $Q_{ΜΣ} = \frac{V}{0,84} [2,8 - Q_{a1} \frac{0,84}{V}]$  σε kcal/h, όπου V η παροχή όγκου αέρα σε  $\text{m}^3/\text{h}$  και  $Q_{a1}$  συνολικό αισθητό φορτίο σε kcal/h.

**ΥΓΡΑΝΤΗΡΑΣ-ΑΦΥΓΡΑΝΤΗΡΑΣ:** Τα εσωτερικά επίπεδα υγρασίας πρέπει να ελέγχονται από μια σχετική υγρασία του 50-60%, ώστε να περιοριστεί η ανάπτυξη των μικροβίων και οι AHUs πρέπει να τροφοδοτούν την ύγρανση και την αφύγρανση του αέρα. Οι υγραντήρες προσθέτουν υγρασία στον παρεχόμενο αέρα ώστε ο αέρας να μην είναι πολύ ξηρός μετά το θερμαντικό στοιχείο, πράγμα που μπορεί να συμβεί κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Η ποσότητα της υγρασίας δεν πρέπει να υπερβαίνει τις δεδομένες συνθήκες ώστε ο παρεχόμενος αέρας να μπορέσει να την απορροφήσει χωρίς να επέλθει κορεσμός. Ο συμπυκνωμένος αέρας μπορεί να επιφέρει συμπύκνωση μέσα στο σύστημα, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει προβλήματα όπως η ανάπτυξη παθογόνων οργανισμών. Για αυτό το λόγο είναι σωστό να χρησιμοποιείται ξηρός ατμός και να αποφεύγεται η χρήση υγρών επιφανειών ή οι ψεκασμοί νερού.

#### A.4.2-1 ΦΙΛΤΡΑ

Το φιλτράρισμα του αέρα παρέχεται από τα πιο αποδοτικά μέσα ώστε να ελέγχονται οι μολυσματικοί παράγοντες και να μειώνεται η συγκέντρωσή τους, αλλά και να απομακρύνονται από τη μονάδα εξαερισμού εξολοκλήρου. Φίλτρα διαφόρων μορφών χρησιμοποιούνται σε κάθε τύπο μονάδας διαχειριζόμενου αέρα και κλιματισμού. Είναι κοινή εφαρμογή να χρησιμοποιούνται φίλτρα ώστε να απομακρύνονται οι μολυσματικοί παράγοντες του εσωτερικού και εξωτερικού αέρα, και σε πιο απαιτητικές οι μικροοργανισμοί και οι αεριώδεις μολυσματικοί παράγοντες. Το φιλτράρισμα του εσωτερικού αέρα μπορεί να αποδειχθεί αποδοτικό όσον αφορά τη διατήρηση της ενέργειας, καθώς ο καθαρός εσωτερικός αέρας μπορεί να ανακυκλωθεί και να μειωθεί η ποσότητα του εξωτερικού αέρα.

Υπάρχει ευρεία ποικιλία των διάφορων τύπων φίλτρων που μπορούν να διαχειριστούν κάθε είδους πρόβλημα. Τα πιο κοινά φίλτρα αέρα και συλλέκτες ατμοσφαιρικής σκόνης, επιλέγονται σύμφωνα με την αποδοτικότητά τους για την απομάκρυνση διαφόρων μορίων. Το αρχικό κόστος, η συντήρηση και τα κριτήρια λειτουργίας πρέπει να εκτιμούνται προσεκτικά μαζί με την απόδοση ώστε να παρθεί σωστή απόφαση.

Η επιλογή του φίλτρου βασίζεται στη λειτουργία και το ρόλο του σε συνάρτηση με τη λειτουργία για την οποία θα χρησιμοποιηθεί. Διαφοροποιούνται βάσει της αποτελεσματικότητάς τους για την απομάκρυνση ορισμένων κατηγοριών μικροβίων. Οι πιο κοινές παράμετροι που χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό και την κλίμακα διαφόρων τύπων φίλτρων περιλαμβάνουν:

- Αποδοτικότητα: η ικανότητα του φίλτρου να συγκρατεί τα μόρια από τη ροή του αέρα, εκφρασμένη ως ποσοστό. Υψηλή αποδοτικότητα σημαίνει ότι το φίλτρο μπορεί να απομακρύνει από τον αέρα ακόμα και μόρια πολύ μικρότερου μεγέθους.
- Αντίσταση στη ροή του αέρα: η στατική πτώση της πίεσης καθώς ο αέρας ρέει μέσα στο φίλτρο, σύμφωνα με μια δεδομένη κλίμακα ογκομετρικής ροής. Η τιμή της πτώσης της πίεσης εξαρτάται από το πόσο καθαρό είναι το φίλτρο. Μετά την πάροδο μιας συγκεκριμένης περιόδου χρήσεως, ανάλογα με τον τύπο του φίλτρου, οι διάφοροι μολυσματικοί παράγοντες που έχουν απομακρυνθεί από το φίλτρο, μειώνουν την πορώδη κατάσταση του φίλτρου και ο αέρας ρέει με μεγαλύτερη δυσκολία μέσα στο φίλτρο.
- Ικανότητα συγκράτησης της σκόνης: το ποσοστό της σκόνης που μπορεί να συγκρατηθεί από το φίλτρο πριν υπάρξει αισθητή πτώση της αποδοτικότητας του ή πριν ξεπεραστεί η μέγιστη τιμή πτώσης πίεσης, για ορισμένη κλίμακα ροής αέρα.

Υπάρχουν ποικίλες μέθοδοι ελέγχου για τις διάφορες εφαρμογές. Ο Αμερικάνικος οργανισμός ASHRAE, το ινστιτούτο κλιματισμού και ψύξης ARI, το ινστιτούτο φίλτρων αέρα AFI, το εθνικό γραφείο προτύπων των Ηνωμένων Πολιτειών NBS, το βρετανικό ίδρυμα προτύπων BSI, έχουν αναπτύξει αρκετά πρότυπα για διάφορους εξαιρισμούς

Πίνακας Α.4.1: Πρότυπα ελέγχου των φίλτρων:

Οργανισμός	Πρότυπα
ARI	Εμπορικός και βιομηχανικός εξοπλισμός φίλτρων αέρα ARI πρότυπο 850-84. Ινστιτούτο κλιματισμού και ψύξεως, Arlington, V.A.  Εξοπλισμός φίλτρων αέρα σε περιοχές, ARI πρότυπο 680-86
ASHRAE	Μέθοδοι ελέγχου των συσκευών για τον καθαρισμό του αέρα που χρησιμοποιούνται στο γενικό εξαερισμό για την απομάκρυνση της μοριακής ύλης, ASHRAE πρότυπο 52-76, Αμερικανικός Οργανισμός Μηχανικών για θέρμανση, ψύξη και κλιματισμό Inc, Atlanta, G.A.
BSI	Μέθοδοι ελέγχου των φίλτρων αέρα που χρησιμοποιούνται στον κλιματισμό και στον γενικό εξαερισμό. BS 2831, London, UK  Μέθοδοι ελέγχου των φίλτρων αέρα χαμηλής διεύθυνσης. BS 3928, London, UK

Το φιλτράρισμα απομακρύνει τέσσερις τύπους μολυσματικών παραγόντων του αέρα, όπως: στερεά μόρια ( γύρη, σκόνη, καπνός), αέρια και ατμοί, υγρά μόρια ( όπως ομίχλη και υδρονέφωση )και βακτήρια και άλλους ζωντανούς οργανισμούς. Αφού οι μολυσματικοί παράγοντες διαφέρουν σε μέγεθος, υπάρχουν και διαφορετικοί τύποι φίλτρων που εξυπηρετούν διαφορετικούς σκοπούς. Οι βασικές ομάδες στις οποίες κατηγοριοποιούνται τα φίλτρα είναι οι εξής:

- Φίλτρα για την απομάκρυνση στερεών και υγρών μορίων, που περιλαμβάνουν ιξώδη διάδοση και διαθέσιμη ξηρά επιφάνεια, σε ανανεώσιμες και καθοριζόμενες παραλλαγές, ινώδεις, ηλεκτροστατικές και πλύσιμου αέρος ( είτε με την απορρόφηση των υγρών είτε

- με τη συμπύκνωση των μορίων ατμού με το απευθείας πλύσιμο)
- Φίλτρα για την απομάκρυνση των αερίων και των ατμών, που περιλαμβάνουν ενεργό άνθρακα και χημικά φίλτρα
- Φίλτρα για την απομάκρυνση των βακτηρίων που περιλαμβάνουν υπεριώδεις ή βακτηριοκτόνες λάμπες, εικόνα Α.4-6



Εικόνα Α.4-6: Εξοπλισμός αποστείρωσης με υπεριώδη ακτινοβολία

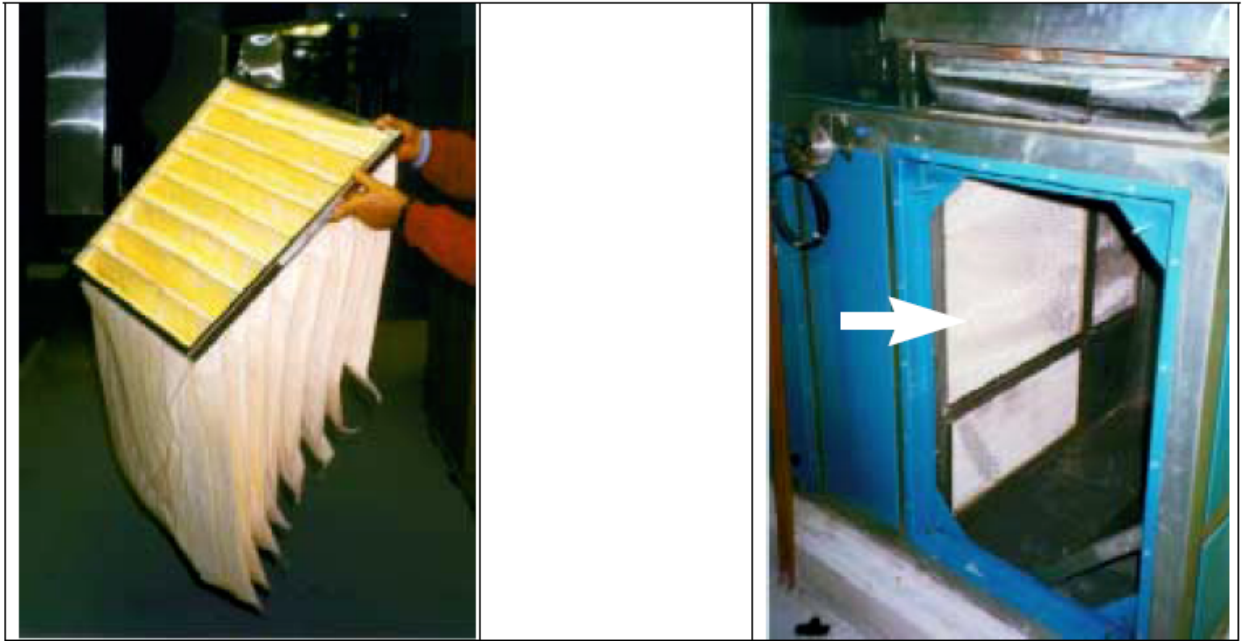
Τα στατικά φίλτρα χρησιμοποιούνται σε μικρές εγκαταστάσεις με ροή αέρα μέχρι  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Διατίθενται σε διαφορετικά μεγέθη και λειτουργούν με μια διάδοση και ταχύτητα αέρα των  $1-2,5 \text{ m/s}$ . Καθαριζόμενοι τύποι φίλτρων αέρος, που κατασκευάζονται από συνθετικά υλικά, έχουν απόδοση που φτάνει το 95% και μπορούν να συγκρατήσουν μεγάλη ποσότητα μορίων και σκόνης.

Φίλτρα αέρα ξηρού τύπου με μια τυπική απόδοση συγκράτησης που κυμαίνεται μεταξύ 95-99%, κατασκευάζονται από συνθετικά ή άλλα ινώδη υλικά. Είναι αναγκαίο να αντικαθιστώνται όταν η στατική τους πίεση διπλασιαστεί (η συσσωρευμένη σκόνη αυξάνει την πτώση της πίεσης από  $35-100 \text{ Pa}$  ως μια μέγιστη επιτρεπτή πτώση περίπου  $50-200 \text{ Pa}$ ). Τύποι φίλτρων αέρος μιας χρήσεως, με τυπική απόδοση συγκράτησης βάρους που φτάνει το 95%, κατασκευάζονται από συνθετικά υλικά ή άλλα μέσα με μεταλλική επιφάνεια, έχουν χαμηλή χωρητικότητα και συχνά χρησιμοποιούνται σε μικρά συστήματα.

Ιξώδεις τύποι φίλτρων αέρος επενδύονται με μια φυτική ουσία π.χ. λάδι η οποία αυξάνει τη σύλληψη του φίλτρου καθώς τα μόρια αέρα προσκρούουν πάνω στην επιφάνεια του φίλτρου. Η σταδιακή αύξηση των μορίων που συσσωρεύονται αυξάνει την πτώση της πίεσης ως μια μέγιστη επιτρεπτή τιμή που βελτιώνει την απόδοση. Η απόδοσή τους όμως πέφτει καθώς τα συσσωρευμένα μόρια συνεχίζουν να αυξάνονται.

Τα ινώδη φίλτρα τύπου τσέπης ή τύπου σάκου (throwaway filters), παρέχουν μεγαλύτερη περιοχή κάλυψης για μικρότερη πτώση πίεσης. Αυτόματι, ιξώδεις και ξηροί τύποι φίλτρων αέρα χρησιμοποιούνται συνήθως σε συστήματα μεγαλύτερου μεγέθους από ότι τα φίλτρα στατικού τύπου και για μέση ταχύτητα αέρα των  $2-3 \text{ m/s}$ .

Στις εικόνες Α.4-7α και Α.4-7β παρουσιάζονται διάφοροι τύποι φίλτρων, που διαφοροποιούνται για το βαθμό απόδοσής τους και για τον τρόπο τοποθέτησής τους στην εγκατάσταση.



Εικόνα Α.4-7α: Φίλτρα αέρα για τις AHU που εξυπηρετούν χειρουργεία. Αριστερά-Τύπος φίλτρου σακούλας βαθμίδας C, 95% αποδοτικότητας. Δεξιά-Φίλτρο αέρα υψηλής απόδοσης απόλυτης βαθμίδας S, 99.97% αποδοτικότητας.



Εικόνα Α.4-7β: Φίλτρα αέρα τοποθετημένα στο εσωτερικό της AHU που εξυπηρετεί χειρουργεία.



Τύποι φίλτρων αέρος υψηλής (απόλυτης) απόδοσης με τυπική συγκράτηση βάρους που φτάνει το 99,999%, κατασκευάζονται από επεξεργασμένο χαρτί και συνήθως συνδυάζονται με πρόφιλο. Η απόδοσή τους εξαρτάται από το μέγεθος των μορίων (δεδομένα τυπικής απόδοσης αναφέρονται σε μεγέθη μορίων γύρω στα 10 $\mu\text{m}$ , αλλά μπορούν να συγκρατήσουν και μόρια μικρότερα από 0,1 $\mu\text{m}$ . Μέσα στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται και μόρια που προκαλούν αλλεργίες ή άσθμα και κυμαίνονται μεταξύ 10-0,5  $\mu\text{m}$ ).



Εικόνα Α.4-8: Επιφάνεια ενός απόλυτου φίλτρου με απόδοση 99,999%

Το φίλτρο B<sub>2</sub> πρώτου επιπέδου, είναι ένα πρόφιλο, τοποθετείται ακριβώς μετά το άνοιγμα της εισόδου του αέρα και εξυπηρετεί ως ένα επίπεδο πρώτου φιλτραρίσματος του εξωτερικού αέρα σε μία AHU. Τα πρόφιλα έχουν αποδοτικότητα 50% και μπορούν να συλλέξουν πολλά μόρια σκόνης και μόρια στερεής μορφής κάτω των 0,3 $\mu\text{m}$  (ASHRAE Πρότυπο 52-1992). Η πτώση της πίεσης είναι γύρω στα 5mm H<sub>2</sub>O. Η χρήση πρόφιλων βελτιώνουν σημαντικά τη γενική απόδοση του φίλτρου. Τα φίλτρα αυτά μπορούν εύκολα να υπερφορτωθούν (εικόνα Α.4.9) ανάλογα με το πόσο μολυσμένος είναι ο αέρας. Πρόφιλα χαμηλής αποδοτικότητας συνήθως συμπεριλαμβάνονται μαζί με τα φίλτρα υψηλής αποδοτικότητας, για επέκταση της διάρκειας ζωής τους και μείωση της συγκεντρώσεως βακτηρίων στο κυρίως φίλτρο.

Εικόνα Α.4-9: Πρόφιλα υπερφορτωμένα



Το φίλτρο C δευτέρου επιπέδου, είναι ένα λεπτό φίλτρο με αποδοτικότητα περίπου 95% και μπορεί να συλλέξει μόρια με διάμετρο μικρότερη των 0,3 $\mu\text{m}$ . Η πτώση της πίεσης είναι γύρω στα 10mm H<sub>2</sub>O. Αυτού του είδους τα φίλτρα τοποθετούνται κατά την έξοδο του αέρα από την AHU και μπορούν επίσης να συγκρατήσουν ατμούς νερού ή μικροοργανισμούς που μπορούν να μεταφερθούν δια αέρος εξαιτίας του ψυκτικού στοιχείου. Αυτά είναι ινώδη φίλτρα τύπου τσέπης ή σακούλας. Το φίλτρο S τρίτου επιπέδου ειδικό φίλτρο έχει ακόμα υψηλότερη αποδοτικότητα περίπου στο 99.97%. Η πτώση της πίεσης της πίεσης είναι γύρω στα 25mmH<sub>2</sub>O. Αυτού του τύπου τα φίλτρα τοποθετούνται όσο το δυνατόν πιο κοντά στα χειρουργεία, ώστε να καθαρίσουν τον αέρα από κάθε είδους μόρια που ενδεχομένως να είχαν διαπεράσει από τα προηγούμενα φίλτρα. Πριν τα χειρουργεία υπάρχουν αυτόματοι αποσβέστες, ώστε να απομονώνουν τα μόρια όταν η μονάδα δεν είναι σε λειτουργία και να εμποδίζουν την ανάδρομη ροή από το χειρουργείο προς την AHU. Τα ηλεκτροστατικά φίλτρα έχουν μια τυπική σύλληψη βάρους γύρω στο 85% όταν υπάρχει κάποιο πρόφιλτρο και 95% όταν υπάρχει και ένα φίλτρο μετά. Τα ηλεκτροστατικά φίλτρα ( εικόνα Α.4.10) προκαλούν το θετικό ή αρνητικό φορτίο των μορίων που μεταφέρονται με τον αέρα καθώς αυτός ρέει στα αυτοφορτιζόμενα μέσα φιλτραρίσματος ( π.χ. φύλλα πολυπροπυλενίου) με εναλλασσόμενη πολικότητα. Τα μόρια σκόνης μεγέθους μικρότερου του 0,1  $\mu\text{m}$  φορτίζονται και έπειτα έλκονται από το αντίθετα φορτιζόμενο μέσο. Το φίλτρο πρέπει να ελέγχεται κάθε 4-6 εβδομάδες και να καθαρίζεται κατάλληλα. Η απόδοσή τους είναι σχετικά καλύτερη σε σχέση με τα κοινά φίλτρα, αλλά απαιτούν δυσκολότερη συντήρηση ώστε να είναι αποδοτικά. Τα ηλεκτροστατικά φίλτρα λειτουργούν με παρεμφερή τρόπο, τοποθετούνται σε μεγάλες και κεντρικές εγκαταστάσεις και απαιτούν υψηλή ενέργεια της τάξεως των 30-50W.



Εικόνα Α.4-10: Απόλυτο ηλεκτροστατικό φίλτρο (S)

Η απόδοση του φίλτρου μειώνεται σημαντικά κατά τη χρήση του και εξαρτάται από τον τύπο του φίλτρου και τις συνθήκες λειτουργίας. Οι εργοστασιακές προδιαγραφές πρέπει να θεωρούνται ενδεικτικές και η κατάσταση του φίλτρου πρέπει να καταγράφεται συνεχώς καθώς τα ευδιάκριτα χαρακτηριστικά λειτουργίας καθορίζουν την κατάσταση του φίλτρου. Σε διαφορετική περίπτωση το φίλτρο δε λειτουργεί σωστά και μπορεί να μετατραπεί σε πηγή μόλυνσης και να προκαλέσουν την αύξηση των μολυσματικών παραγόντων. Ειδικές οδηγίες συνήθως δίνονται από τους κατασκευαστές και τεχνικά πρότυπα από οργανισμούς όπως η ASHRAE.

Τα χημικά φίλτρα χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των εξωτερικών μολυσματικών παραγόντων, όπως είναι τα αέρια από τις εκπομπές των αυτοκινήτων, προϊόντα καύσεως, όπως NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> και φορμαλδεύδη HCHO και πτητικές οργανικές ενώσεις. Τα χημικά φίλτρα μπορούν επίσης να διαχειριστούν προβλήματα οσμών που σχετίζονται με τους εξωτερικούς μολυσματικούς παράγοντες, όπως το O<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S και HCL.

Ο ενεργός άνθρακας είναι το πιο κοινό χημικό φίλτρο. Η λέξη ενεργός υποδηλώνει την υψηλή διαχείριση της θερμοκρασίας από την ακατέργαστη ύλη που δημιουργεί μικροσκοπικούς πόρους στα μόρια του άνθρακα. Αυτό κάνει την επιφάνεια του άνθρακα περισσότερο ελκυστική για ορισμένες ουσίες. Καθώς ο αέρας κινείται μέσα στο φίλτρο, ξένα μόρια απορροφούνται από τη μεγάλη επιφάνεια του άνθρακα. Αυτά χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των οσμών, των καπνών και των αερίων και συνήθως συνδυάζονται με πρόφιλτρα που απομακρύνουν μόρια μεγάλου μεγέθους από τον αέρα. Πρέπει να αντικαθίστανται κάθε τρεις μήνες για να διατηρούν την αποδοτικότητά τους. Ένα άλλο δημοφιλές υλικό που ονομάζεται zeolite, είναι μια φυσική ουσία κα μπορεί να συλλέξει πτητικές οργανικές ενώσεις όπως η αμμωνία.

#### A.4.2-2ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ

Οι ανεμιστήρες κατάλληλου μεγέθους διαχειρίζονται την παροχή και την έξοδο του αέρα ( εικόνα A.4-11). Είτε διοχετεύουν είτε απομακρύνουν τον αέρα από τις AHU. Για κάθε ανεμιστήρα πρέπει να υπάρχει μία εφεδρική μονάδα. Ο εσωτερικός αέρας που εξέρχεται ρυθμίζεται στο 80% του παρεχόμενου αέρα, ώστε να διατηρηθεί η θετική πίεση στους χειρουργικούς χώρους.

Εικόνα A.4-11: Τυπικοί ανεμιστήρες μιας AHU



Η ύπαρξη του ανεμιστήρα καθορίζει την κλίμακα της ροής του αέρα και την πίεση του παρεχόμενου αέρα. Η μανομετρική πίεση πρέπει να κυμαίνεται γύρω στα 130 mm H<sub>2</sub>O. Η πτώση της πίεσης κατά μήκος της εγκατάστασης μπορεί να αυξηθεί χάρη στο αυξημένο φορτίο φίλτρου ή στις απώλειες τριβής του αέρα μέσα στους αγωγούς, εξαιτίας της φτωχής συντήρησης. Συνεπώς, διατηρώντας τα φίλτρα και τους αγωγούς καλά συντηρημένους και καθαρισμένους είναι ένα τριπλό κέρδος. Πρώτον, περιορίζει τον κίνδυνο μολύνσεων, δεύτερον διασφαλίζει ότι η κλίμακα της ροής του αέρα μπορεί να διαχειριστεί από τον ανεμιστήρα. Τρίτον περιορίζει τις απώλειες της ενέργειας που οφείλονται στην πτώση της πίεσης. Οι παράμετροι σχεδιασμού που πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν για ενδεχόμενες πτώσεις της πίεσης παρουσιάζονται στον πίνακα A.4.2. Η ταχύτητα του ανεμιστήρα προσαρμόζεται ηλεκτρονικά με τη χρήση ενός αναστροφέα, ώστε να ανταποκρίνεται επαρκώς στις διάφορες κλίμακες εξαερισμού σύμφωνα με το φορτίο. Έτσι είναι πιθανό να ανταποκρίνεται στις ποικίλες συνθήκες λειτουργίας, σύμφωνα με τις διαφοροποιήσεις των πτώσεων της πίεσης εξαιτίας των φίλτρων. Όταν τα χειρουργεία δε είναι σε χρήση, η κλίμακα του παρεχόμενου αέρα, πρέπει να ρυθμίζεται στο 30%. Παρομοίως, ο ανεμιστήρας για την έξοδο του αέρα πρέπει επίσης να λειτουργεί στο ελάχιστο των δύο ταχυτήτων και να ρυθμίζει την κλίμακα διεξόδου κάτω από 30% της συνολικής ικανότητας τους. Η μανομετρική πίεση ανεμιστήρα είναι γύρω στα 60 mm H<sub>2</sub>O.

Πίνακας Α.6.2: Πτώση πίεσης κατά το μέγεθος του ανεμιστήρα

ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ (mm H <sub>2</sub> O)
Άνοιγμα εισόδου αέρα	2
Εναλλάκτης θερμότητας	15
Πρόφιλτρο Β <sub>2</sub>	5
Φίλτρο C	12 έως 25
Ψυκτικό στοιχείο	20
Θερμαντικό στοιχείο	7
Βαλβίδα σταθερού ανεφοδιασμού	8
Εξασθενητής ήχου	15
Ειδικό φίλτρο S	25 έως 50
Άνοιγμα εξόδου του αέρα	3

#### A.4.2-3 ΕΞΑΣΘΕΝΗΤΗΣ ΗΧΟΥ

Η διαχειριζόμενη μονάδα αέρα AHU μπορεί να αποτελέσει μία πηγή θορύβου εξαιτίας της λειτουργίας του ανεμιστήρα ή της ροής του αέρα μέσα στις σωλήνες εξόδου και παροχής ( εξαιτίας των διαστάσεων, τεμνόμενων τμημάτων, τραχύτητας της επιφανείας). Οι εξασθενητές ήχου που ελέγχουν το θόρυβο τοποθετούνται ακριβώς μετά τον ανεμιστήρα είτε κοντά στις εξόδους του αέρα και πάντα πριν το απόλυτο φίλτρο. Τα επιτρεπτά επίπεδα θορύβου είναι 45dB.

#### A.4.3 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΕΡΑ

Η κατανομή του αέρα είναι ένα βασικό στοιχείο για την επιτυχημένη λειτουργία των κεντρικών συστημάτων, ώστε να διατίθεται ο αέρας στους κλιματιζόμενους χώρους ικανοποιώντας τις εσωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες και να είναι όσο το δυνατόν πιο οικονομικό. Ο εξωτερικός αέρας κλιματίζεται και μετά κατανέμεται μέσω των αγωγών και διοχετεύεται μέσω των διαχυτήρων στους εσωτερικούς χώρους. Πρέπει να εισάγεται η σωστή ποσότητα και να κυκλοφορεί χωρίς τη δημιουργία στροβίλων και θορύβου.

##### A.4.3-1 ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ

Οι σωλήνες είναι οι αρτηρίες που χρησιμοποιούνται για την παροχή αέρα από το σύστημα AHU και τη διέξοδο του εσωτερικού αέρα από τα χειρουργεία. Συνήθως κατασκευάζονται από γαλβανισμένα φύλλα αλουμινίου, διαμορφωμένα σε ειδικό μέγεθος που συνδέονται κατάλληλα. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιούνται προκατασκευασμένοι σωλήνες από πλαστικό ή υαλονήματα. Για την επιλογή του κατάλληλου υλικού για τους σωλήνες πρέπει επίσης να υπολογίζεται και η πιθανή χρήση χημικών για τον εσωτερικό καθαρισμό των φίλτρων, όπου είναι απαραίτητο. Η σωστή μόνωση των σωλήνων είναι απαραίτητη ώστε να περιορίζονται οι απώλειες θερμότητας, ενώ η σωστότερη λύση είναι να περιοριστεί η κατανομή του δικτύου με την τοποθέτηση του δικτύου των AHUs κοντά στα χειρουργεία. Αντιπροσωπευτικά δείγματα των διάφορων τύπων σωλήνων και εγκαταστάσεων παρουσιάζονται στην εικόνα Α.4.12.

A()σωλήνες με ελλιπή μόνωση

B()Ορθογώνιοι σωλήνες με υλικό θερμικής μόνωσης



Γ(✗)εξωτερικοί ορθογώνιοι σωλήνες χωρίς μόνωση



Εικόνα Α.4-12:(Α-Γ) Σωστά και λανθασμένα παραδείγματα σωληνώσεων

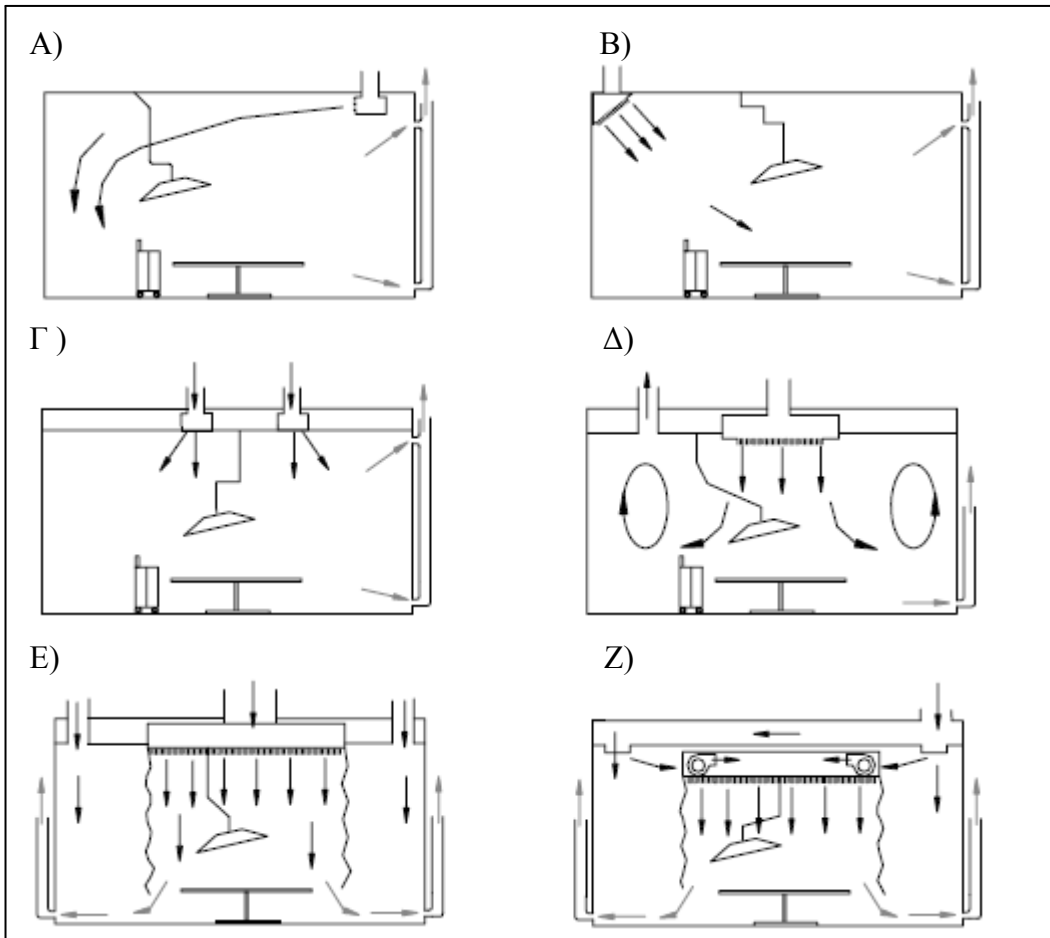
Οι σωληνώσεις πρέπει να είναι προσβάσιμες για εποπτεία και τακτικό καθαρισμό. Αυτό συνδέεται άμεσα με την ποιότητα του εσωτερικού αέρα, καθώς και οι σωλήνες μπορούν να συσσωρεύσουν σκόνη και υγρασία που ευνοούν τις συνθήκες ανάπτυξης των μικροοργανισμών. Οι σωληνώσεις μπορούν να μεταφέρουν θόρυβο ή να γίνουν και οι ίδιες πηγές θορύβου. Μεταλλικές άκρες, κάθε είδους εμπόδια στον αέρα, χαλαροί εκφορτωτές, θορυβώδεις ανεμιστήρες και κινητήρες, είναι μερικά παραδείγματα πιθανών πηγών θορύβου. Οι σωληνώσεις μπορούν να μονωθούν με ειδικά ηχομονωτικά. Η διαρροή του αέρα πρέπει να αποφεύγεται και κατά την εγκατάσταση πρέπει οι σωληνώσεις να είναι σφικτά συνδεδεμένες.

Οι κυκλικόι σωλήνες συντελούν στην ομαλότερη ροή του αέρα και θεωρούνται ως οι πιο αποδοτικοί και οικονομικοί. Το τεμνόμενο τμήμα των ορθογώνιων σωλήνων πρέπει να κατασκευάζεται όσο πιο τετραγωνισμένα γίνεται, εφόσον το επιτρέπουν οι περιορισμοί του χώρου. Η αποδεκτή πτώση πίεσης ανά μονάδα μήκους είναι περίπου 0,06-0,11 mm H<sub>2</sub>O/m.

#### **A.4.3-2 ΔΙΑΧΥΣΗ-ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΑΕΡΑ**

Χρησιμοποιώντας διάφορους τύπους παροχών αέρα και εξοπλισμών διάχυσης, μαζί με εισόδους επιστροφής και διεξόδους, μπορεί να επιτευχθεί καλύτερη απομάκρυνση των μολυσματικών παραγόντων από τους εσωτερικούς χώρους, αλλά και καλύτερες ατμοσφαιρικές συνθήκες. Η τοποθέτηση των διαχυτών εισόδου και εξόδου του αέρα καθορίζει τον τρόπο της ροής του αέρα μέσα στο χώρο που συνδέεται με την αποδοτικότητα του συστήματος εξαερισμού, όσον αφορά τις εσωτερικές θερμικές συνθήκες και τον εξαερισμό του αέρα. Η πορεία της ροής πρέπει να στοχεύει στην απομάκρυνση των εσωτερικών παραγόντων μόλυνσης, στον περιορισμό των στροβίλων και των υψηλών ταχυτήτων του αέρα και στη διασφάλιση της αποδοτικότητας του εξαερισμού μέσα στο χώρο που γίνεται η εγχείρηση και βρίσκεται όλη η ιατρική ομάδα. Είναι απαραίτητο να αποφεύγεται η δημιουργία δινών πάνω από το χειρουργικό τραπέζι. Συνεπώς η προτεινόμενη ταχύτητα του αέρα στο χώρο είναι γύρω στα 0,4 m/s. Ο αέρας παρέχεται συνήθως από τα υψηλότερα επίπεδα καθώς εκεί βρίσκονται οι παροχές εξόδου του αέρα. Η εικόνα Α.4.13 υποδεικνύει διάφορες ρυθμίσεις παροχής και διεξόδου του αέρα που καταλήγουν σε κυκλοφορία μέσα στο χειρουργικό χώρο.

Εικόνα Α.4-13 ( Α-Z): Σχηματικές ρυθμίσεις της ροής του αέρα για παροχή και διέξοδο σε ένα χειρουργείο



- Α) Παροχή αέρα μέσω οπής  
 Β) Παροχή αέρα μέσω κεκλιμένου ανοίγματος  
 Γ) Παροχή αέρα μέσω ενός κατανεμητή που βρίσκεται στο ταβάνι  
 Δ) Παροχή μέσω διάτρητων εισόδων αέρα  
 Ε) Κάθετη ελασματική ροή με διάτρητες εισόδους αέρα και διαφανείς κουρτίνες στα πλαϊνά  
 Ζ) Κάθετη ροή με HEPA φίλτρο με πλήρη οριζόντια εφαρμογή στο ταβάνι, με μεγάλη μεταλλική περίφραξη και με διαφανείς κουρτίνες στα πλαϊνά μέρη.

Οι διαφορές στην ποσότητα του αέρα που εισέρχεται και εξέρχεται διατηρούν το χειρουργικό χώρο σε μια θετική πίεση. Έτσι ελαχιστοποιείται η μεταφορά μολυσματικών παραγόντων από τον περιβάλλοντα χώρο στη χειρουργική μονάδα, μέσω της διείσδυσης του αέρα. Οι διαχύτες ποικίλουν στο μέγεθος και τη γεωμετρία και εξαρτώνται από τη λειτουργικότητα του χώρου. Οι κατασκευαστές διαθέτουν μία ευρεία ποικιλία διαχυτών και καταχωρητών για να ικανοποιούν κάθε απαίτηση απόδοσης και εφαρμογής. Οι διαχύτες πρέπει να έχουν καλή απόσταση βολής (π.χ. απόσταση από το διαχύτη ως το σημείο τερματισμού της ταχύτητας), η οποία εξαρτάται από τη λειτουργικότητα και τη γεωμετρία του χώρου. Έτσι διευκολύνεται η παροχή και η ανάμιξη του εσωτερικού αέρα και εξαλείφονται οι δίνες. Πριν την τελική επιλογή του διαχύτη πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν και η εκτίμηση του ήχου. Η τοποθεσία και ο αριθμός των διαχυτών εξαρτάται από τον όγκο του αέρα που παρέχεται στο χώρο, τη διάταξη του χώρου, την κατανομή του φορτίου αλλά και από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εσωτερικού και του παρεχόμενου αέρα.

Οι διαχύτες οροφής διατίθενται σε σχήμα κυκλικό, τετράγωνο, ορθογώνιο, ημικυκλικό, επίμηκες κ.λ.π. για να ταιριάζουν οι εγκαταστάσεις με τις ψευδοροφές. Οι διαχύτες παρέχουν εξαιρετική απόδοση σε χώρους με χαμηλό φορτίο.

Οι καταχωρητές και οι χοάνες χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν τον αέρα μέσα στο χώρο και δε βασίζονται στη διάχυση του παρεχόμενου αέρα. Οι χοάνες έχουν απλές πλάκες στην επιφάνειά του ώστε να ελέγχεται η κατεύθυνση ροής του αέρα. Ένας καταχωρητής περιλαμβάνει ελεγκτές όγκου, ώστε να παρέχεται ο έλεγχος της κατεύθυνσης και του όγκου του παρεχόμενου αέρα.

Γενικά οι διαχύτες οροφής παρέχουν καλύτερη κατανομή του εσωτερικού αέρα, είναι πιο αθόρυβοι και μπορούν να διαχειριστούν μεγαλύτερη ποσότητα αέρα. Οι κυκλικοί διαχύτες με ρυθμιζόμενες λεπίδες είναι κατάλληλοι για το επίπεδο οροφής. Η γωνία εκροής των λεπίδων μπορεί να διαφέρει με την αλλαγή της θέσης της λεπίδας είτε χειρωνακτικά είτε με συστήματα αυτομάτου ελέγχου, για τον έλεγχο της διεύθυνσης του αέρα κατά τη διάρκεια των διαφόρων τύπων λειτουργίας του συστήματος. Για παράδειγμα οι λεπίδες ρυθμίζονται να παρέχουν οριζόντια εκροή αέρα για την ψύξη, κάθετη εκροή για θέρμανση και 45° για ισοθερμική παροχή αέρα. Αντιπροσωπευτικές ενδείξεις διαφόρων τύπων διαχυτών και διεξόδων του αέρα παρουσιάζονται στην εικόνα A.4.14. Οι πιο σύγχρονες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν διάτρητους επίπεδους διαχύτες στο ταβάνι, διότι ο αέρας διοχετεύεται κατευθείαν πάνω από το χειρουργικό τραπέζι.

Οι μονάδες επιστροφής του αέρα ποικίλουν επίσης στο μέγεθος και τη γεωμετρία, που εξαρτώνται από τη λειτουργικότητα του χώρου. Οι κλασικές μονάδες επιστροφής αέρα είναι απλές χοάνες, με μια ελεύθερη περιοχή όσο το δυνατόν μεγαλύτερη. Το μέγεθός τους πρέπει να είναι τέτοιο, ώστε να μη δημιουργείται σχεδόν καθόλου θόρυβος όταν ο αέρας εισέρχεται από τη μονάδα. Σύμφωνα με τους κανονισμούς πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον δύο παροχές εξόδου του αέρα εντός του χειρουργικού χώρου.

Η μία παροχή εξόδου είναι κοντά στο δάπεδο ώστε να απομακρύνει τα διάφορα αναισθητικά αέρια που ίσως απελευθερωθούν στο χώρο, και επειδή είναι βαρύτερα από τον αέρα είναι πιο πιθανό να εντοπιστούν σε επίπεδο δαπέδου. Τα αναισθητικά αέρια πρέπει να απομακρύνονται καθώς μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα υγείας ή δυσφορία στην ιατρική ομάδα. Την ίδια στιγμή αποτελούν κίνδυνο πυρκαγιάς καθώς είναι εύφλεκτα και επιπλέον υπάρχει κίνδυνος αυτοανάφλεξης εξαιτίας του στατικού ηλεκτρισμού που εκπέμπουν οι ιατρικές συσκευές που υπάρχουν στο χώρο. Η δεύτερη παροχή είναι ψηλά, πάνω από το χειρουργικό τραπέζι, ώστε να είναι πιο αποτελεσματική η απομάκρυνση των μικροβίων και των άλλων μικροοργανισμών κατά τη διάρκεια μιας επέμβασης.

Το ποσοστό του εξερχόμενου αέρα είναι γύρω στο 25% από τις παροχές της οροφής και 75% από τις παροχές του δαπέδου. Η βέλτιστη διάταξη των παροχών εξόδου του αέρα είναι η τοποθέτησή τους σε κάθε γωνιά του χειρουργικού χώρου. Έχουμε λοιπόν τέσσερις παροχές δαπέδου και τέσσερις παροχές οροφής. Αυτή η διάταξη συμβάλλει και στην πιο ομαλή κυκλοφορία του αέρα μέσα στο χειρουργικό χώρο. Αντιπροσωπευτικά παραδείγματα διαφόρων τύπων παροχών εξόδου αέρα παρουσιάζονται στη εικόνα A.4.15

Εικόνα Α.4-14 (Α-Ζ): παραδείγματα διαχυτών εισαγωγής αέρα

Α)



Β)



Γ)



Δ)



Ε)



Ζ)





- A. διάτρητος διαχύτης στο ταβάνι για παροχή αέρα ακριβώς πάνω από το χειρουργικό τραπέζι
- B. κεκλιμένος διάτρητος διαχύτης στο ύψος της οροφής
- Γ. ευθύγραμμη παροχή στην αριστερή πλευρά της οροφής και ένα ορθογώνιο άνοιγμα εντοιχισμένο στον πίσω τοίχο
- Δ. Κεκλιμένος διάτρητος διαχύτης στο ύψος της οροφής
- Ε. Ορθογώνιες στόμια παροχής αέρα στο ύψος της οροφής
- Ζ. Κυκλικός διαχύτης οροφής

Εικόνα Α.4-15 (Α-Η): σωστά(✓) και λανθασμένα(✗) παραδείγματα για παροχές εξόδου αέρα

Α) (✓)



Β) (✓)



Γ) (✗)



Δ) (✗)



Α(✓) Ορθογώνια εντοιχισμένη χοάνη απαγωγής

Β(✓) Αυτόματα ελεγχόμενοι εκφορτωτές για τη διέξοδο του αέρα

Γ-Δ(✗) Ορθογώνιες χοάνες με διπλές περσίδες σε ένα παρακείμενο βοηθητικό χώρο που χρησιμοποιούνται για τη διέξοδο του αέρα από το χειρουργικό χώρο.

E)(✘)



Z)(✘)



H)(✘)



E)(✘) Ορθογώνιες εντοιχιζόμενες χοάνες ανεπαρκώς συντηρημένες με συσσώρευση ινών στις περσίδες.

Z)(✘) Ορθογώνιες εντοιχιζόμενες χοάνες κοντά στο δάπεδο, μπλοκαρισμένες από ιατρικά εφόδια.

H)(✘) Ορθογώνιες εντοιχιζόμενες χοάνες για τη διέξοδο του αέρα με ρυθμιζόμενες περσίδες μερικώς κατεστραμμένες και οξειδωμένες.

#### A.4.3-3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΙΨΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

Οι διαχειριζόμενες μονάδες αέρα έχουν ενσωματωμένες δύο μεγάλες οπές για την εισαγωγή του εξωτερικού αέρα και την απόρριψη του επιστρεφόμενου εσωτερικού αέρα. Η ταχύτητα που έχει ο εξωτερικός αέρας πριν το φίλτρο B<sub>2</sub> πρώτου επιπέδου, είναι συνήθως στα 8 m/s. Ανεξάρτητα με την τοποθεσία της AHU, η παροχή για την είσοδο του αέρα πρέπει να τοποθετείται με τέτοιο τρόπο ώστε να περιορίζεται το ποσό σκόνης, παραγόντων μόλυνσης και κάθε είδους μορίων που ενδέχεται να εισέλθει στην AHU μέσω του εισερχόμενου αέρα.

Γενικά οι παροχές εισόδου του αέρα σε μία AHU πρέπει να βρίσκεται μακριά από την παροχή εξόδου του εξερχόμενου αέρα και από άλλες πιθανές εστίες μόλυνσης, όπως διεξόδους αερίων και εξόδους σωλήνων υγιεινής.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να ασκείται για την αποφυγή της μεταφοράς της υγρασίας από σταγονίδια νερού, που μεταφέρονται δια αέρος και που κατάγονται από γειτονικούς πύργους ψύξης ή από στάσιμα νερά, μέσα στην παροχή εισόδου του εξωτερικού αέρα. Σε περίπτωση που οι παροχές του εξωτερικού αέρα δεν είναι τοποθετημένες στην οροφή, αλλά πιο κοντά στο υπόγειο του κτιρίου, πρέπει να φροντίσουμε για να μην εισέλθει μόλυνση από την κίνηση στους διαδρόμους.

Σε όλες τις περιπτώσεις οι διευθύνσεις των ανέμων πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψιν κατά τη φάση σχεδιασμού και επίσης πρέπει τακτικά να καταγράφονται σε σχέση με τυχόν νέες προσθήκες των γειτονικών κτιρίων. Οι παροχές του εξωτερικού αέρα πρέπει να έχουν προστατευτικές επιφάνειες. Κατεστραμμένες ή καθόλου επιφάνειες επιτρέπουν σε πτηνά και τρωκτικά να εισχωρήσουν στις σωληνώσεις.

Αντιπροσωπευτικά παραδείγματα προβληματικών AHU με έμφαση στην τοποθεσία των παροχών εισόδου του εξωτερικού αέρα, παρουσιάζονται στην εικόνα A.4.16

Εικόνα Α.4-16 (Α-Δ): Λανθασμένες τοποθετήσεις παροχών εισόδου του εξωτερικού αέρα σε μία ΑΗΥ

Α)



Β)



Γ)



Δ)



Α(✗) Παροχές εισόδου και εξόδου του αέρα κοντά η μία στην άλλη

Β(✗) Παροχή εισόδου του αέρα τοποθετημένη κοντά σε σωλήνες υγιεινής και πύργους ψύξης

Γ(✗) Παροχή εισόδου του αέρα κοντά σε σωρούς σωλήνων

Δ(✗) Στάσιμα νερά και έξοδοι σωλήνων υγιεινής μπροστά από την παροχή εισόδου του αέρα

Η παροχή εξόδου του εσωτερικού μολυσμένου αέρα αποβάλλει τον αέρα στο περιβάλλον και πρέπει να τοποθετείται στην οροφή του κτιρίου ή όσο ψηλότερα γίνεται, ώστε να μπορεί να αραιωθεί στο εξωτερικό περιβάλλον, μακριά από παράθυρα ή την παροχή εισόδου της ίδιας μονάδας ΑΗΥ. Ακόμα περιορίζεται ο κίνδυνος να έρθουν άνθρωποι σε επαφή με τον εξερχόμενο μολυσμένο αέρα. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ιδιαίτερα όταν η ΑΗΥ περιλαμβάνει έναν εξοικονομητή, ο εξερχόμενος αέρας επιστρέφει στην ΑΗΥ για την ανάκτηση της θερμότητας. Ως αποτέλεσμα οι παροχές εισαγωγής και απόρριψης μπορούν να τοποθετηθούν κοντά η μία στην άλλη.

Σε αυτή την περίπτωση όμως πρέπει να φροντίζουμε ώστε να αποφεύγονται τα προβλήματα που έχουν ήδη αναφερθεί. Αντιπροσωπευτικά παραδείγματα σωστών και λανθασμένων εγκαταστάσεων παροχών εξόδου φαίνονται στη εικόνα Α.4.17

Εικόνα Α.4-17 (Α-Δ): Σωστές (✓) και λανθασμένες (✗) τοποθετήσεις παροχών απόρριψης του εσωτερικού αέρα σε μία ΑΗΥ

Α) (✗)



Β) (✓)



Γ) (✗)



Δ) (✗)



Α(✗) Παροχή απόρριψης κοντά σε μία ΑΗΥ

Β(✓) Τέσσερις παροχές απόρριψης μία εκ των οποίων με ρυθμιζόμενες βάνες για να προσαρμόζεται η ροή του διεξερχόμενου αέρα

Γ(✗) Ανεπαρκώς συντηρημένες παροχές απόρριψης αέρα

Δ(✗) Παροχή εξόδου πολύ κοντά τοποθετημένη στην παροχή εισόδου

#### Α.4.4 ΕΛΕΓΧΟΙ

Οι έλεγχοι είναι ένα σημαντικό γνώρισμα του συστήματος για τη διασφάλιση της βέλτιστης απόδοσης της εγκατάστασης, ώστε να ικανοποιηθούν οι εσωτερικές επιθυμητές συνθήκες. Τα οφέλη από τα συστήματα που ελέγχονται σωστά είναι η εξοικονόμηση της ενέργειας και η βελτίωση των εσωτερικών συνθηκών. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές και συστήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, το καθένα με διαφορετική αποδοτικότητα και κόστος. Τα χαρακτηριστικά των πιο κοινών εφαρμογών παρουσιάζονται και στην συνέχεια.

- Κάθε ΑΗΥ πρέπει να έχει ένα θερμοστάτη και ένα μετρητή υγρασίας για τον κάθε χειρουργικό χώρο. Κατά αυτόν τον τρόπο ο χειρουργός ή το εξουσιοδοτημένο ιατρικό προσωπικό μπορούν να ρυθμίσουν οι ίδιοι τη θερμοκρασία και υγρασία που είναι κατάλληλη για την κάθε χειρουργική επέμβαση.

- Οι έλεγχοι που γίνονται συνήθως για τη λειτουργία της AHU δεν επαρκούν. Η πρόσβαση δεν είναι εύκολη και μόνο το τεχνικό προσωπικό είναι εξουσιοδοτημένο και γνωρίζει να χειριστεί τις μονάδες.
- Ο έλεγχος για την υγρασία μέσα στο χειρουργείο συνήθως παραβλέπεται. Όμως πολλά βακτήρια αναπτύσσονται στον υγρό αέρα, ενώ χαμηλά επίπεδα υγρασίας μπορεί να συντελέσουν σε κατάσταση δυσφορίας
- Οι μετρητές υγρασίας μπορούν να συνδεθούν με την AHU για να προσαρμόσουν τις συνθήκες λειτουργίας του συστήματος, σύμφωνα με τις πραγματικές εσωτερικές συνθήκες. Όταν η εσωτερική υγρασία πέσει κάτω από τα επιθυμητά επίπεδα ο υγραντήρας μέσα στην AHU ενεργοποιείται και ψεκάζει τον ξηρό αέρα για να υγρανθεί. Όταν τα επίπεδα υγρασίας είναι υπερβολικά υψηλά, μία τριπλή βαλβίδα κρύου νερού ενεργοποιείται, για να ψυχράνει τον αέρα και να συμπυκνώσει το πλεόνασμα των ατμών.
- Συνεχής λειτουργία του εξοπλισμού. Κατά τη διάρκεια των περιόδων μη λειτουργίας ο εξοπλισμός δεν πρέπει να σβήνεται εντελώς, αλλά είναι προτιμότερο να διατηρεί τα επίπεδα παροχής και εξόδου αέρα στο 30%, και την εσωτερική θερμοκρασία στους 13°C κατά την περίοδο καύσιμα. Αυτό είναι αναγκαίο για να διατηρηθούν οι συνθήκες αποστείρωσης μέσα στα χειρουργεία και στους χειρουργικούς χώρους που είναι σε κατάσταση αναμονής. Οι κινητήρες των ανεμιστήρων πρέπει να εξοπλίζονται με ξεχωριστούς ελέγχους σε πολλαπλές ταχύτητες, ώστε το σύστημα εξαερισμού να μειώσει αυτόματα την ταχύτητα τους.
- Τα συστήματα ενεργειακής διοίκησης των κτιρίων (BEMS) παρέχουν τα πιο κατάλληλα μέσα για να ελέγχονται οι εσωτερικές συνθήκες των χειρουργείων. Αυτά είναι πιο λεπτομερή συστήματα και δικαιολογείται το μέγεθος της εγκατάστασής τους, ιδιαίτερα όταν συνδυάζονται με άλλες μονάδες ελέγχου του νοσοκομείου. Εξειδικευμένο προσωπικό χρειάζεται για να χειρίζεται αυτά τα λεπτομερή συστήματα ελέγχου.

Ανάμεσα στις διάφορες επιλογές για τον τρόπο ελέγχου είναι οι αισθητήρες που καταγράφουν τις φυσικές παραμέτρους και ανταποκρίνονται με αυτόματες ρυθμίσεις στις ανάγκες των εσωτερικών χώρων. Οι θερματικές μονάδες καταγράφουν συνεχώς την ποσότητα της ροής του αέρα που διοχετεύεται στο χώρο και μεταβιβάζουν αυτές τις πληροφορίες στο σύστημα ελέγχου.

Τα BEMS συστήματα έπειτα καθορίζουν τις αναγκαίες προσαρμογές λειτουργίας που βασίζονται στο σχεδιασμό και τις απαιτήσεις των συνθηκών για κάθε ζώνη. Τα δεδομένα που καταγράφονται συλλέγονται σε όλα τα στάδια του συστήματος και είναι οι εξωτερικές συνθήκες, οι συνθήκες λειτουργίας των διάφορων εξαρτημάτων, η θερμοκρασία και η υγρασία του αέρα κατά την έξοδο από την AHU, οι εσωτερικές συνθήκες κ.λ.π. (εικόνα Α.4.18)

Χρησιμοποιώντας αυτά τα δεδομένα το σύστημα κάνει δυνατούς υπολογισμούς και έτσι καθορίζει τις απαιτούμενες συνθήκες λειτουργίας, όπως η ποσότητα του αέρα που πρέπει να εισέλθει στην AHU. Έπειτα τα BEMS δίνουν τις απαραίτητες εντολές και ενεργοποιούν τον αντίστοιχο εξοπλισμό. Για παράδειγμα προσαρμόζει το σημείο θέσης της ροής του εξωτερικού αέρα σύμφωνα με τις επιθυμητές τιμές. Οι υπολογισμοί επαναλαμβάνονται κάθε 15 λεπτά για να γίνουν οι απαραίτητες ρυθμίσεις στα διάφορα εξαρτήματα, σύμφωνα με τις μετρηθείσες συνθήκες. Για παράδειγμα, το BEMS συνεχώς καταγράφει την ποσότητα του εξωτερικού αέρα που εισέρχεται στην AHU και τροποποιεί την αποβολή του αέρα ρυθμίζοντας τους εκφορτωτές αέρος (εικόνα Α.4.19), σε σχέση με το πρόσφατο σημείο αποβολής αέρα, έτσι όπως ορίστηκε από το BEMS. Αυτό επιβεβαιώνει ότι όλες οι ζώνες εξαερίζονται κατάλληλα, ενώ ελαχιστοποιείται το φαινόμενο του υπερκλιματισμού.



Εικόνα A.4-18: Αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας που είναι τοποθετημένοι πάνω στον κύριο αγωγό παροχής αέρα της AHU και μεταβιβάζουν τα δεδομένα στο σύστημα ελέγχου



Εικόνα A.4-19: Ρυθμιζόμενες βάνες προσαρμογής που προσαρμόζουν τη ροή του διερχόμενου αέρα.

#### A.4.5 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Η κατάλληλη συντήρηση του εξοπλισμού διασφαλίζει πρώτα ότι οι συνθήκες λειτουργίας είναι οι πρόβλεπτες και αντιστοιχούν στις συνθήκες σχεδιασμού. Η απόδοση θα διασφαλιστεί έπειτα από πολλές ώρες λειτουργίας. Η τακτική συντήρηση μπορεί να ανιχνεύσει πιθανά προβλήματα και να τα επιλύσει εγκαίρως, προτού δημιουργήσουν σοβαρές βλάβες. Δεδομένων των αυστηρών προδιαγραφών για όλες τις χειρουργικές εγκαταστάσεις, μόνο μέσω της τακτικής συντήρησης είναι πιθανό να διατηρηθεί ο εξοπλισμός σε καλή κατάσταση λειτουργίας, να μειωθεί ο κίνδυνος βλάβης και να διασφαλιστούν τα υψηλά πρότυπα υγείας για την ασφάλεια των ασθενών και του ιατρικού προσωπικού.

Η συντήρηση μπορεί να απαιτήσει την μεταφορά της AHU. Συνεπώς συνίσταται η κάθε AHU να έχει μία εφεδρική μονάδα ή τουλάχιστον να είναι καλά οργανωμένες για να εξυπηρετούν περισσότερες από μία AHU. Σε περίπτωση που η AHU περιλαμβάνει εφεδρικές μονάδες πρέπει να υπάρχει πρόνοια ώστε σε τακτικά χρονικά διαστήματα να εναλλάσσεται η χρήση όλων των AHU, για να διατηρούνται όλες οι μονάδες σε καλή κατάσταση.

Είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός τμήματος συντήρησης με εξειδικευμένο τεχνικό προσωπικό ή η ανάθεση υπεργολαβίας σε ειδικούς, που παρέχουν τέτοιου είδους υπηρεσίες. Οι νέες τεχνολογίες και τα συστήματα απαιτούν ένα άριστα εκπαιδευμένο και εξειδικευμένο προσωπικό να καταγράφει, να χειρίζεται και να συντηρεί τον εξοπλισμό. Επιπλέον είναι απαραίτητο να ενημερώνονται για τις εξελίξεις στην τεχνολογία και τις νέες τεχνικές πληροφορίες. Η ενθάρρυνση του προσωπικού να ασχοληθούν με την αναφορά των δυσλειτουργιών και άλλων προβλημάτων και η άμεση ανταπόκριση στις ανατροφοδοτήσεις, κρίνονται απαραίτητα. Είναι απαραίτητο να αυξηθεί η αντίληψη του προσωπικού και να γίνει αντιληπτό πόσο σημαντικό είναι η διατήρηση των μονάδων διαχείρισης αέρα για την υγεία όλων.

Το τεχνικό τμήμα πρέπει να ορίσει ένα πρόγραμμα για τακτική συντήρηση και ελέγχους κάθε εξαρτήματος του εξοπλισμού και του συστήματος. Ακόμα πρέπει να γίνονται τακτικές μετρήσεις στις εσωτερικές συνθήκες των χειρουργείων με κατάλληλα όργανα μετρήσεων, όπως φαίνονται στην εικόνα Α.4.20.

Εικόνα Α.4-20: Όργανα μετρήσεως για τις εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας

A )



B)



A ) Επεξεργαστής δεδομένων με θερμοκρασία και ανεμόμετρο για τις χαμηλές μετρήσεις των τιμών της ταχύτητας.

B) Χοάνες διάφορων μεγεθών που τοποθετούνται σε διαφορετικές παροχές εξόδου του αέρα, για να μετρούν την ποσότητα και την ταχύτητα της ροής του αέρα.

Απαραίτητος είναι και ο καθαρισμός σε τακτική βάση των φίλτρων, των σωληνώσεων, των εναλλακτών θερμότητας, των παροχών και των διαχυτών. Οι συστάσεις των κατασκευαστών και οι σχετικοί κανονισμοί μπορούν να εφαρμοστούν για να εφαρμοστεί ένα συστηματικό πρόγραμμα εργασιών.

Ένα φίλτρο μπορεί να μην αποδώσει στον καθαρισμό του αέρα, αλλά ένα φίλτρο που δεν έχει συντηρηθεί μπορεί να αποτελέσει εστία μόλυνσης. Μία σημαντική οπτική γωνία του γενικού συστήματος είναι ο σχεδιασμός μιας εύκολης πρόσβασης για την επιθεώρηση και την αλλαγή των φίλτρων. Γενικά όλη η AHU πρέπει να έχει εύκολη πρόσβαση για ολική επιθεώρηση και καθαρισμό, σύμφωνα με το πρόγραμμα τακτικής συντήρησης. Φίλτρα με υπερβολικό φορτίο θα δημιουργήσουν επιπρόσθετη πτώση της πίεσης και ο υπάρχον ανεμιστήρας μπορεί να μην την αντισταθμίσει. Κανονικά οι διακυμάνσεις της ροής του αέρα που παρουσιάζονται εξαιτίας του φορτίου του φίλτρου, πρέπει να ελέγχονται από ένα πιεσοστάτη που καταγράφει την πτώση της πίεσης για κάθε φίλτρο.

Η πτώση της πίεσης για ένα φίλτρο B<sub>2</sub> πρώτου επιπέδου είναι 5mm H<sub>2</sub>O, αλλά αν υπερβεί τα 10 mm H<sub>2</sub>O, τότε πρέπει το φίλτρο να αντικατασταθεί. Για ένα κοινό φίλτρο C δευτέρου επιπέδου η πτώση της πίεσης είναι γύρω στα 10 mm H<sub>2</sub>O, σε περίπτωση όμως που υπερβεί τα 20 mm H<sub>2</sub>O πρέπει να αντικατασταθεί. Για το φίλτρο S η πτώση της πίεσης είναι συνήθως 25mm H<sub>2</sub>O, αλλά αν υπερβεί τα 50 mm H<sub>2</sub>O, πρέπει να αντικατασταθεί. Αλλά και ανεξάρτητα από την πτώση της πίεσης τα φίλτρα πρέπει να αντικαθίστανται σε τακτική βάση σύμφωνα με τις οδηγίες των κατασκευαστών και τις συνθήκες λειτουργίας. Ενδεικτικά ένα φίλτρο B<sub>2</sub> πρέπει να αντικαθίστανται σχεδόν κάθε 40 μέρες, ένα φίλτρο τύπου C κάθε έξι μήνες και ένα φίλτρο S κάθε έξι μήνες ως κάθε χρόνο.

Σημαντικό ακόμα είναι ότι οι συνθήκες λειτουργίας μπορούν να αλλάξουν μετά από περιόδους μακράς χρήσης. Άρα η απόδοση του συστήματος μπορεί να αλλάξει σε σχέση με το αρχικό σχέδιο ή εξαιτίας της τοποθέτησης νέων εξαρτημάτων.

Εικόνα Α.4-21: Μία μικρή AHU που έχει αφαιρεθεί το πλαϊνό πλαίσιο για να αποκαλυφθούν τα φίλτρα, οι ανεμιστήρες, οι εναλλάκτες θερμότητας και για να είναι εύκολη η συντήρηση





## **A.5 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΚΕΝΟΥ**

### **A.5.1. Κεντρική εγκατάσταση οξυγόνου και πρωτοξειδίου του αζώτου**

Η εγκατάσταση αυτή αφορά την παροχή οξυγόνου κυρίως στους θαλάμους νοσηλείας καθώς και την παροχή O<sub>2</sub> και N<sub>2</sub>O στα χειρουργεία και γενικότερα στους χώρους νάρκωσης. Τα παραπάνω αέρια παρέχονται από αυτόματο κέντρο πίεσης λειτουργίας 200 at. Τα δίκτυα παροχής από το κέντρο προς τις διάφορες λήψεις διακρίνονται σε:

- Στο κεντρικό δίκτυο διανομής ή πρωτεύον δίκτυο όπου έχουμε πίεση λειτουργίας μέχρι 8 at.
- Στα δευτερεύοντα δίκτυα διανομής όπου έχουμε πίεση λειτουργίας 3,5 at και
- Στις αυτόματες λήψεις

Το αυτόματο δίκτυο παροχής για κάθε αέριο αποτελείται από δύο ανεξάρτητες μεταξύ τους ομάδες φιαλών (όταν υπάρχει στην περιοχή δυνατότητα προμήθειας υγρού οξυγόνου σε δεξαμενή, τότε εγκαθίσταται δεξαμενή οξυγόνου και οι φιάλες οξυγόνου χρησιμεύουν ως εφεδρική κεντρική παροχή), που τροφοδοτούν την κεντρική εγκατάσταση.

Σε κεντρική θέση του νοσοκομείου έχει τοποθετηθεί φωτεινό και ηχητικό σήμα που προειδοποιεί έγκαιρα για την ανάγκη αλλαγής φιαλών (ή πλήρωσης της δεξαμενής υγρού οξυγόνου). Η θέση αυτή μπορεί να είναι στο γραφείο της εφημερεύουσας νοσοκόμας ή κάποια άλλη που να παρέχει τη δυνατότητα άμεσης προειδοποίησης. Μια ενδεικτική κάτοψη ενός κέντρου ιατρικών αερίων με φιάλες φαίνεται στην εικόνα A.5-1. Εφόσον υπάρχει δυνατότητα προμήθειας υγρού οξυγόνου, η δεξαμενή τοποθετείται παραπλεύρως του κέντρου ιατρικών αερίων, όπως φαίνεται στα σχήματα A.5-1 και A.5-2.

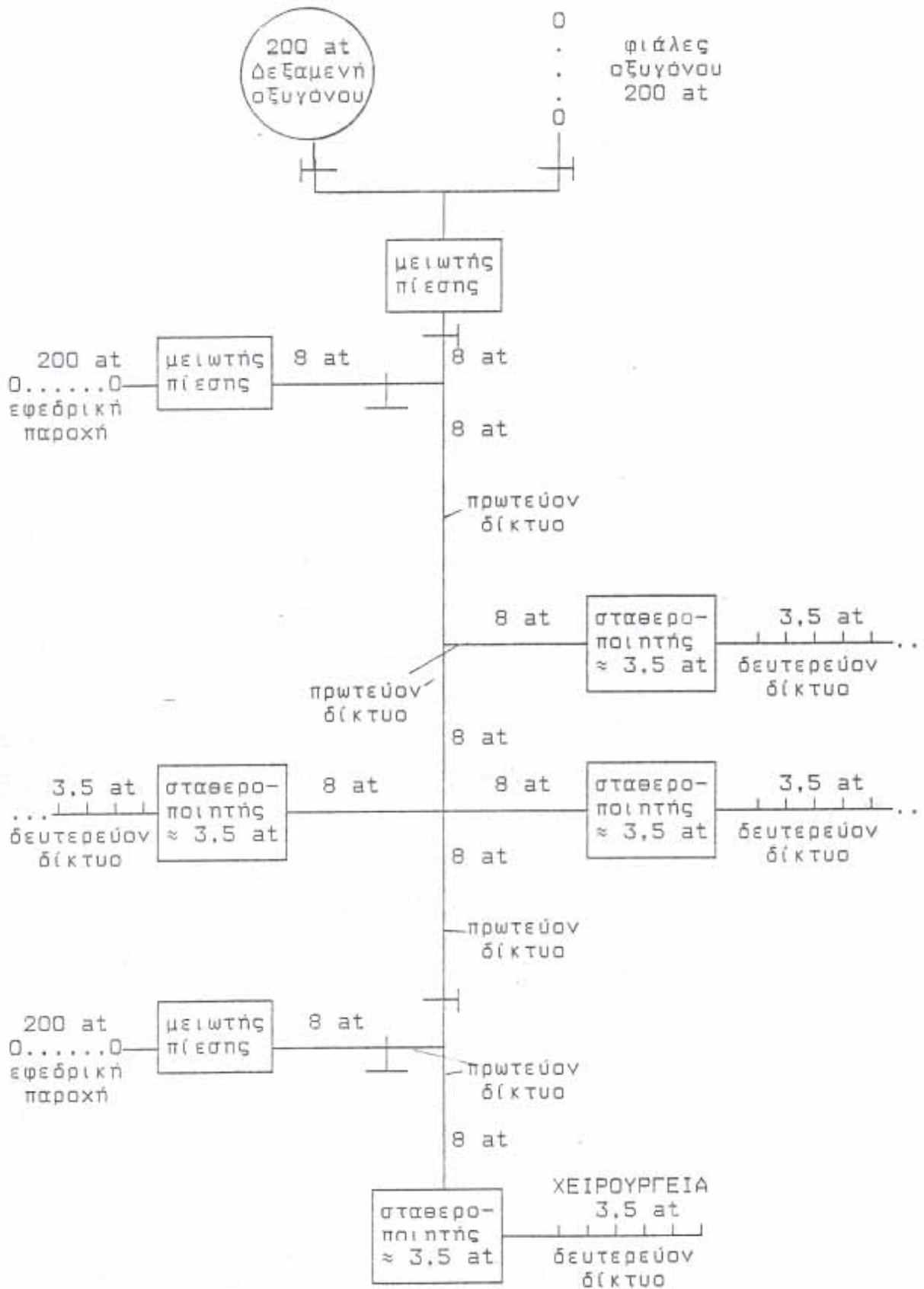
Το κεντρικό ή πρωτεύον δίκτυο είναι το τμήμα του δικτύου από το κέντρο διανομής του αερίου μέχρι του τελικού οργάνου ρύθμισης της πίεσης. Το δίκτυο αυτό αποτελείται από:

- Σωλήνωση ειδικού κράματος χαλκού για δίκτυα αερίων κατάλληλης διατομής. Η κεντρική αυτή γραμμή που ξεκινά από το κέντρο διανομής τοποθετείται στο ύψος περίπου της οροφής από όπου διακλαδίζεται οριζόντια προς τα δευτερεύοντα δίκτυα. Στις θέσεις που το δίκτυο αυτό διέρχεται από το δάπεδο (κατακόρυφο τμήμα του δικτύου), θα πρέπει να προστατεύεται από ενδεχόμενες κρούσεις. Αυτό μπορεί να γίνει με γαλβανιζέ σωλήνα κατάλληλης διατομής και ύψους δύο μέτρων τουλάχιστον από το δάπεδο, μέσα από τον οποίο διέρχεται ο σωλήνας του αερίου.
- Συσκευές έκτακτης παροχής (τουλάχιστον δύο), από τις οποίες πρέπει:
  - a. Να μπορεί να απομονωθεί από το κέντρο η εγκατάσταση ή τμήματά της
  - b. Να μπορεί σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης ή βλάβης να τροφοδοτηθεί το δίκτυο του αερίου με κινητές φιάλες. Μια από τις συσκευές αυτές να τοποθετηθεί δηλαδή στο κέντρο του αερίου, η άλλη στα χειρουργεία και οι υπόλοιπες όπου κρίνεται απαραίτητο
  - c. Αντίστοιχο αριθμό μειωτήρων πίεσης προς τις παραπάνω συσκευές έκτακτης ανάγκης προσαρμοζόμενες χωρίς ενδιάμεσο ρακόρ στις φιάλες του αερίου, με τους συνδετήρες τους και ελαστικό σωλήνα πίεσης, για ενδεχόμενη τροφοδότηση ολόκληρης της εγκατάστασης ή τμήματός της, ανάλογα με την περίπτωση.

Το δευτερεύον δίκτυο διανομής είναι το τμήμα του δικτύου από το τελικό όργανο ρύθμισης της πίεσης (στα απαιτούμενα για τις λήψεις όρια, δηλαδή 3,5at) μέχρι τις λήψεις. Το δίκτυο αυτό αποτελείται από:

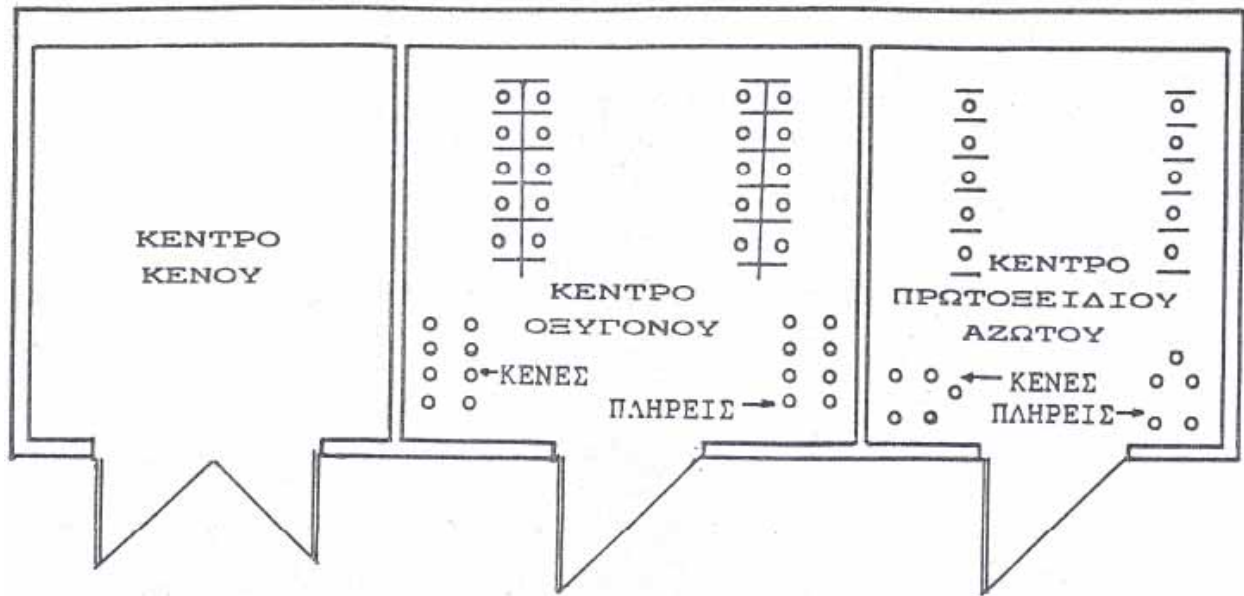
- Σωλήνες από ειδικό κράμα χαλκού για δίκτυα ιατρικών αερίων, διαμέτρου 12/14, 10/12, και 8/10, ανάλογα με τον αριθμό των παροχών.

Εικόνα Α.5-1: απλοποιημένο διάγραμμα ενός δικτύου οξυγόνου



- Συσκευές σταθεροποίησης της πίεσης του αερίου ανεξάρτητα από την κατανάλωση. Οι συσκευές αυτές έχουν φίλτρο αερίου και παρέχουν τη δυνατότητα ρύθμισης της πίεσης ή και την απομόνωση του τμήματος που τροφοδοτούν. Είναι εφοδιασμένες με μανόμετρο και προστατεύονται σε ειδικό διαφανές κάλυμμα.
- Διακόπτες που να είναι κατάλληλοι για αέρια μέσης πίεσης, εξασφαλίζοντας απόλυτη στεγανοποίηση. Οι διακόπτες είναι ορειχάλκινοι, επιχρωμιωμένοι και για διαμέτρους 8/10 και 10/11, τύπου κρούνου, ενώ για μεγαλύτερες διατομές διαφραγματικού τύπου.

Εικόνα Α.5-2: Ενδεικτική κάτοψη κέντρου ιατρικών αερίων με φιάλες



Οι λήψεις ιατρικού αερίου (στην προκειμένη περίπτωση οι λήψεις  $O_2$  και  $N_2O$ ) είναι τοπικές και επί τοίχου λήψεις στους θαλάμους νοσηλείας (ύψος από δάπεδο περίπου 1,5 m) και τις λήψεις  $O_2$  και  $N_2O$  στα χειρουργεία (ύψος από δάπεδο πάνω από 1,2m). Οι λήψεις αυτές είναι αυτόματες με βαλβίδα φραγής και έχουν συμπλέκτη ασφάλειας διαφορετικό για κάθε αέριο, ώστε να αποκλείεται το ενδεχόμενο λάθους ή σύγχυσης των αερίων. Όλες οι λήψεις έχουν εσωτερικό φίλτρο αερίου και είναι εφοδιασμένες με πλάκα στήριξης και πόμα. Τόσο οι λήψεις όσο και οι πλάκες είναι επιχρωμιωμένες. Εναλλακτικά οι λήψεις αυτές τοποθετούνται σε ειδικές κονσόλες κλίνης ασθενών. Στα χειρουργεία τοποθετούνται οι λήψεις σε ειδικές βάσεις οροφής, πλησίον του χειρουργικού τραπεζιού.

#### Α.5.2. Κεντρικό δίκτυο κενού

Σε ειδικό χώρο του οικίσκου ιατρικών αερίων τοποθετείται η αντλία κενού, εικόνα Α.5-2, η οποία από πλευράς ηλεκτροδότησης ανήκει στα επείγοντα φορτία. Συνήθως τοποθετούνται δύο αντλίες, η μία εφεδρική της άλλης. Οι λήψεις κενού επίτοιχες ή σε κονσόλα είναι του ίδιου τύπου λειτουργίας με εκείνες των ιατρικών αερίων, αλλά με διαφορετικό σύστημα προσαρμογής ώστε να αποφεύγονται 100% λάθος συνδέσεις.

Η κεντρική εγκατάσταση κενού είναι απαραίτητη σε χειρουργεία, όταν τοποθετούνται κεντρικές εγκαταστάσεις  $O_2$  και  $N_2O$ , αλλά και για τους θαλάμους νοσοκομείων που έχουν περισσότερες από 150 κλίνες.

Ακόμα στις χειρουργικές μονάδες και στις μονάδες ανάνηψης είναι απαραίτητη η εγκατάσταση αναπνευστικού πεπιεσμένου αέρα, που είναι μείγμα οξυγόνου και αζώτου με αναλογία 22% και 78% αντίστοιχα. Ο αέρας αυτός έχει υποστεί κατάλληλη επεξεργασία και είναι απόλυτα κατάλληλος για θεραπευτικούς σκοπούς. Εκτός από χειρουργεία και μονάδες ανάνηψης, χρησιμοποιείται και σε παιδιατρικά τμήματα και τμήματα θερμοκοιτίδων σε μαιευτήρια. Η εξυπηρέτηση των αναγκών σε αναπνευστικό πεπιεσμένο αέρα (α.π.α) γίνεται με ιδιαίτερη εγκατάσταση και δίκτυο.

A.5.3. Στοιχεία για μελέτη εγκατάστασης ιατρικών αερίων και κενού

Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει τον υπολογισμό της παροχής lit/min και μέσω αυτού τον υπολογισμό της εσωτερικής διατομής των σωληνώσεων του δικτύου. Οι υπολογισμοί βασίζονται σε πίνακες τιμών όπως ορίζουν οι τυποποιήσεις και φαίνονται παρακάτω.

Πίνακας A.5-1: παροχή, πίεση και επιτρεπόμενη πτώση πίεσης στις αυτόματες λήψεις

Αέριο	Παροχή Lit/min	Πίεση λειτουργίας		Επιτρεπόμενη πτώση πίεσης	
		bar	psi	bar	psi
O <sub>2</sub>	40	3,9	57	0,034	0,5
N <sub>2</sub> O	15	3,9	547	0,034	0,5
α.π.α	50	6,9	100	0,34	5
κενό	40	400 mm Hg για ατμοσφαιρική πίεση 760mm Hg		100 mm Hg	

Στα διαγράμματα A.5-1 και A.5-2 δίνεται αντίστοιχα η παροχή O<sub>2</sub> και κενού, ανάλογα με τον αριθμό των κρεβατιών. Τα διαγράμματα αυτά δεν αναφέρονται σε ειδικές μορφές. Στους πίνακες A.5-2 έως A.5-5 δίνονται τιμές της παροχής για O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, α.π.α. και κενό, ανάλογα με το είδος του τμήματος.

Οι πίνακες A.5-6 έως A.5-8 χρησιμεύουν στον υπολογισμό των διατομών των σωλήνων, ανάλογα με την παροχή ενός αερίου και την επιτρεπόμενη πτώση πίεσης στο δίκτυο. Στον πίνακα A.5-9 γίνεται προσέγγιση των διαφόρων εξαρτημάτων με ισοδύναμο μήκος σωλήνα, για τη απαιτούμενη προσαύξηση του μήκους του σωλήνα κατά τους υπολογισμούς της πτώσης πίεσης. Στον πίνακα A.5-10 εμπειρικές τιμές διατομών χαλκοσωλήνων, που συνήθως χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις οξυγόνου. Ο πίνακας αυτός είναι χρήσιμος όταν συνδυάζεται με τον υπολογισμό της πτώσης πίεσης στους σωλήνες.

Το σύστημα του κενού θα πρέπει να είναι σχεδιασμένο ώστε να διατηρεί κενό τουλάχιστον 400 mm Hg υπό κανονική ατμοσφαιρική πίεση 760 mm Hg, στην περισσότερο απομακρυσμένη τερματική μονάδα. Η επιτρεπόμενη πτώση υποπίεσης για τη μέγιστη παροχή μεταξύ του κέντρου παροχής κενού και της περισσότερο απομακρυσμένης τερματικής μονάδας είναι συνήθως 50 mm Hg. Πηγή τροφοδοσίας είναι συνήθως δύο αντλίες με αυτόματη μεταγωγή μεταξύ τους. Για την επίτευξη της παραπάνω πίεσης η κύρια αντλία εργάζεται και σταματά εντός ορίων πίεσης, ώστε η πίεση στο κενοφυλάκιο να είναι 450 mm Hg έως 550 mm Hg.

Η απαιτούμενη παροχή της αντλίας για πίεση λειτουργίας εντός των προηγούμενων αναφερόμενων ορίων, καθορίζεται από εκείνη υπό κανονική λειτουργία. Για μια αντλία π.χ. που έχει 2500 lit/min σε πίεση 760 mm Hg, η παροχή της σε πίεση λειτουργίας 500 mm Hg, υπό ατμοσφαιρική πίεση 760mm Hg, είναι:

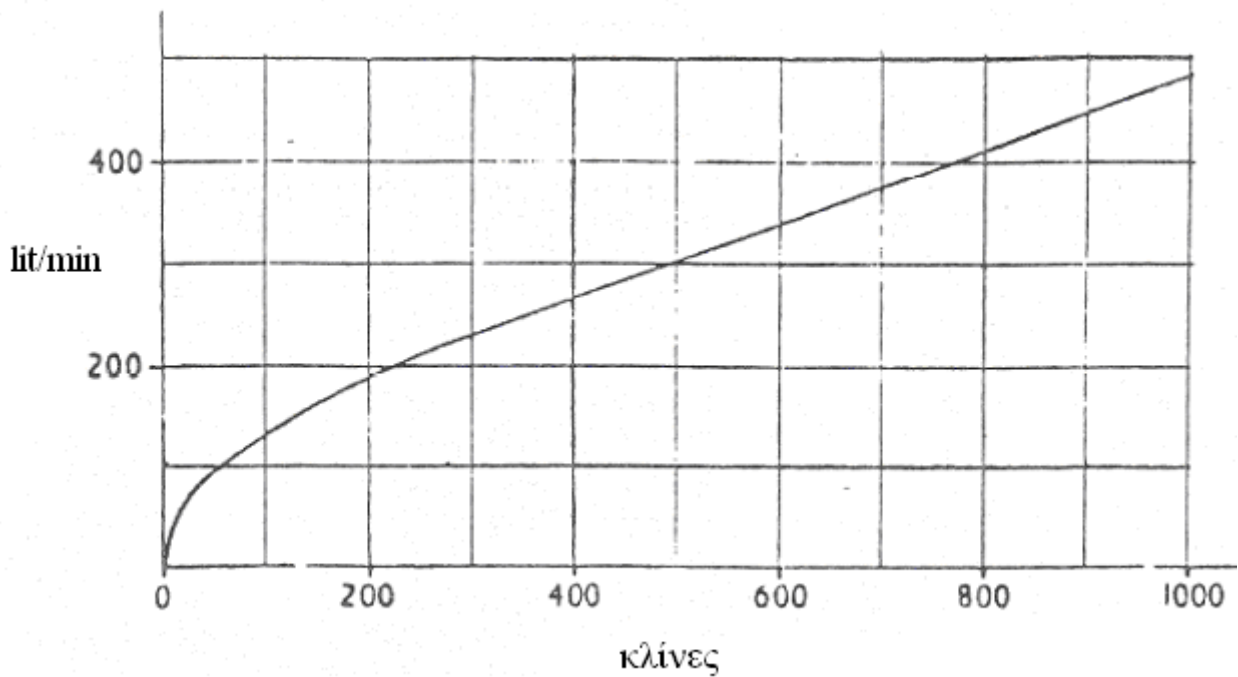
$$2500 \cdot 760 / (760 - 500) = 7300 \text{ lit/min.}$$

Ο υπολογισμός του δοχείου κενού, το οποίο χρησιμεύει για την παύση μιας αντλίας σε περίπτωση ζήτησης μικρού φορτίου, καθορίζεται ως χωρητικότητα σε νερό. Γνωρίζοντας τη διαφορά πίεσης μεταξύ των δύο φάσεων λειτουργίας της αντλίας, μπορούμε να υπολογίσουμε την χωρητικότητα πολλαπλασιάζοντας την παροχή αέρα υπό πίεση 760 mm Hg με το συντελεστή που δίνεται παρακάτω

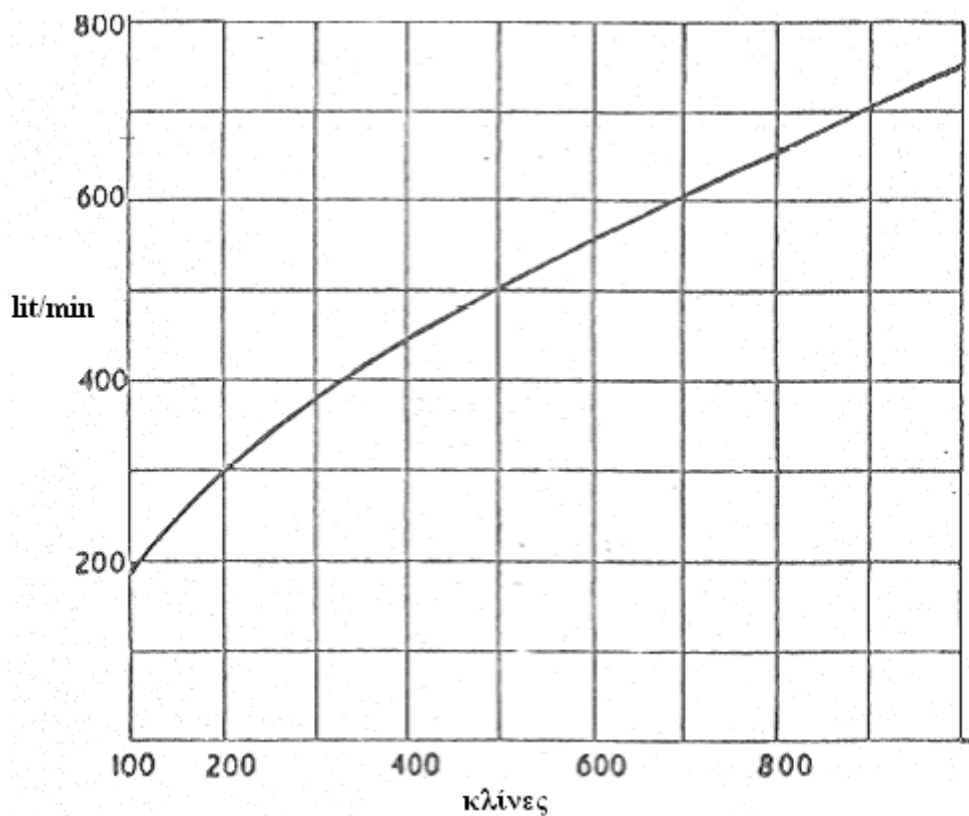
ΔΡ(mm Hg)	Συντελεστής
μέχρι 80	3
81 έως 130	2,5
131 έως 160	2
Πάνω από 160	1,5

Για μια αντλία π.χ. με παροχή αέρα 2500 lit/min υπό 760 mm Hg και  $\Delta P=100$  mm Hg έχουμε:  
 $2500 \cdot 2,5= 6250$  lit/min

Διάγραμμα Α.5-1: ελάχιστη παροχή δικτύου οξυγόνου ανάλογα με τον αριθμό των κρεβατιών



Διάγραμμα Α.5-2: ελάχιστη παροχή δικτύου κενού ανάλογα με τον αριθμό των κρεβατιών



Πίνακας Α.5-2: Παροχή στους σωλήνες διανομής O<sub>2</sub>

Τμήμα	Παροχή O <sub>2</sub> Lit/min	Παρατηρήσεις
Γραμμή προς κάθε χειρουργείο	50	
Γραμμή προς πτέρυγα χειρουργείων: για το 1 <sup>ο</sup> για το 2 <sup>ο</sup> για κάθε πρόσθετο	50 30 20	Οι τιμές προσαυξάνονται 40% όταν το οξυγόνο χρησιμοποιείται και για τη λειτουργία των εξαεριστήρων των ασθενών
Γραμμή προς μονάδα ανάνηψης Για τα πρώτα 8 κρεβάτια Για 9 έως 12 κρεβάτια: Τα πρώτα 8 Τα υπόλοιπα Για 13 έως 16 κρεβάτια: Τα πρώτα 8 Τα υπόλοιπα Πάνω από 16 κρεβάτια: Τα πρώτα 8 Τα υπόλοιπα	20/κρεβάτι 20/κρεβάτι 12/κρεβάτι 20/κρεβάτι 10/κρεβάτι 20/κρεβάτι 9/κρεβάτι	

Πίνακας Α.5-3: Παροχή στους σωλήνες διανομής N<sub>2</sub>O

Τμήμα	Παροχή N <sub>2</sub> O Lit/min	Παρατηρήσεις
Γραμμή προς κάθε χειρουργείο	30	
Γραμμή προς πτέρυγα χειρουργείων: για το 1 <sup>ο</sup> επιπροσθέτως για το 2 <sup>ο</sup> επιπροσθέτως για κάθε πρόσθετο	30 20 15	Το πιο απομακρυσμένο

Πίνακας Α.5-4: Παροχή στους σωλήνες αναπνευστικού πεπιεσμένου αέρα

Τμήμα	Παροχή α.π.α σε lit/min
Γραμμή προς κάθε χειρουργείο	300
Γραμμή προς πτέρυγα χειρουργείου Μέχρι 8 χειρουργεία Το πρώτο: Τα υπόλοιπα: Για 9 έως 16 χειρουργεία Τα δύο πρώτα: Τα υπόλοιπα: Περισσότερα από 16 χειρουργεία Τα τρία πρώτα: Τα υπόλοιπα:	300 50/χειρουργείο 600 30/χειρουργείο 900 20/χειρουργείο

Γραμμή προς μονάδα ανάνηψης	
Μέχρι 8 κρεβάτια:	50/κρεβάτι
Για 9 έως 12 κρεβάτια	
Τα οκτώ πρώτα:	50/κρεβάτι
Τα υπόλοιπα:	30/κρεβάτι
Περισσότερα από 16 κρεβάτια	
Τα οκτώ πρώτα:	50/κρεβάτι
Τα υπόλοιπα:	25/κρεβάτι

Πίνακας Α.5-5: Παροχή σε σωλήνες κενού

Τμήμα	Lit/min	Παρατηρήσεις
Γραμμή προς κάθε χειρουργείο	80/χειρουργείο	1. Αφορούν τον υπολογισμό της κεντρικής γραμμής για ένα τμήμα. 2. Δεν εφαρμόζεται συντελεστής ταυτοχρονισμού για λιγότερα από 8 τέτοια τμήματα.
Χώρος νάρκωσης	40/χρόνονάρκωσης	
Μονάδες ανάνηψης	40/κρεβάτι	
Μονάδες εντατικής θεραπείας	20/κρεβάτι	
Για πολλά τμήματα Χειρουργείων		
Για 9 έως 12 τμήματα		
Τα πρώτα 8:	100%/τμήμα	
Τα υπόλοιπα:	60%/τμήμα	
Για 13 έως 16 τμήματα		
Τα πρώτα 8:	100%/τμήμα	
Τα υπόλοιπα:	50%/τμήμα	
Περισσότερα από 16		
Τα πρώτα 8:	100%/τμήμα	
Τα υπόλοιπα:	45%/τμήμα	

Πίνακας Α.5-6: Υπολογισμός διατομής σωλήνων σε εγκαταστάσεις O<sub>2</sub> και N<sub>2</sub>O

Εσωτερική διάμετρος Σωλήνα σε in	ΔΡ bar	Απόσταση σε m από σημείο πίεσης 4 bar για ΔΡ 0,07, 0,14 και 0,21 bar																			
		Παροχή lit/min																			
		8	15	30	61	91	122	152	183	213	244	274	305	335	366	396	427	457			
1/2	0,07	579	391	263	177	140	119	105	94	86	80	75	70	66	63	60	58	56			
	0,14	845	572	386	260	207	175	154	139	127	118	110	104	98	93	89	85	82			
3/4	0,21	1038	711	481	325	258	219	192	173	159	147	137	129	122	117	111	107	102			
	0,07	1677	1135	768	518	411	349	307	277	254	235	220	207	196	186	178	170	164			
1	0,14	2441	1656	1123	759	604	513	451	407	373	345	323	304	288	274	262	251	241			
	0,21	3023	2053	1395	945	751	638	562	507	465	431	403	379	359	342	326	313	301			
1 ¼	0,07	3363	2283	1547	1047	832	706	622	560	514	476	445	419	397	376	361	346	332			
	0,14	4881	3320	2257	1530	1218	1035	912	823	754	699	653	615	583	555	530	508	488			
1 ½	0,21	6034	4109	2800	1901	1514	1287	1135	1024	938	870	814	767	726	691	660	633	609			
	0,07	6023	4096	2783	1886	1500	1275	1124	1013	928	861	805	758	718	683	653	626	602			
1 ¾	0,14	8720	5943	4051	2752	2192	1865	1644	1483	1360	1261	1180	1111	1053	1002	957	918	883			
	0,21	10758	7344	5018	3415	2723	2317	2044	1845	1692	1569	1468	1383	1310	1248	1192	1143	1099			
1 ½	0,07	10103	6883	4685	3180	2533	2154	1899	1713	1570	1456	1362	1283	1215	1157	1105	1060	1019			
	0,14	14587	9963	6806	4633	3694	3145	2775	2504	2296	2130	1993	1878	1780	1694	1619	1553	1493			
0,21	17963	12290	8421	5743	4584	3904	3446	3112	2855	2648	2478	2335	2213	2107	2014	1932	1858				



Πίνακας Α.5-7:Υπολογισμός διατομής σωλήνων σε εγκαταστάσεις αναπνευστικού αέρα

Εσωτερική διάμετρος Σωλήνα σε in	ΔΡ bar	Απόσταση σε m από σημείο πίεσης 7.24 bar για ΔΡ 0,07, 0,14 και 0,35 bar																
		Παροχή lit/min																
		8	15	30	61	91	122	152	183	213	244	274	305	335	366	396	427	457
1/2	0,07	759	514	347	234	186	158	139	125	114	106	90	93	88	84	80	77	74
	0,14	1112	754	510	345	274	232	205	184	169	156	146	138	130	124	118	114	109
	0,35	1811	1231	836	566	450	383	337	304	279	258	242	227	215	205	196	188	180
3/4	0,07	2192	1488	1009	682	542	460	406	366	335	310	290	273	259	246	235	225	217
	0,14	3198	2175	1478	1001	797	677	597	538	493	457	428	403	381	363	347	332	320
	0,35	5180	3533	2410	1638	1306	1111	980	884	811	752	704	663	628	598	571	548	527
1	0,07	4387	2984	2027	1374	1093	929	819	739	677	628	587	553	524	498	476	456	439
	0,14	6382	4351	2963	2013	1604	1364	1203	1086	995	923	863	813	771	734	701	672	646
	0,35	10290	7038	4816	3283	2620	2232	1970	1779	1632	1514	1417	1335	1266	1205	1152	1105	1063
1 ¼	0,07	7841	5345	3638	2770	1968	1674	1476	1332	1221	1132	1059	998	945	900	860	825	793
	0,14	11380	7775	5307	3612	2881	2453	2165	1954	1792	1662	1556	1466	1389	1323	1264	1212	1166
	0,35	18271	12528	8599	5876	4696	4003	3536	3194	2931	2720	2547	2401	2276	2168	2073	1988	1912
1 ½	0,07	13128	8964	6113	4159	3316	2823	2490	2248	2061	1912	1789	1686	1598	1521	1454	1394	1341
	0,14	19010	13012	8901	6070	4847	4129	3646	3293	3021	2803	2624	2473	2344	2232	2134	2047	1969
	0,35	30392	20892	14381	9849	7881	6723	5942	5371	4930	4577	4286	4042	3833	3651	3451	3349	3223

Πίνακας Α.5-8:Υπολογισμός σωλήνων κενού

Εσωτερική διάμετρος Σωλήνα σε in	ΔΡ	Απόσταση σε m από σημείο πίεσης 450 mm Hg για ΔΡ 10,20,30 και 50 mm Hg																
		Παροχή lit/min																
		8	15	30	65	91	122	152	183	213	244	274	305	335	366	396	427	457
1/2	10	59	59	40														
	20	89	76	51	46													
	30	113	103	69														
3/4	10	173	116	78	52	41												
	20	260	174	117	79	62	53	46	42									
	30	330	222	149	100	79	67	59	53	49	45	42	40					
1	50	445	301	203	137	108	92	81	73	67	62	57	54	51	49	46	45	43
	10	350	236	159	106	84	71	63	56	51	48	44	42	40	40	39	38	37
	20	525	353	238	160	127	107	94	85	78	72	67	63	60	57	54	52	50
1 ¼	30	666	448	303	204	161	137	120	108	99	92	86	81	76	73	69	66	64
	50	900	607	412	278	220	187	164	148	135	125	117	110	104	99	95	91	87
	10	637	427	288	193	153	130	114	102	94	87	81	76	72	69	65	63	60
1 ½	20	947	638	431	290	230	195	171	154	141	131	122	115	109	103	99	95	91
	30	1198	808	548	369	293	248	218	197	180	167	156	147	139	132	126	121	116
	50	1614	1091	743	503	399	339	298	269	246	228	213	200	190	180	172	165	158
2	10	1074	724	488	328	260	220	194	174	160	148	138	130	123	117	111	107	103
	20	1598	1079	731	493	391	331	291	262	240	222	208	196	185	176	168	161	155
	30	2016	1363	926	626	497	422	371	334	306	283	265	249	236	224	214	205	197
3	50	2706	1833	1254	851	677	574	506	456	417	387	361	340	322	306	293	280	270
	10	2191	1480	1001	674	535	453	399	359	329	304	284	268	253	241	230	220	212
	20	3246	2196	1493	1010	802	681	599	540	494	458	428	403	381	363	346	332	319
3	30	4083	2766	1889	1281	1019	865	762	687	629	582	545	513	485	462	441	423	406
	50	5448	3699	2549	1737	1384	1176	1037	935	856	794	742	699	662	630	601	576	554
	10	5521	3773	2563	1733	1377	1169	1029	927	849	786	735	692	655	623	595	570	548
3	20	8070	5563	3807	2586	2058	1749	1541	1389	1273	1179	1103	1038	983	936	894	857	823
	30	10041	6968	4801	3274	2609	2219	1957	1765	1617	1499	1402	1320	1250	1190	1137	1090	1048
	50	13166	9233	6439	4421	3533	3009	2655	2396	2197	2037	1906	1796	1701	1619	1547	1483	1426

Πίνακας Α.5-9: Ισοδύναμο μήκος σωλήνα εξαρτημάτων για τον υπολογισμό της πτώσης πίεσης

Εξάρτημα	Ισοδύναμο μήκος σωλήνα						
	Εσωτερική διάμετρος σε in						
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	3
Διακόπτες με σφαιρίδιο	0,3	0,6	0,9	0,9	1,1	1,2	1,2
Διακόπτες διαφραγματικού τύπου	6	9	9	13	19	19	21
Διακόπτες γωνιακής ροής	3,1	4	5	6	7	9	14
Ταύ	0,3	0,6	0,6	0,6	0,9	1,2	1,6
Ταύ κυρίων διακλαδώσεων	1,0	1,9	1,9	2,2	2,8	3,5	4
Γωνία 90°	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6

Πίνακας Α.5-10: Εμπειρικές τιμές διατομών χαλκοσωλήνων, ανάλογα με τον αριθμό λήψεων για δίκτυο οξυγόνου.

Χαλκοσωλήνα mm/mm	Μέγιστος αριθμός λήψεων	
	Γραμμή προ του σταθεροποιητή	Γραμμή μετά του σταθεροποιητή
10/12	50	26
12/14	75	42
14/16	115	65
16/18	170	90
18/20	220	120
20/22	275	150
26/28	600	



## A.6 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

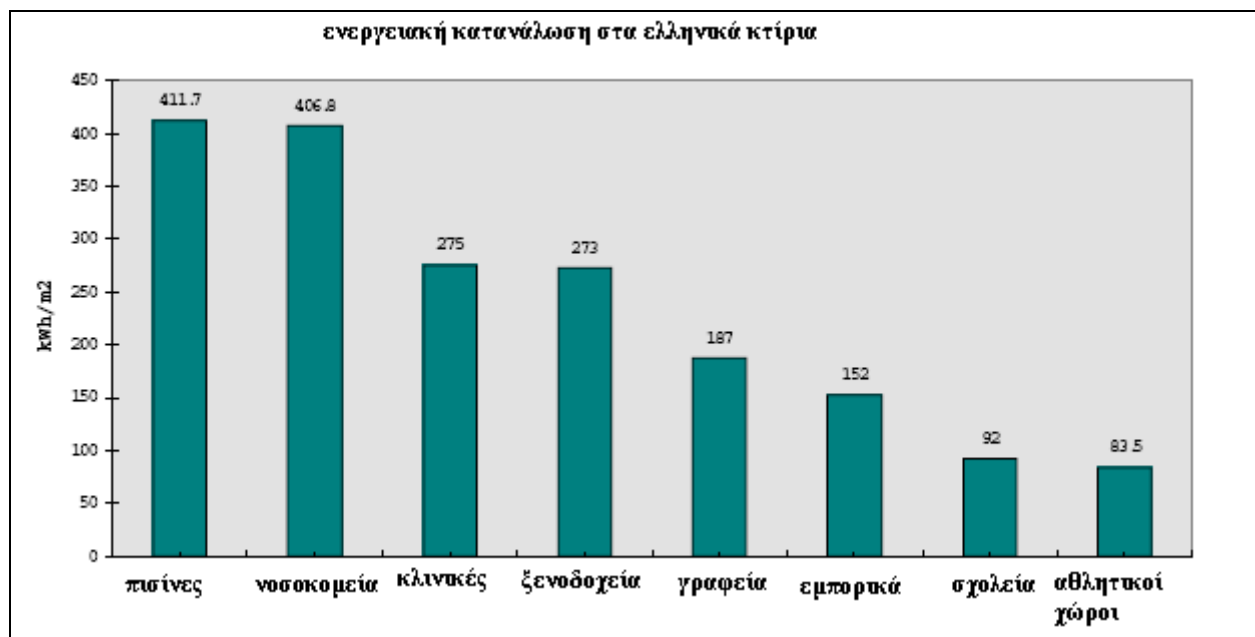
### A.6.1. ΓΕΝΙΚΑ

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα αυξάνεται σταθερά λόγω της ανάπτυξης. Την ίδια στιγμή υπάρχει ανησυχητική αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας τις ώρες αιχμής, γεγονός που δημιουργεί σοβαρά προβλήματα στη δημόσια επιχείρηση ηλεκτρισμού ΔΕΗ. Μια σημαντική παράμετρος αυτής της αύξησης αποτελεί η αυξημένη χρήση των κλιματιστικών στα κτίρια. Η ζήτηση της ενέργειας μερικές φορές, ιδίως το καλοκαίρι, πλησιάζει τα όρια εξάντλησης. Για να αποφευχθεί πιθανή διακοπή ρεύματος, η ΔΕΗ αναγκάστηκε να εισάγει ηλεκτρισμό από γειτονικές χώρες και να προγραμματίσει την κατασκευή νέων φυσικών εγκαταστάσεων.

Η πλειοψηφία των ελληνικών νοσοκομείων δεν είναι κλιματιζόμενα. Όμως, εξαιτίας των πρόσφατων περιόδων καύσωνα και των δυσμενών συνθηκών του περιβάλλοντος στις μεγάλες πόλεις, υπάρχει η τάση να εγκαθίστανται αυτόνομες ή κεντρικές μονάδες κλιματισμού στα περισσότερα νοσοκομεία. Το Υπουργείο Υγείας έχει βάλει σε εφαρμογή πρόγραμμα για εγκατάσταση κλιματιστικών στα περισσότερα νοσοκομεία, το οποίο βρίσκεται σε διαδικασία διαρκούς επέκτασης.

Γενικά τα νοσοκομεία αντιπροσωπεύουν μια μεγάλη κατηγορία όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας, όσον αφορά τα κτίρια του τριτογενή τομέα, λόγω των εξειδικευμένων χαρακτηριστικών λειτουργίας και των αναγκών τους. Ο μέσος όρος της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας των ελληνικών κτιρίων απεικονίζεται στην εικόνα A.6-1, σύμφωνα με ελέγχους που πραγματοποιήθηκαν σε περισσότερους από 1200 κτίρια ανά τη χώρα κατά τη δεκαετία 1990. Συνεπώς, τα νοσοκομεία καταναλώνουν 406,8 kWh/m<sup>2</sup> και οι κλινικές 274,7 kWh/m<sup>2</sup>. Ο πίνακας A.6-1 καταγράφει τα ποσά της ενεργειακής κατανάλωσης για διάφορες χρήσεις. Η θέρμανση χώρων αντιπροσωπεύει το υψηλότερο ποσοστό του συνόλου της ενεργειακής κατανάλωσης. Η κατανάλωση ενέργειας για ψύξη έχει αυξηθεί στις περισσότερες κατηγορίες κτιρίων τα τελευταία χρόνια και ιδιαίτερα στα κτίρια που στεγάζουν γραφεία.

Εικόνα A.6-1: Μέσος όρος ενεργειακής κατανάλωσης στα ελληνικά κτίρια



Η πλειοψηφία των νοσοκομείων κατά τη διάρκεια αυτών των ελέγχων δεν ήταν εξοπλισμένα με ένα κεντρικό σύστημα κλιματισμού, με εξαίρεση κάποιες μικρές περιοχές στα νοσοκομεία και τα χειρουργεία. Από το σύνολο των 24 νοσοκομείων, μόνο το 33% είχε θερμική μόνωση

περιμετρικά των κτιρίων. Δεδομένης λοιπόν της σχετικά υψηλής εσωτερικής θερμοκρασίας και της διαρκούς λειτουργίας της, η κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση χώρων είναι αρκετά υψηλή.

Πίνακας Α.6-1: Μέσος όρος κατανάλωσης ενέργειας για διάφορες κατηγορίες ελληνικών κτιρίων που ανήκουν στον τριτογενή τομέα

Κατηγορία	Αριθμός ελεγχόμενων κτιρίων	Θέρμανση kwh/m <sup>2</sup>	Ψύξη kwh/m <sup>2</sup>	Φωτισμός kwh/m <sup>2</sup>	Εξοπλισμός kwh/m <sup>2</sup>	Σύνολο kwh/m <sup>2</sup>
Πισίνες	6	359,3		12,6	39,8	411,7
Νοσοκομεία	24	298,6	3,2	52,1	52,9	406,8
Κλινικές	9	179,4	48,3	25,8	21,2	274,7
Ξενοδοχεία	158	197,9	10,7	24,5	39,9	273
Γραφεία	186	95	23,6	20	48,4	187
Εμπορικά	516	73,7	18,5	18,5	41,3	152
σχολεία	238	66,5	1,9	15,7	7,9	92
Χώροι άθλησης	18	51,5		23,8	8,2	83,5

Σε μία άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε 84 δημόσια νοσοκομεία όλης της χώρας, ο μέσος όρος του συνόλου της ενέργειας που καταναλώθηκε εκτιμάται στα 371,5 kwh/m<sup>2</sup>. Συνολικά ο μέσος όρος της τιμής της ενέργειας που καταναλώθηκε στα ελληνικά νοσοκομεία σύμφωνα με τις ίδιες έρευνες, είναι γύρω στα 400 kwh/m<sup>2</sup>.

Πίνακας Α.6-2: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας των ελληνικών νοσοκομείων.

Έτος	Ηλεκτρική ενέργεια kwh/m <sup>2</sup>	Θερμική ενέργεια kwh/m <sup>2</sup>	Σύνολο ενέργειας kwh/m <sup>2</sup>
1993	81	291	372
1994	86	285	371
Μέση τιμή	83,5	288	371,5

Αναλόγως, η ανάλυση των ποσοστών ηλεκτρικής ενέργειας για διάφορες χρήσεις παρουσιάζεται στον πίνακα Α.6-3. Το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας καταναλώνεται για τον κλιματισμό, ενώ ο φωτισμός και οι άλλες ηλεκτρικές συσκευές αντιπροσωπεύουν μόνο το 16% της συνολικής ενέργειας.

Πίνακας Α.6-3: Ανάλυση της διαθεσιμότητας της ηλεκτρικής ενέργειας

Χρήση	Ποσοστό % επί του συνόλου
Κλιματισμός	8,4
Φωτισμός	7
Χρήση ιατρικού εξοπλισμού	6
Εξοπλισμός για μαγειρεία, πλυντήρια, θερμοσίφωνες κ.α.	3

Τα δεδομένα που προέκυψαν από τους ελέγχους των 10 νοσοκομείων, αποκαλύπτουν ότι ο μέσος όρος της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας συνολικά είναι 450 kwh/m<sup>2</sup>. Η κατανάλωση της θερμικής ενέργειας είναι περίπου στις 280 kwh/m<sup>2</sup>, ενώ η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας αγγίζει τις 170 kwh/m<sup>2</sup>. Τα νοσοκομεία που διαθέτουν HVAC συστήματα κλιματισμού έχουν υψηλότερη κατανάλωση που αγγίζει τις 700 kwh/m<sup>2</sup>, ένα νούμερο που αποδεικνύει καθαρά το αυξημένο κόστος ενέργειας από τη χρήση κλιματιστικής εγκατάστασης.

Τα συστήματα και οι τεχνικές διατήρησης της ενέργειας μπορούν να μειώσουν την κατανάλωσή

της, χωρίς να ζημιωθούν οι ανέσεις ή η ποιότητα των υπηρεσιών. Στην πραγματικότητα η εξοικονόμηση της ενέργειας αντιστοιχεί σε εξοικονόμηση χρημάτων λόγω του μειωμένου κόστους, τα οποία μπορούν να επενδυθούν για άλλες προτεραιότητες. Για παράδειγμα στην Ελβετία γίνεται μια προσπάθεια με το πρόγραμμα "Ενέργεια 2000" για την προστασία του περιβάλλοντος και τη μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας και να ενισχύσουν τα μέτρα για τη διατήρηση της ενέργειας στα νοσοκομεία, για να φτάσουν το στόχο της μείωσης κατά 20% της κατανάλωσης καυσίμων και ηλεκτρικής ενέργειας.

### A.6.2 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Όπως προαναφέρθηκε τα χειρουργεία έχουν αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις για την ορθή λειτουργία τους. Τα HVAC συστήματα κλιματισμού αντιπροσωπεύουν την υψηλότερη κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας. Τα συστήματα έχουν ένα υψηλό αρχικό κόστος λειτουργίας και συντήρησης για την πλήρη παροχή αέρα και την επίτευξη επιθυμητών εσωτερικών συνθηκών. Η πραγματική κατανάλωση ενέργειας για τα HVAC συστήματα είναι δύσκολο να καθοριστεί και απαιτεί συνεχή παρακολούθηση κατά τη λειτουργία τους. Όμως η επιτυχία αρκετών συστημάτων να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας και να βελτιώσουν σημαντικά τις συνθήκες των εσωτερικών χώρων, είναι αποδεδειγμένες στην πράξη. Τα χαρακτηριστικά τους γνωρίσματα και άλλες σχετικές πληροφορίες παρουσιάζονται ακολούθως. Μερικές διαχειριζόμενες μονάδες αέρα είναι εφοδιασμένες με σπείρες επαναθέρμανσης ώστε να διασφαλίζουν τη σωστή θερμοκρασία όταν γίνεται η αφύγρανση. Οι εξωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας διαφέρουν κατά πολύ και δε φτάνουν απαραίτητα στο ίδιο επίπεδο, με αποτέλεσμα την έκφραση δυσφορίας από το ιατρικό προσωπικό. Η συμβατική αφύγρανση που επιτυγχάνεται με τη μείωση της θερμοκρασίας, μπορεί να ψύξει τον αέρα περισσότερο από τα επιθυμητά επίπεδα. Περνώντας ο αέρας από μια σπείρα επαναθέρμανσης κάτω από τη σπείρα ψύξης μπορεί να ξεπεράσει αυτό το πρόβλημα. Με παρόμοιο τρόπο χώροι με υψηλές απαιτήσεις χρησιμοποιούν το σύστημα επαναθέρμανσης για να ελέγξουν την υγρασία κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, αλλά έτσι απαιτείται μεγαλύτερος εξοπλισμός ψύξης και επομένως υψηλότερο κόστος λειτουργίας.

### **ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΤΕΣ-ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ**

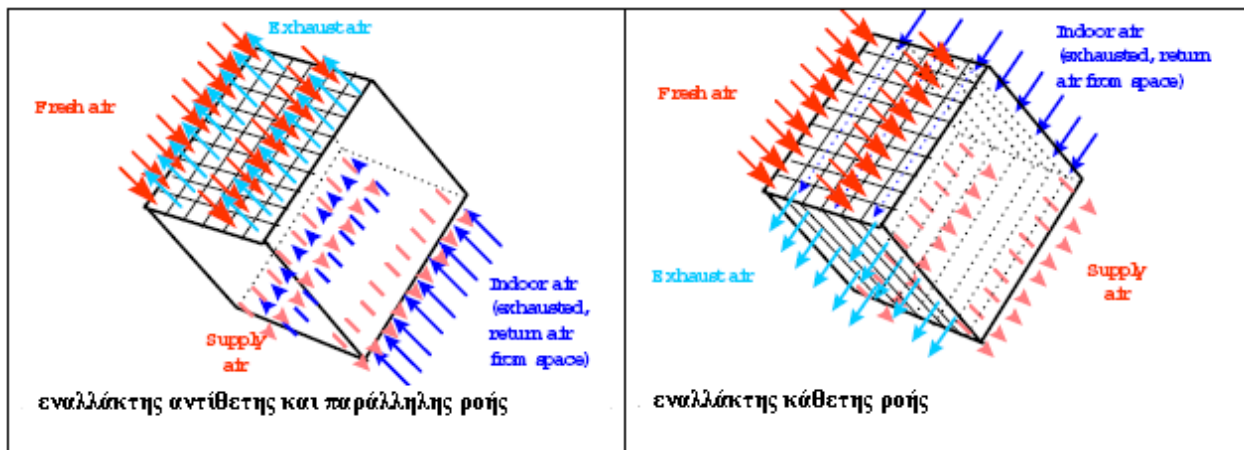
Η ανάκτηση θερμότητας στα συστήματα εξαερισμού, από τον αέρα που εξέρχεται ως την παροχή φρέσκου αέρα, επιτυγχάνεται με τη χρήση εναλλακτών θερμότητας. Δεν υπάρχει ανάμιξη των δύο ρευμάτων αέρα και με αυτόν τον τρόπο δεν μεταδίδεται ο μολυσμένος αέρας από το εσωτερικό περιβάλλον. Ο εναλλάκτης θερμότητας συνήθως κατασκευάζεται από αλουμίνιο. Εναλλακτικά, ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας είναι πιθανό να χρησιμοποιηθούν και άλλα υλικά, όπως χαλκός και ορείχαλκος.

Η συνεχής ροή του αέρα γίνεται είτε με αντίθετη και παράλληλη ροή είτε με κάθετη ροή όπως φαίνεται στην εικόνα A.6-2. Για παράδειγμα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού η ροή του θερμού αέρα (κόκκινα βέλη) μπορεί να αποτελέσει τον πολύ ζεστό εξωτερικό αέρα, ο οποίος προψύχεται (ροζ βέλη) πριν περάσει στον εσωτερικό χώρο κατευθείαν ή μέσω της σπείρας ψύξης της AHU. Ο κρύος αέρας που εξέρχεται (σκούρα μπλε) βέλη από τον εσωτερικό χώρο (κλιματιζόμενος και μολυσμένος αέρας) μεταφέρει ένα ποσό θερμότητας στον φρέσκο αέρα που εισέρχεται και μετά αποβάλλεται προς τα έξω (ανοιχτά μπλε βέλη).

Η απόδοση του εναλλάκτη θερμότητας για την ανάκτηση της θερμότητας φτάνει το 90%. Η ροή μπορεί να είναι ελασματική και να αποδίδει με χαμηλό κόστος λειτουργίας, το οποίο μπορεί να οφείλεται στη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας από τους ανεμιστήρες.

Παρακάτω φαίνονται οι δύο τύποι εναλλακτών θερμότητας με παράλληλη και κάθετη ροή

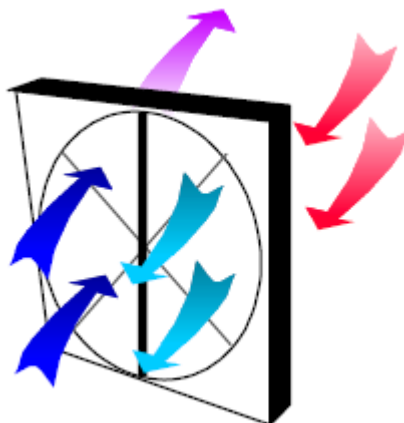
Εικόνα Α.6-2: Τύποι εναλλακτών θερμότητας



Στα συστήματα εξαερισμού είναι επίσης απαραίτητο να ανακτηθεί και η αισθητή και η λανθάνουσα θερμότητα από τον αέρα που εξέρχεται. Για παράδειγμα κατά τη διάρκεια του χειμώνα ο εσωτερικός αέρας που κλιματίζεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ζεσταθεί και να υγρανθεί η παροχή φρέσκου εξωτερικού αέρα, ενώ το καλοκαίρι ο δροσερός και ξηρός εσωτερικός αέρας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ψύξει και να αφυγρανθεί η παροχή του εξωτερικού αέρα. Ο περιστροφικός ενεργειακός τροχός είναι ένας τροχός που ενεργεί όπως ο εναλλάκτης θερμότητας και χρησιμοποιείται για την εναλλαγή της ζέστης και της υγρασίας. Τα περιστρεφόμενα μέσα κατασκευάζονται από επενδυμένο αλουμίνιο ώστε να αποφεύγεται η διάβρωση. Η περιστρεφόμενη επιφάνεια είναι ένα μέσο κυψελοειδούς μορφής, επιστρωμένο με προσροφητικό υλικό στην επιφάνεια.

Η λειτουργία του τροχού είναι απλή. Κάθε ροή αέρα περνάει κατά το ήμισυ από την επιφάνεια του τροχού, εικόνα Α.6-3. Μια ποσότητα ψυχρού και ξηρού αέρα που ρέει μέσα στο μηχάνημα μειώνει τη θερμοκρασία και ψυχραίνει το προσροφητικό υλικό. Περιστρέφοντας τον τροχό, αυτός ο τομέας του διασταυρώνεται με την άλλη πλευρά, όπου έρχεται σε επαφή με άλλη ποσότητα αέρα και απορροφά τη ζέστη και την υγρασία, ενώ μειώνει τη θερμοκρασία του αέρα. Αυτή η λειτουργία μοιάζει με τη διαδικασία της διαγώνιας ροής του εναλλάκτη θερμότητας. Η γωνιακή ταχύτητα του τροχού προσαρμόζεται σύμφωνα με τις συνθήκες λειτουργίας από 8 rpm έως 1/20 rpm. Η ογκομετρική ροή του αέρα διαφέρει κατά πολύ, κυμαίνεται από 800 έως 50000 m<sup>3</sup>/h, και εξαρτάται από τις διαστάσεις του τροχού.

Εικόνα Α.6-3: Ενεργειακός τροχός





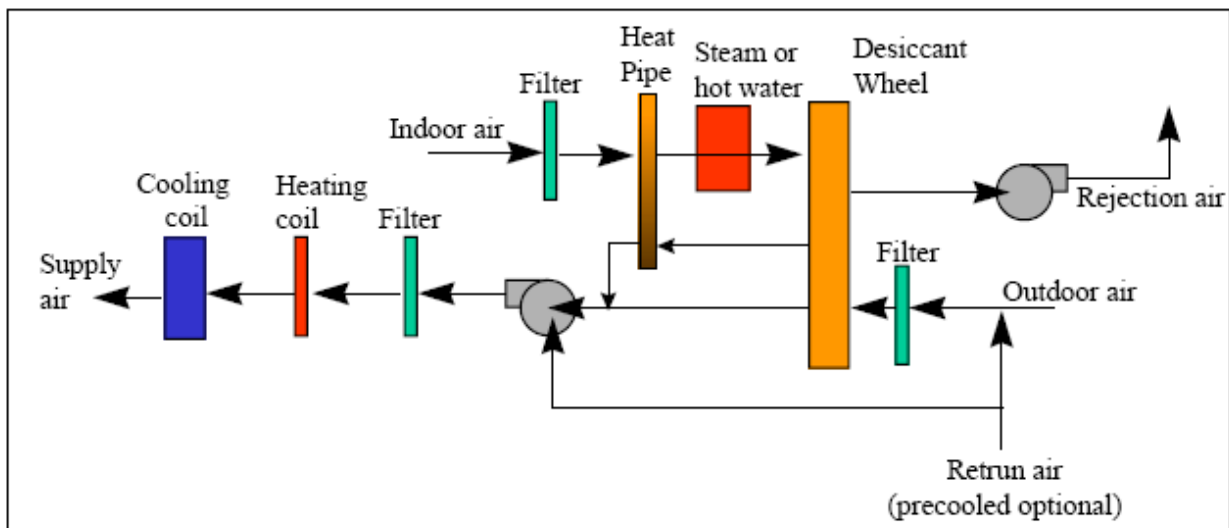
Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται για να διασφαλιστεί το γεγονός ότι το αφυδατωμένο υλικό δε μεταφέρει παράγοντες μόλυνσης, οι οποίοι συνήθως μεταδίδονται από τον εσωτερικό αέρα που εξέρχεται. Σε αυτήν την περίπτωση συστήνεται η χρήση φίλτρων τύπου S που τοποθετούνται στην παροχή του εξερχόμενου αέρα, πριν τον τροχό. Η διάρκεια ζωής των υλικών του τροχού είναι συνήθως πέντε χρόνια. Η κατάλληλη συντήρηση περιλαμβάνει καθαρισμό με ατμό χαμηλής θερμοκρασίας, ζεστό νερό ή ελαφρύ απορρυπαντικό, χωρίς να έχουμε καθόλου μείωση της απόδοσης ανάκτησης θερμότητας του υλικού

### A.6.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΦΥΓΡΑΝΣΗΣ ΜΕ ΤΡΟΧΟ

Ένα παρόμοιο σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αφυγρανθεί ο αέρας. Μερικές χειρουργικές διαδικασίες απαιτούν πιο δροσερές θερμοκρασίες. Επίσης η βαριά θερμοκρασία της χειρουργικής ομάδας, που επιβάλλεται κατά τη διάρκεια της εγχείρησης για προστατευτικούς λόγους, ενδεχομένως να απαιτεί θερμοκρασία χαμηλότερη των 18 °C ή ακόμη πιο χαμηλές. Σε αυτήν την περίπτωση η υγρασία που θα αφήσει ο ψυχρός αέρας θα είναι αρκετά πιο υψηλή ενώ παράλληλα υπάρχει πιθανότητα να απορροφηθεί υγρασία στις σωληνώσεις και στα οικοδομικά υλικά, όπου ενδέχεται να αναπτυχθούν μικρόβια.

Η χρήση ενός υλικού που απορροφάει το νερό, όπως τυρίτιο, ή υλικού διαποτισμένου με ουσίες που απορροφούν την υγρασία, όπως χλωρίδια του λιθίου, μπορεί να απομακρύνει την υγρασία του αέρα. Αυτό το υλικό πρέπει να επιλεγεί κατάλληλα ώστε να περιοριστεί η προσρόφηση σε μικρά μόρια που η διάμετρος τους δε θα ξεπερνά την τυπική διάμετρο ενός μορίου, που είναι  $2,8 \cdot 10^{-10}$  m. Η όλη διαδικασία είναι φυσική και δεν παρατηρούνται χημικές αλλαγές του υλικού. Οι τροχοί αφύγρανσης χρησιμοποιούν θερμική ενέργεια για να απομακρύνουν την υγρασία. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει με πολύ μικρά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας εφόσον ο ατμός ή το ζεστό νερό είναι διαθέσιμα. Μια τυπική διάταξη του τροχού αφύγρανσης φαίνεται στην εικόνα A.6-4.

Εικόνα A.6-4: Διάγραμμα ροής σε σύστημα αφύγρανσης με τροχό αφύγρανσης



Αφαιρώντας την υγρασία από τον εξωτερικό αέρα πριν φτάσει στη σπείρα ψύξης η θερμοκρασία του κρύου νερού μπορεί να αυξηθεί, γεγονός που ευνοεί τη γενική αποδοτικότητα.

Παρακάτω συνοψίζονται ορισμένες προτάσεις για τη διατήρηση της ενέργειας στα νοσοκομεία

- ✓ Είναι απαραίτητη η εγκατάσταση ενός εξοικονομητή ενέργειας, για ανάκτηση θερμότητας από τον αέρα που εξέρχεται.
- ✓ Πρέπει να γίνεται έλεγχος της πτώσης πίεσης και απαραίτητες προσαρμογές για να βελτιωθεί η αποδοτικότητα του ανεμιστήρα. Ο έλεγχος των φίλτρων ώστε να μειωθεί η πτώση πίεσης είναι πολύ σημαντικός.

✓ Πρέπει να γίνεται συχνά έλεγχος των AHUs και των σπειρών. Οι ακάθαρτες επιφάνειες μπορεί να ελαττώσουν κατά 20% την αποδοτικότητά τους.

✓ Οι συνθήκες λειτουργίας πρέπει να προσαρμόζονται αλλά δεν πρέπει να κλείνει εντελώς το σύστημα κλιματισμού. Το κλείσιμο του συστήματος ενώ φαίνεται ως ένα αποδοτικό μέτρο για την εξοικονόμηση της ενέργειας, πρέπει να αποφεύγεται γιατί η δαπάνη για τη διατήρηση των εσωτερικών συνθηκών θα είναι μεγαλύτερη.

Γενικά η αποδοτικότητα της ενέργειας πρέπει να υποστηρίζεται ισχυρά από τη δικαιοδοσία, στα ανώτατα επίπεδα που χρειάζονται ώστε να είναι αποτελεσματική. Την πρώτη φορά που θα γίνει κάποια ενέργεια συντήρησης και κάθε επόμενη ενέργεια, πρέπει να ακολουθεί τις κύριες οδηγίες που προαναφέρθηκαν. Το θέμα της εξοικονόμησης της ενέργειας ποτέ δεν εξαντλείται. Συνεχείς εκτιμήσεις των συνθηκών λειτουργίας και νέες τεχνολογίες και συστήματα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη.

## **A.7 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΕ HVAC ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει μια γενική εικόνα των ποικίλων προβλημάτων που ίσως παρουσιαστούν σε ένα HVAC σύστημα κλιματισμού, στις εσωτερικές λειτουργίες και στις φυσικές παραμέτρους, όπως η θερμοκρασία και η υγρασία (θερμική άνεση), ο θόρυβος (ακουστική άνεση) και η ποιότητα του αέρα. Πολλά από αυτά τα προβλήματα θα παρουσιαστούν και στο Β μέρος της εργασίας, όπου γίνεται έλεγχος χειρουργικών χώρων και παρατίθενται διαγράμματα θερμοκρασίας και υγρασίας. Σε αυτό το κεφάλαιο συνοψίζονται και οι προτάσεις για τη βελτίωση της απόδοσης του HVAC εξοπλισμού, ώστε να βελτιωθεί και η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος.

### **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ**

Στον πίνακα A.7-1 παρουσιάζονται όλες οι πληροφορίες σχετικά με τα προβλήματα των HVAC συστημάτων. Η πρώτη στήλη παρουσιάζει τον τύπο του προβλήματος και τις πιθανές συνέπειες, η δεύτερη στήλη παρουσιάζει τις πιθανές αιτίες και η τρίτη στήλη τις κατάλληλες ενέργειες για τη βελτίωση των συνθηκών. Στη συνέχεια ακολουθεί μια σειρά εικόνων που προέρχονται από προβληματικές εγκαταστάσεις κλιματισμού.

Πίνακας A.7-1: προβλήματα, πιθανές αιτίες, πιθανές συνέπειες και κατάλληλες ενέργειες

<b>Προβλήματα ⇒ συνέπειες</b>	<b>Πιθανές αιτίες</b>	<b>Κατάλληλες ενέργειες</b>
Υψηλή εσωτερική θερμοκρασία το καλοκαίρι και χαμηλή το χειμώνα ⇒ δυσφορία, χαμηλή απόδοση της χειρουργικής ομάδας	Ακάθαρτες σπείρες ψύξης και θέρμανσης, δυσλειτουργία των AHU	Καθαρισμός των σπειρών έλεγχος των AHU
Χαμηλός αριθμός εναλλαγών του αέρα ⇒ Ανικανότητα να διατηρηθούν οι συνθήκες αποστείρωσης, αποπνικτική ατμόσφαιρα, δυσφορία, αύξηση των μολυσματικών παραγόντων	Μπλοκαρισμένοι διαχύτες, μέγεθος ανεμιστήρα, η AHU δε λειτουργεί	Έλεγχος των διαχυτών, αντικατάσταση ανεμιστήρα, καθαρισμός φίλτρων, η AHU πρέπει πάντα να είναι σε λειτουργία
Η AHU δε λειτουργεί κατά τη διάρκεια της νύχτας ⇒ ανεπαρκής ποιότητα του εσωτερικού αέρα	Η AHU δε λειτουργεί για μείωση του κόστους λειτουργίας	Λειτουργία της AHU σε συνθήκες 30% των κανονικών συνθηκών, χρήση συστημάτων ανάκτησης της ενέργειας για χαμηλό κόστος λειτουργίας
Οι εσωτερικές συνθήκες δεν μπορούν να ελεγχθούν από τη χειρουργική ομάδα	Ελλιπείς συσκευές ελέγχου, όπως θερμοστάτες, δυσκολία πρόσβασης, δυσλειτουργία των συσκευών ελέγχου	Έλεγχος της εγκατάστασης, αντικατάσταση των αισθητήρων, εγκατάσταση νέων συσκευών ελέγχου
Ανυπαρξία HVAC συστημάτων στους βοηθητικούς χώρους των χειρουργείων ⇒ μη αποστειρωμένες συνθήκες που ίσως επηρεάσουν το χειρουργικό χώρο	Λανθασμένος σχεδιασμός λόγω οικονομικών περιορισμών	Εγκατάσταση νέου εξοπλισμού και όχι επέκταση του ήδη υπάρχοντος

<b>Προβλήματα ⇒ συνέπειες</b>	<b>Πιθανές αιτίες</b>	<b>Κατάλληλες ενέργειες</b>
Ανυπαρξία εφεδρικής AHU ⇒ σε περίπτωση συντήρησης θα πρέπει να σταματήσουν οι κανονικές λειτουργίες	Οικονομικοί περιορισμοί	Εγκατάσταση εφεδρικού εξοπλισμού
Μία AHU εξυπηρετεί μεγάλο αριθμό χειρουργικών και άλλων χώρων ⇒ ανεπαρκείς εσωτερικές συνθήκες, ανικανότητα κάλυψης των αναγκών	Οικονομικοί περιορισμοί	Επανασχεδιασμός της εγκατάστασης. Μία AHU για 1-2 χειρουργικούς χώρους και κάποιους βοηθητικούς χώρους
Προβλήματα κυκλοφορίας του εσωτερικού αέρα ⇒ ανικανότητα διατήρησης των συνθηκών αποστείρωσης, αποπνικτική ατμόσφαιρα, δυσφορία, αύξηση των μολυσματικών παραγόντων	Παροχές εισόδου και εξόδου του αέρα που είναι ακατάλληλα τοποθετημένες ή μπλοκαρισμένες	Έλεγχος διαχυτών, απομάκρυνση των εμποδίων μπροστά από τις παροχές αέρα, προσαρμογή των περσίδων και καθαρισμός, προσαρμογή ανεμιστήρα
Χρήση σωμάτων ζεστού νερού, σπειρών ανεμιστήρα ή αντλιών θέρμανσης ⇒ αποτελούν πηγές μόλυνσης και δε διατηρούν συνθήκες αποστείρωσης	Οικονομικοί περιορισμοί, κακός σχεδιασμός	Εγκατάσταση κεντρικού HVAC, απομάκρυνση των θερμαντικών σωμάτων και των σπειρών ανεμιστήρα
Υψηλά επίπεδα θορύβου μέσα στο χειρουργικό χώρο ⇒ δυσφορία, κεφαλαλγίες, απώλεια συγκέντρωσης	Μηχανική δυσλειτουργία του συστήματος, υψηλή ταχύτητα του αέρα, κραδασμοί που μεταφέρονται μέσω των σωληνώσεων, εσωτερικές πηγές λόγω της ακατάλληλης διάταξης του χώρου	Έλεγχος της εγκατάστασης, χρήση εξασθενητή ήχου ή αντικατάσταση του ήδη υπάρχοντος, μεταφορά των χώρων γενικής χρήσης και των παρακείμενων δωματίων, χρήση ηχομόνωσης
Παράθυρα εντός του χειρουργικού χώρου ⇒ προβλήματα έντονου φωτός, προβλήματα θορύβου από εξωτερικούς χώρους	Παλιοί χώροι γενικής χρήσης παράθυρα που χρησιμοποιούνται για φωτισμό και εξαερισμό	Απομόνωση ή απομάκρυνση των παραθύρων
Οπές εισόδου και απόρριψης αέρα κοντά η μία στην άλλη ⇒ ανάμιξη του εισερχόμενου αέρα με τον εξερχόμενο, αύξηση παραγόντων μόλυνσης	Κακός σχεδιασμός	Τοποθέτηση μακριά από εστίες μόλυνσης, έλεγχος ανέμων που επικρατούν
Σωληνώσεις σε κακή κατάσταση ⇒ συσσώρευση σκόνης, ανάπτυξη βακτηρίων που μπορεί να μολύνουν τον παρεχόμενο αέρα	Ανεπαρκής συντήρηση, καθαρισμός, δύσκολη πρόσβαση	Εξασφάλιση εύκολης πρόσβασης, προγραμματισμός και εφαρμογή τακτικού καθαρισμού. Προστασία των σωλήνων που βρίσκονται έξω από το κτίριο

Αντιπροσωπευτικά δείγματα κάποιων προβλημάτων που σχετίζονται με όσα προαναφέρθηκαν και που συλλέχθηκαν κατά την εργασία αυτή παρουσιάζονται στις παρακάτω εικόνες:

Εικόνα Α.7-1: λανθασμένα παραδείγματα συστημάτων ψύξης και θέρμανσης



κλιματιστική μονάδα εντός του χειρουργείου



κλιματιστική μονάδα εντός του χειρουργείου



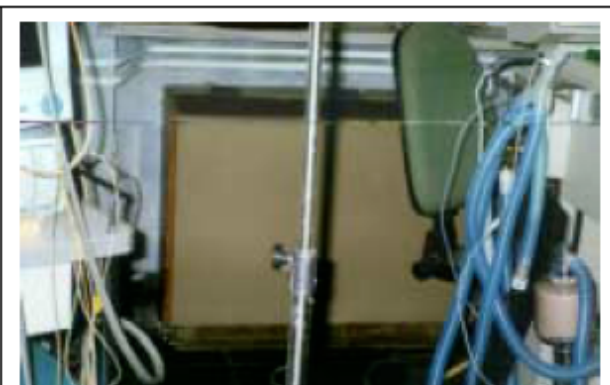
θερμαντικό σώμα εντός του χειρουργείου



θερμαντικό σώμα εντός του χειρουργείου



θερμαντικό σώμα εντός χειρουργείου



σπείρες ανεμιστήρα εντός χειρουργείου



κλιματιστική μονάδα, δίπλα σε εξόδους παραγωγής αέρα, για συμπληρωματική ψύξη/θέρμανση

Εικόνα Α.7-2: λανθασμένα παραδείγματα σχετικά με τη χρήση παραθύρων



ανοιχτά παράθυρα σε χειρουργική μονάδα



αεραγωγοί που προέρχονται από το χώρο των πλυντηρίων, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι δίπλα σε παράθυρα χειρουργείου

### ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ

Η πλειοψηφία των προβλημάτων μπορούν να εξομαλυνθούν και να ελεγχθούν καλύτερα με τη λήψη των κατάλληλων ενεργειών μέσα σε ένα πλαίσιο περιεκτικού και καλά οργανωμένου σχεδιασμού. Ενώ είναι αυτονόητο ότι αυτές οι ενέργειες εφαρμόζονται στις εγκαταστάσεις, πάραυτα σε πολλά νοσοκομεία οι εγκαταστάσεις δε συμβαδίζουν με την τεχνολογική πρόοδο και είναι πεπαλαιωμένες. Συνεπώς δεδομένης της υπάρχουσας κατάστασης, προτεραιότητα πρέπει να δοθεί στις ακόλουθες ενέργειες:

✓ Ανακαίνιση των χειρουργείων εφαρμόζοντας ένα σωστό σχεδιασμό, σύμφωνα με τις υποδείξεις και τις οδηγίες που εκδίδει το Υπουργείο Υγείας και με τους κανονισμούς και τα πρότυπα. Επέκταση και σωστό μέγεθος των εγκαταστάσεων. Χρήση κατάλληλων υλικών και εξοπλισμού. Πολλά νοσοκομεία ήδη συμμορφώνονται προς αυτήν την κατεύθυνση, με αρκετές επεκτάσεις και προγράμματα ανακαίνισης που ήδη βρίσκονται σε εξέλιξη.

✓ Αποσυναρμολόγηση και επανατοποθέτηση των παραθύρων που χρησιμοποιούνται στην πλειοψηφία των χειρουργείων.

- ✓ Έλεγχος των συνθηκών λειτουργίας των HVAC συστημάτων κλιματισμού, αντικατάσταση και μέτρηση των διαστάσεων ξανά αν χρειάζεται, ακολουθώντας το σχεδιασμό σύμφωνα με τους κανονισμούς. Είναι απαραίτητη η απομάκρυνση των θερμαντικών σωμάτων, των σπειρών των ανεμιστήρων και των μεμονωμένων μονάδων αντλιών θερμότητας
- ✓ Επαναπροσδιορισμός των AHU που εξυπηρετούν πολλά χειρουργεία και προσθήκη νέων μονάδων, ώστε το κάθε σύστημα να εξυπηρετεί έναν ή δύο χειρουργικούς χώρους και κάποιους βοηθητικούς, όταν αυτό κρίνεται απαραίτητο. Κατά το σχεδιασμό πρέπει να έχει γίνει υπολογισμός για επαρκή αριθμό εφεδρικών συστημάτων, έτσι ώστε να μην παύει η λειτουργία του συστήματος κατά τη διάρκεια της συντήρησης.
- ✓ καθορισμός της 24ωρης χρήσης της AHU καθ'όλη τη διάρκεια του έτους, για να εξασφαλιστούν οι κατάλληλες εσωτερικές συνθήκες. Μείωση του κόστους λειτουργίας με την εφαρμογή μεθόδων σχετικά με τη διατήρηση της ενέργειας, όπως ανάκτηση ενέργειας. Έλεγχος της λειτουργίας του συστήματος κατά τις περιόδους που τα χειρουργεία είναι εκτός υπηρεσίας στο 30% των συνθηκών πλήρους φόρτου εργασίας.
- ✓ Οργάνωση και επάνδρωση των τμημάτων των τεχνικών υπηρεσιών για τη σωστή λειτουργία και συντήρηση των εγκαταστάσεων
- ✓ Οργάνωση και εφαρμογή ενός τακτικού προγράμματος συντήρησης
- ✓ Έλεγχος, αντικατάσταση, προσαρμογή ή εγκατάσταση των απευθείας ελέγχων πρόσβασης στα χειρουργεία, για τη ρύθμιση των φυσικών παραμέτρων (θερμοκρασία, υγρασία, κλίμακα ροής αέρα) σύμφωνα με τα επιθυμητά επίπεδα για τις ποικίλες χειρουργικές λειτουργίες και τις υπάρχουσες συνθήκες.
- ✓ Εγκατάσταση εξοπλισμού καθαριότητας, ώστε να μειωθεί η συγκέντρωση των αναισθητικών αερίων και των άλλων αέριων μολυσματικών παραγόντων μέσα στο χειρουργείο.





## **B.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΩΝ**

Το μέρος Β παρουσιάζει πληροφορίες που συλλέχθηκαν πάνω στις παραμέτρους που επικρατούν στους εσωτερικούς χώρους των χειρουργείων. Οι έλεγχοι πραγματοποιήθηκαν σε 20 χειρουργεία 10 νοσοκομείων. Η επιλογή των νοσοκομείων έγινε με βάση την ημερομηνία κατασκευής, την ιδιοκτησία, τον τύπο και την κατάσταση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων. Οι πληροφορίες που συλλέχθηκαν περιλαμβάνουν:

- Τα κύρια χαρακτηριστικά σχεδιασμού και τις συνθήκες λειτουργίας των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων που υπάρχουν σε 20 χειρουργεία.
- Μετρήσεις των θερμικών και των άλλων φυσικών συνθηκών που επικρατούν στους εσωτερικούς χώρους των 20 χειρουργείων.

Μια γενική εικόνα των ελέγχων, των μετρήσεων και των μηχανημάτων που χρησιμοποιήθηκαν ώστε να συλλεχθούν αυτές οι πληροφορίες που αφορούν στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις και στις θερμικές και φυσικές παραμέτρους, παρουσιάζονται και είναι οι εξής:

- Συλλογή όλων των πληροφοριών σχετικά με HVAC συστήματα, το φωτισμό, τον εξοπλισμό και την κατανάλωση ενέργειας για τα χειρουργεία που ελέγχθηκαν. Ακόμα περιλαμβάνονται συμπληρωματικές πληροφορίες που αφορούν στη γενική εικόνα των νοσοκομείων
- Μετρήσεις σχετικά με τις εσωτερικές (θερμοκρασία και υγρασία) θερμικές και φυσικές (μετρήσεις της ταχύτητας του αέρα στο σύστημα εξαερισμού) συνθήκες των χειρουργείων που υποβλήθηκαν σε έλεγχο. Συγκεκριμένα έχουμε δύο ειδών μετρήσεις, τις βραχυπρόθεσμες και τις απευθείας μετρήσεις.

Οι βραχυπρόθεσμες μετρήσεις διήρκεσαν μόνο μερικές ημέρες (συνήθως 7) κατά τις οποίες συλλέχθηκαν δεδομένα που αφορούσαν τις εσωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας του αέρα. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν χρησιμοποιώντας ειδικούς αισθητήρες συλλογής δεδομένων για τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία (εικόνα B.1-1). Αυτοί οι αισθητήρες δεν απαιτούν καλωδίωση και για αυτό το λόγο τοποθετήθηκαν σε αρκετά μέρη των χειρουργείων, συνήθως τις ώρες εργασίας πολλών μελών του ιατρικού προσωπικού, ώστε τα συγκεντρωμένα στοιχεία να είναι αντιπροσωπευτικά. Τα δεδομένα καταγράφονταν ανά διαστήματα 30 λεπτών. Λόγω πρακτικών δυσκολιών στη τοποθέτηση των οργάνων δίπλα στο χειρουργικό τραπέζι, τα όργανα τοποθετήθηκαν όσο το δυνατόν κοντύτερα γινόταν.

Εικόνα B.1-1: όργανο συλλογής μετρήσεων για τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία



όργανο συλλογής μετρήσεων για τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία

Οι απευθείας μετρήσεις διενεργήθηκαν με τη χρήση ενός φορητού πολυεπεξεργαστή μετρήσεων (εικόνα Β.1-2). Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν αφορούν τη θερμοκρασία του παρεχόμενου αέρα από τις διαχειριζόμενες μονάδες αέρα και την ταχύτητα του αέρα, η οποία μετρήθηκε με τη χρήση ενός αισθητήρα, που τοποθετήθηκε στις επιφάνειες των παροχών εισόδου και εξόδου αέρα (εικόνα Β.1-3). Οι μετρήσεις της παροχής και της ταχύτητας του αέρα έγιναν για να υπολογισθεί ο αριθμός εναλλαγών του αέρα ανά ώρα. Οι εναλλαγές ανά ώρα (ACH) υπολογίσθηκαν βάσει του όγκου του χειρουργείου και της ταχύτητας του αέρα.



Εικόνα Β.1-2: φορητός πολυεπεξεργαστής μετρήσεων και αισθητήρες για τις απευθείας μετρήσεις



Εικόνα Β.1-3: μετρήσεις για την ταχύτητα του αέρα στην επιφάνεια μιας παροχής εισόδου του αέρα μέσα σε ένα χειρουργείο

## ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Όλα τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, συμπεριλαμβανομένων και των μετρήσεων, και οι πληροφορίες για τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις αναλύονται στο παρόν αλλά και σε επόμενα κεφάλαια για κάθε ένα από τα δέκα νοσοκομεία ξεχωριστά. Περιλαμβάνουν αναλύσεις των δεδομένων και συγκρίνονται με διεθνή πρότυπα, ώστε να αναγνωριστούν οι αποκλίσεις και οι πηγές των προβλημάτων. Ακόμα περιλαμβάνονται προτάσεις για ενέργειες σχετικές με τη βελτίωση και τη διατήρηση των κατάλληλων συνθηκών λειτουργίας και την απόδοση των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων

Ο τυπικός έλεγχος κάθε νοσοκομείου περιλαμβάνει:

- **ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ΤΟΥ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟΥ:** Σε αυτό το χωρίο καταγράφονται γενικές πληροφορίες σχετικά με το νοσοκομείο, την τοποθεσία, την ιδιοκτησία, το έτος κατασκευής και το πρόγραμμα λειτουργίας, το συνολικό αριθμό του προσωπικού, την κατανάλωση ενέργειας και μια γενική εικόνα των βασικών εγκαταστάσεων, όπως HVAC συστήματα και συστήματα φωτισμού.
- **ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΑ:** Αυτό είναι και το κυριότερο μέρος της παρουσίασης που περιλαμβάνει έξι παραγράφους, οι οποίες είναι:
  - **Γενικές πληροφορίες:** Αυτό το κεφάλαιο περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία των χειρουργικών χώρων, τον αριθμό, τον τύπο των ενεργειών, το μέγεθος και τη διάταξη του χώρου, τον αριθμό των εργαζομένων κ.λ.π.
  - **HVAC συστήματα:** Αυτό το κεφάλαιο παρέχει μια λεπτομερή περιγραφή των HVAC εγκαταστάσεων στα χειρουργεία. Παρέχονται πληροφορίες για τις διαχειριζόμενες μονάδες αέρα είτε για άλλα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και εξαερισμού, περιγραφή του εγκατεστημένου εξοπλισμού (λέβητες, ψυγεία, αντλίες θερμότητας), ένα γενικό σχέδιο του HVAC συστήματος και πληροφορίες για τα συστήματα συντήρησης και λειτουργίας.
  - **ΦΩΤΙΣΜΟΣ:** Σε αυτό το κεφάλαιο καταγράφονται δεδομένα για τον τεχνητό φωτισμό και το φυσικό φωτισμό, όπου αυτός είναι διαθέσιμος. Οι πληροφορίες αυτές περιλαμβάνουν δεδομένα για την ενέργεια του φωτισμού και τους χειρουργικούς λαμπτήρες.
  - **ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ:** Αυτό το κεφάλαιο περιλαμβάνει τις αναλύσεις των δεδομένων από τις βραχυπρόθεσμες και τις απευθείας μετρήσεις, όπως είναι η θερμοκρασία, η υγρασία και η ταχύτητα του αέρα. Οι υπολογιζόμενες αλλαγές του αέρα ανά ώρα συγκρίνονται με τις αντίστοιχες τιμές των κανονισμών. Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν από τις βραχυπρόθεσμες μετρήσεις, επεξηγούνται σε διάγραμμα για κάθε μία μελέτη. Στο ίδιο σχεδιάγραμμα περιλαμβάνεται ενδεικτική κλίμακα τιμών για τις εσωτερικές συνθήκες των χειρουργείων, σύμφωνα με τους κανονισμούς. Όμως κάτι τέτοιο δεν υποδηλώνει ότι οι συγκεκριμένες εγχειρήσεις δεν απαιτούν άλλες ευνοϊκότερες εσωτερικές συνθήκες (εγχειρήσεις καρδιάς ή εγχειρήσεις παιδιών). Συνεπώς είναι σημαντικό για το ιατρικό προσωπικό να έχει πρόσβαση στις μονάδες ελέγχου, ώστε να μπορούν να ορίζουν τα επίπεδα των εσωτερικών συνθηκών που είναι κατάλληλα για κάθε ειδικό τύπο εγχείρησης
  - **ΑΝΑΛΥΣΗ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ:** Σε αυτό το κεφάλαιο τα δεδομένα συγκρίνονται με τα πρότυπα και αναγνωρίζονται αποκλίσεις και πιθανές πηγές προβλημάτων. Ακόμα περιλαμβάνονται προτάσεις και συγκεκριμένες ενέργειες για τη βελτίωση, τη συντήρηση, τη σωστή λειτουργία και τη απόδοση των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων, με τελικό σκοπό τη διατήρηση και βελτίωση των αποδεκτών εσωτερικών συνθηκών που επικρατούν στους εσωτερικούς χειρουργικούς χώρους.

## ΓΕΝΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ

Μια σύντομη αναφορά των πιο κοινών και χαρακτηριστικών προβλημάτων που συγκεντρώθηκαν κατά τη διάρκεια αυτής της εργασίας, περιγράφεται εν συνεχεία. Λεπτομερείς αναφορές περιέχονται στο κεφάλαιο "Μελέτες Χειρουργείων" για κάθε ένα από τα χειρουργεία που υποβλήθηκαν σε έλεγχο στα δέκα νοσοκομεία.

Στην πλειοψηφία τους τα χειρουργεία έχουν:

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Διαχειριζόμενες μονάδες αέρα AHUs για τον κλιματισμό.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Κανένα εφεδρικό σύστημα για τις AHUs.</li> <li>✗ Καμία λειτουργία των AHUs κατά τη διάρκεια της νύχτας, όπου τα χειρουργεία δε λειτουργούν.</li> <li>✗ Εξωτερική παροχή αέρα και ανοίγματα εξόδου αέρα πολύ κοντά το ένα στο άλλο.</li> <li>✗ Καθόλου φίλτρα στις εξόδους του αέρα.</li> <li>✗ Καθόλου φίλτρα για τις οσμές στις παροχές του εξωτερικού αέρα.</li> </ul>

Ορισμένα χειρουργεία έχουν:

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Συχνή και επαρκή συντήρηση.</li> <li>✓ Εξοπλισμό καθαρισμού.</li> <li>✓ Θερμοστάτες που ελέγχουν την εσωτερική θερμοκρασία.</li> <li>✓ Οικονομητήρες για την ανάκτηση της ενέργειας.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Παράθυρα που χρησιμοποιούνται για τον εξαερισμό</li> <li>✗ Θερμαντικά σώματα και κλιματιστικά για θέρμανση και ψύξη.</li> <li>✗ Οι AHUs δε λειτουργούν το χειμώνα και δεν υπάρχει επαρκής εξαερισμός.</li> <li>✗ Ανεπαρκής συντήρηση σωληνώσεων και διαχυτών.</li> </ul>

Προβλήματα στα χειρουργεία που απορρέουν από τα παραπάνω μειονεκτήματα:

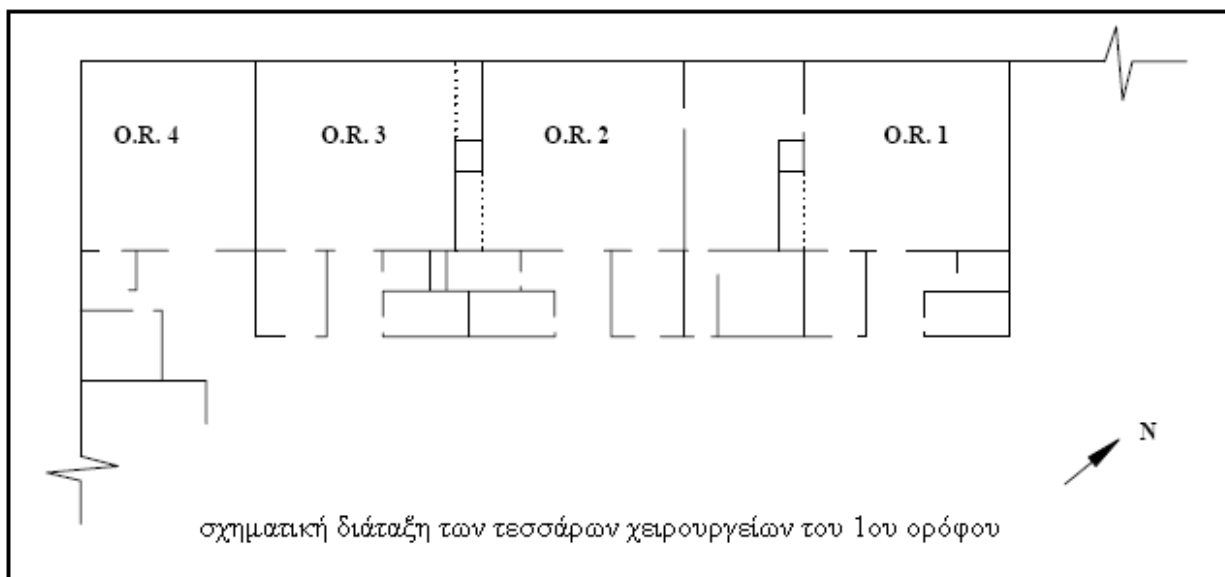
- ✗ Ανεπαρκής ή αποπνικτικός αέρας λόγω του επαρκούς εξαερισμού.
- ✗ Υψηλή εσωτερική θερμοκρασία το καλοκαίρι και χαμηλή το χειμώνα.
- ✗ Υψηλά επίπεδα θορύβου στους παρακείμενους χώρους.
- ✗ Δυσλειτουργία των HVAC συστημάτων.

**B.2 ΜΕΛΕΤΕΣ ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΩΝ****B.2.1 ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 1**

<b>ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 1</b>	
Γενικά	Ιδιωτικό νοσοκομείο με 8 ορόφους, ισόγειο και υπόγειο. Πρόκειται για ένα νέο και σύγχρονο κτίριο. Τα χειρουργεία καταλαμβάνουν μέρος του 1 <sup>ου</sup> ορόφου.
Έτος κατασκευής: 1985-1991 Αριθμός χειρουργείων: 4 Αριθμός κλινών: 127 Αριθμός εργαζομένων: 720	Συνολική επιφάνεια: 22.000 m <sup>2</sup> . Ετήσιος αριθμός ασθενών: μη διαθέσιμος Πληρότητα κλινών: 82% Αριθμός τεχνικών υπαλλήλων: 29
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας: Ηλεκτρισμός 210 kwh/ m <sup>2</sup> Πετρέλαιο: 330 kwh/ m <sup>2</sup>	
Σύστημα θέρμανσης:	Κεντρικό HVAC σύστημα για ολόκληρο το νοσοκομείο και τα χειρουργεία. Δύο λέβητες πετρελαίου τροφοδοτούν το θερμαντικό και το μεταθερμαντικό στοιχείο του συστήματος. Υπάρχουν επίσης δύο λέβητες ατμού για ζεστό νερό και παραγωγή ατμού
Σύστημα ψύξης:	Κεντρικό HVAC σύστημα για ολόκληρο το νοσοκομείο και τα χειρουργεία. Ψυγεία τροφοδοτούν τα ψυκτικά στοιχεία της AHU του συστήματος.
Εξαερισμός:	Κεντρικά HVAC συστήματα που περιλαμβάνουν και διαχειριζόμενες μονάδες αέρα, για τα χειρουργεία και τους υπόλοιπους χώρους του νοσοκομείου.
Φωτισμός:	Λάμπες φθορίου και λάμπες ειδικής λειτουργίας
Σχόλια:	Νέες εγκαταστάσεις με σύγχρονο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, με κτίριο διεύθυνσης του συστήματος BMS. Γενικά οι χειρουργικές συνθήκες του νοσοκομείου είναι άριστες.

**B.2.1-A: Γενικές πληροφορίες χειρουργείων**

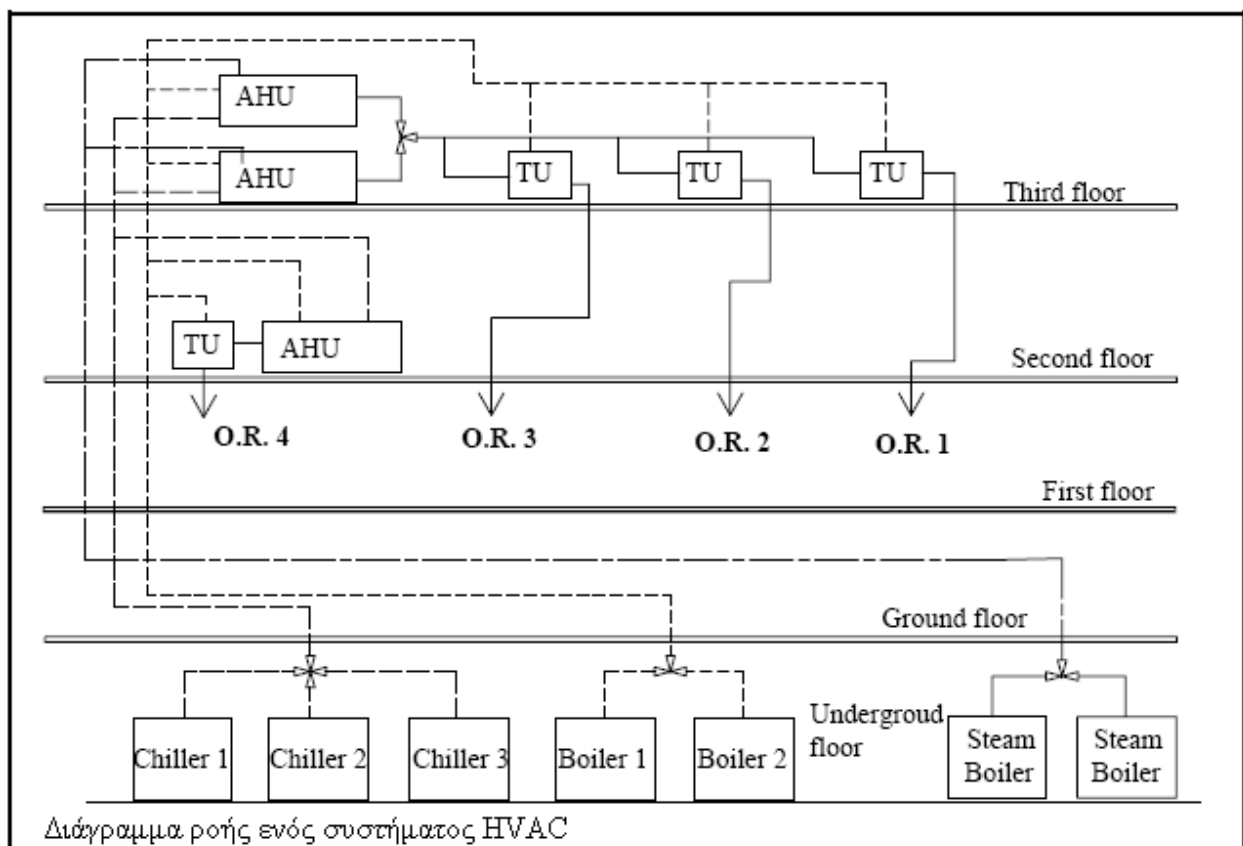
Παρακάτω φαίνονται πως διατάσσονται τα χειρουργεία.



Τοποθεσία: Πρώτος όροφος	Αριθμός χειρουργείων: 4
Αριθμός ιατρών: 35	Αριθμός υπολοίπου ιατρικού προσωπικού: 85
Ωράριο λειτουργίας: 8:00 – 16:00 Μερικές φορές έως τις τελευταίες απογευματινές ώρες	Καθημερινή εφημερία
Συνολική επιφάνεια χειρουργείων: 210 m <sup>2</sup>	Συνολικός όγκος χειρουργείων: 755 m <sup>3</sup>
Περιγραφή	<p>Τα χειρουργεία (OR) αριθμούνται από το 1 έως το 4, όπως υποδεικνύει το προηγούμενο σχέδιο. Οι άλλες περιοχές περιλαμβάνουν βοηθητικά δωμάτια για περαιτέρω χειρουργικές δραστηριότητες, δωμάτια ανάρρωσης κ.λ.π. Αυτά τα τέσσερα χειρουργεία χρησιμοποιούνται για καρδιακές επεμβάσεις και ένα από αυτά χρησιμοποιείται για παιδικές επεμβάσεις (OR 4). Τα χειρουργεία από 1 έως 3 είναι περίπου ισομεγέθη (54 m<sup>2</sup> το καθένα) και έχουν τις ίδιες εγκαταστάσεις και ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό. Το χειρουργείο 4 είναι μικρότερο και περιλαμβάνει εξειδικευμένο εξοπλισμό εξαιτίας της φύσεως των επεμβάσεων που πραγματοποιούνται εκεί.</p> <p>Όλα τα χειρουργεία είναι καινούριες κατασκευές και πολύ καλά σχεδιασμένα. Οι περισσότεροι βοηθητικοί χώροι, όπως αποδυτήρια, σαλόνι και γραφείο, βρίσκονται στο δεύτερο όροφο. Αυτή η διάταξη χώρου εξυπηρετεί στη διατήρηση των συνθηκών αποστείρωσης και στη μείωση του θορύβου των χειρουργείων. Το χειρουργείο 4 κατασκευάστηκε αργότερα λόγω των αυξημένων αναγκών του νοσοκομείου.</p>
Σχόλια	Όλα τα χειρουργεία βρίσκονται σε άριστη κατάσταση

### B.2.1-B: HVAC ΣΥΣΤΗΜΑ

Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα ροής του HVAC συστήματος κλιματισμού.



## ΜΟΝΑΔΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΕΡΑ-ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ

Οι μονάδες διαχείρισης αέρα (AHUs) είναι τοποθετημένες στον τρίτο όροφο του κτιρίου για τα χειρουργεία 1 έως 3 και στο δεύτερο όροφο για το χειρουργείο 4, όπως φαίνεται και στην προηγούμενη εικόνα. Υπάρχει μία AHU για τα τρία χειρουργεία και μία άλλη για το τέταρτο χειρουργείο. Η διαφοροποίηση οφείλεται στις διαφορετικές απαιτήσεις που επιβάλλουν οι εγχειρήσεις στο χειρουργείο 4. Για τα τρία πρώτα χειρουργεία υπάρχει και μία εφεδρική μονάδα. Η λειτουργία των δύο μονάδων είναι εναλλασσόμενη. Κάθε δύο εβδομάδες τίθεται σε λειτουργία η άλλη μονάδα και παύει να λειτουργεί η πρώτη. Μετά την AHU βρίσκεται η τελική μονάδα (TU).

Πίνακας Β.2.1-1: Τεχνικά χαρακτηριστικά των AHUs

OR	Χαρακτηριστικά της AHU	Παροχή εισόδου-εξόδου αέρα (m <sup>3</sup> /h)	Περιγραφή
1	Δύο μονάδες, η μία εφεδρική	4700/4600	Οι μονάδες είναι διπλής ζώνης και βρίσκονται στον τρίτο όροφο του κτιρίου. Περιλαμβάνουν φίλτρα τριών τύπων, B <sub>2</sub> , C και S, υγραντήρα, στοιχεία θέρμανσης, ψύξης και επαναθέρμανσης. Η παροχή εισόδου του αέρα γίνεται από το ταβάνι μέσω δύο τεχνητών παράλληλων διαχυτών. Ο εσωτερικός αέρας εξέρχεται μέσω δύο μονών ανοιγμάτων που είναι ενσωματωμένα στον τοίχο.
2		4700/4600	
3		4700/4600	
4		9000/8500	Η μονάδα είναι μονής ζώνης και είναι τοποθετημένη στο δεύτερο όροφο του κτιρίου και εγκαταστάθηκε το 1989. Η μονάδα περιλαμβάνει φίλτρα τριών τύπων, B <sub>2</sub> , C και S, υγραντήρα, στοιχεία θέρμανσης, ψύξης και επαναθέρμανσης. Ο υγραντήρας είναι ηλεκτρικός και τροφοδοτείται με ξηρό ατμό. Η παροχή εισόδου του αέρα γίνεται μέσω επίπεδων διάτρητων παροχών που καλύπτουν άνω του 50% της περιοχής της οροφής επάνω από το χειρουργικό τραπέζι. Ο εσωτερικός αέρας εξέρχεται μέσω έξι παροχών εξόδου που είναι τοποθετημένες δίπλα στην πόρτα.

## ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

- Όλες οι AHUs περιλαμβάνουν ένα εξοικονομητή για ανάκτηση της θερμότητας. Οι AHUs κατασκευάζονται από γαλβανισμένους αγωγούς με τετραγωνική διατομή.
- Οι υπολογιζόμενες κλίμακες εξαερισμού των AHUs υπερβαίνουν τις 24 αλλαγές ανά ώρα για κάθε ένα από τα χειρουργεία 1,2 και 3, σύμφωνα με τους τεχνικούς κανονισμούς των μονάδων. Οι κλίμακες εξαερισμού όσον αφορά το χειρουργείο 4, υπερβαίνουν τις 50 εναλλαγές ανά ώρα. Οι εναλλαγές παραμένουν σταθερές κατά τη διάρκεια της ημέρας, ανεξαρτήτως αν το χειρουργείο λειτουργεί ή όχι, σύμφωνα με τους κανονισμούς.
- Δεν υπάρχει επανακυκλοφορία του αέρα και τα συστήματα χρησιμοποιούν 100% φρέσκο αέρα. Η ροή είναι ρυθμιζόμενη και ελέγχεται από μανόμετρα, ώστε να υπολογίζεται σωστά η πτώση της πίεσης μέσα στα φίλτρα.
- Όλα τα χειρουργεία διαθέτουν εξοπλισμό καθαρισμού.

## ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Υπάρχουν δύο λέβητες πετρελαίου για ζεστό νερό, πίνακας Β.2.1-2, που εναλλάσσονται σε λειτουργία για να τροφοδοτούν τα θερμομαντικά και μεταθερμαντικά στοιχεία των ΑΗUs του νοσοκομείου συμπεριλαμβανομένων και αυτών που αντιστοιχούν στα χειρουργεία. Υπάρχουν επίσης δύο λέβητες ατμού για παραγωγή ατμού και πολύ ζεστού νερού, που και αυτοί εναλλάσσονται σε λειτουργία. Οι λέβητες ατμού τροφοδοτούν και τον υγραντήρα των ΑΗUs στα χειρουργεία 1,2 και 3.

Πίνακας Β.2.1-2: Τεχνικά χαρακτηριστικά των λεβήτων

Χειρουργεία	Τύπος λέβητα	Περιγραφή
1	Λέβητας ζεστού νερού1: 2.000.000 kcal/h	Η λειτουργία των δύο λεβήτων εναλλάσσεται και τροφοδοτούνται τα θερμομαντικά και μεταθερμαντικά στοιχεία των ΑΗUs των χειρουργείων και των υπολοίπων ΑΗUs του νοσοκομείου. Βρίσκονται στο υπόγειο του κτιρίου σε απόσταση περίπου 30 μ. από τις ΑΗU. Οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες.
2	Λέβητας ζεστού νερού2: 2.000.000 kcal/h	
3		
4		
1	Λέβητας ατμού 1: 2.000 kg/h, 8 bar, 185 °C	Η λειτουργία των δύο λεβήτων ατμού εναλλάσσεται. Οι μονάδες είναι τοποθετημένες στο υπόγειο και οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες.
2	Λέβητας ατμού 2: 2.000 kg/h, 8 bar, 185 °C	
3		

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Το ζεστό νερό παρέχεται στα χειρουργεία και χρησιμοποιείται από το προσωπικό για τον καθαρισμό των χεριών τους και την αποστείρωση των εργαλείων πριν τη χειρουργική επέμβαση.

## ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ

Τρία ψυγεία τροφοδοτούν τις ΑΗUs του νοσοκομείου, όπως φαίνεται στον πίνακα Β.2.1.-3. Μία από τις δύο μονάδες υψηλής ενέργειας είναι ένα εφεδρικό ψυγείο. Το ψυγείο χαμηλής ισχύος λειτουργεί κατά τη διάρκεια του χειμώνα, για να καλύψει τη χαμηλή ζήτηση ψύξης. Το ψυγείο υψηλής ισχύος λειτουργεί το καλοκαίρι και τροφοδοτεί επαρκώς τα ψυκτικά στοιχεία όλων των ΑΗUs. Σε περίπτωση ανάγκης τίθεται σε λειτουργία και το άλλο ψυγείο.

Πίνακας Β.2.1-3: Τεχνικά χαρακτηριστικά των ψυγείων

χειρουργεία	Τύπος ψυγείου	Περιγραφή
1 έως 4	Ψυγείο 1: 250.000 Btu/h Ψυγείο 2: 250.000 Btu/h Ψυγείο 3: 175.000 Btu/h	Βρίσκονται στο υπόγειο του κτιρίου σε απόσταση περίπου 30 μ. από τις ΑΗU. Οι σωλήνες μεταφοράς του κρύου νερού είναι μονωμένες.



## ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

- Κάθε χειρουργείο είναι εξοπλισμένο με ξεχωριστούς θερμοστάτες και συστήματα ελέγχου λειτουργίας (ON/OFF). Το προσωπικό μπορεί να επιλέξει τις επιθυμητές ή να ρυθμίσει τις κατάλληλες εσωτερικές συνθήκες για την κάθε επέμβαση. Επιπλέον, οι μακροπρόθεσμες τροποποιήσεις αυτών των παραμέτρων ελέγχονται μέσω του συστήματος BMS. Το ιατρικό προσωπικό μπορεί να προσαρμόσει μόνο τις τελικές τιμές ανάμεσα σε μία συγκεκριμένη κλίμακα.
- Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια μιας καρδιακής επέμβασης κυμαίνεται γύρω στους 18°C και η σχετική υγρασία γύρω στο 50%. Η ταχύτητα του παρεχόμενου αέρα είναι γύρω στο 0,7 m/s, σύμφωνα με τους κανονισμούς.
- Η συντήρηση των βασικών εξαρτημάτων όλων των HVAC συστημάτων πραγματοποιείται μία ή δύο φορές το χρόνο. Τα μανόμετρα μετρούν την πτώση της πίεσης στα φίλτρα των AHUs. Τα φίλτρα εξαερισμού συντηρούνται ανάλογα με τους κανονισμούς. Τα φίλτρα πρώτου επιπέδου B<sub>2</sub> πλένονται κάθε 10 μέρες και αντικαθίστανται κάθε μήνα. Τα φίλτρα δεύτερου επιπέδου C αντικαθίστανται κάθε 8 μήνες, ενώ τα φίλτρα τρίτου επιπέδου S αντικαθίστανται κάθε 5 χρόνια. Πρέπει εξάλλου να ληφθεί υπόψιν πως οι AHUs εναλλάσσονται σε λειτουργία με την εφεδρική μονάδα.

## ΣΧΟΛΙΑ

- Οι AHUs συντηρούνται συχνά, ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος μιας απρόσμενης και ανεπιθύμητης βλάβης ή άλλου είδους λειτουργικό πρόβλημα. Η εναλλασσόμενη χρήση των συστημάτων τα διατηρεί σε καλές συνθήκες απόδοσης και κατανέμει τις ώρες λειτουργίας ισάξια για όλες τις μονάδες.
- Σχεδόν όλος ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός του νοσοκομείου διαθέτει όλα τα αναγκαία εφεδρικά εξαρτήματα. Το τμήμα τεχνικής εξυπηρέτησης είναι ορθά επανδρωμένο και το σύστημα BMS εγγυάται πως ολόκληρο το νοσοκομείο και ο εξοπλισμός του λειτουργούν κάτω από εξαιρετικές συνθήκες.
- Οι εσωτερικές συνθήκες θερμικής άνεσης ταυτίζονται απόλυτα με τους υπάρχοντες κανονισμούς.

B.2.1-Γ: ΦΩΤΙΣΜΟΣ

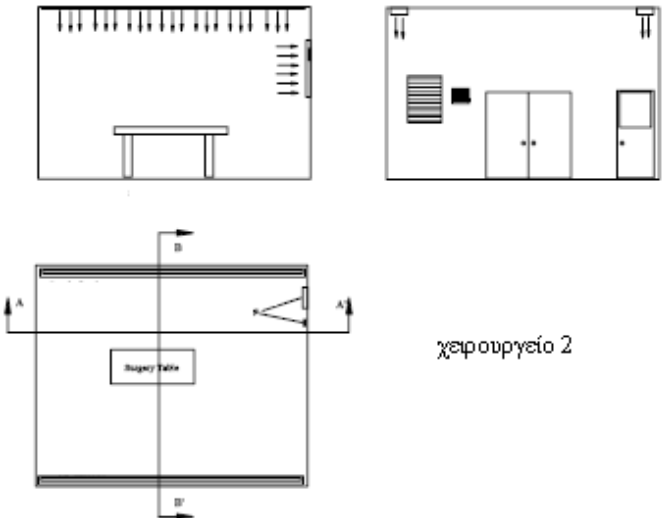
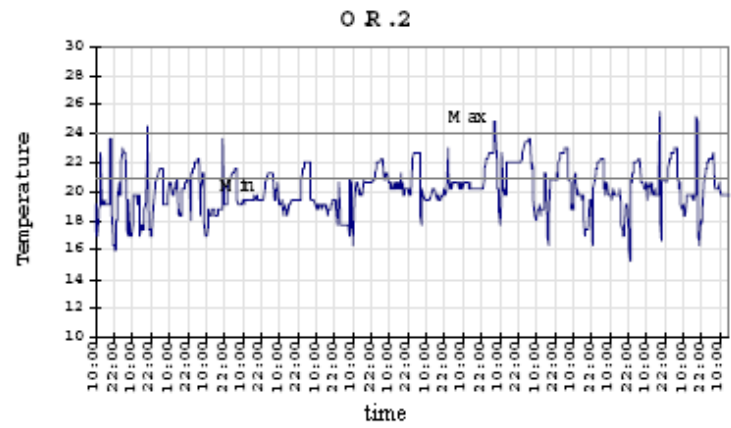
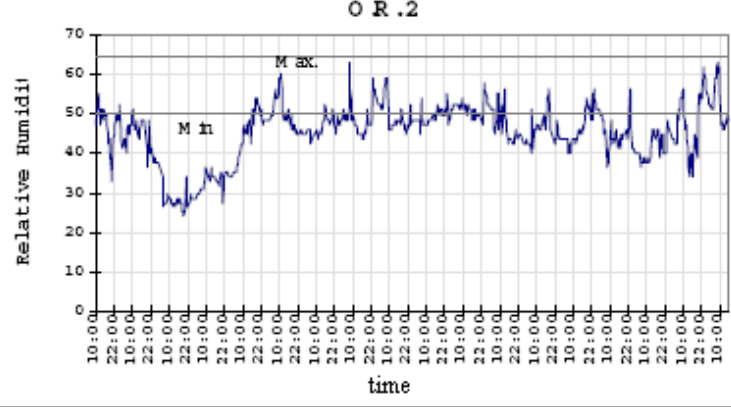
Όλοι οι χειρουργικοί χώροι διαθέτουν λάμπες φθορισμού για το φωτισμό και τυπικές λάμπες χειρουργείων, όπως φαίνεται και στον πίνακα B.2.1-4

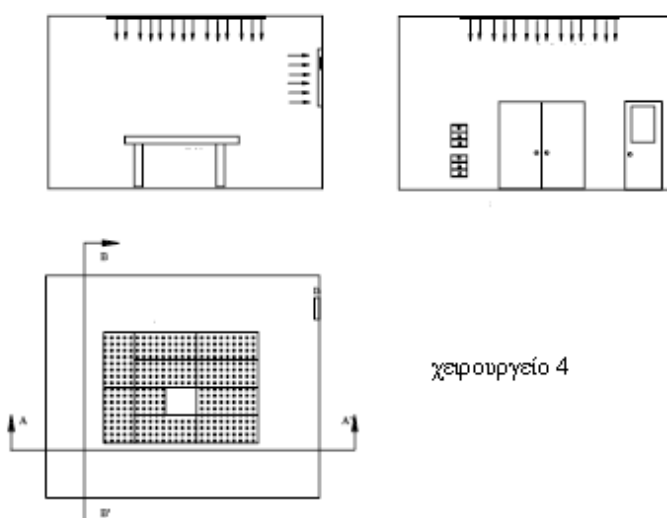
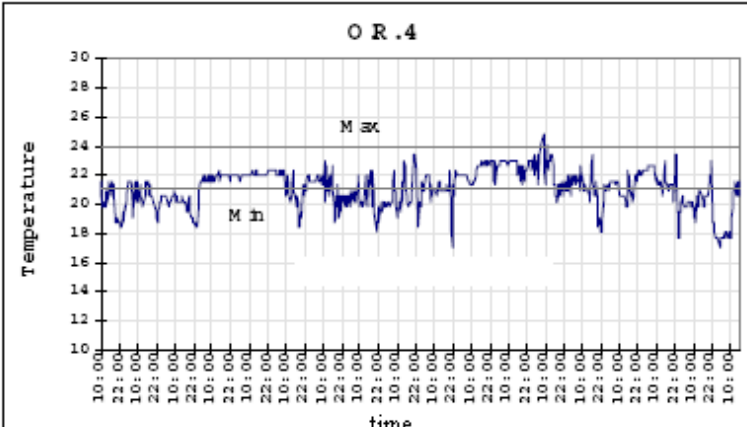
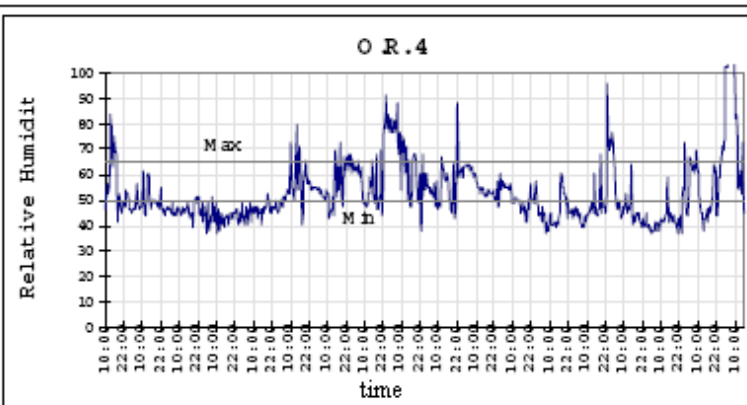
Πίνακας B.2.1-4: Τεχνητός φωτισμός και φυσικός φωτισμός.

Χειρουργεία	Συνολική ισχύς από γενικό φωτισμό(Watt)	Ενέργεια τυπικών λαμπτήρων (Watt)	Φυσικός φωτισμός
1	1740	528	καθόλου
2	1740	528	καθόλου
3	1740	528	καθόλου
4	1740	1100	καθόλου

B.2.1-Δ: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα χειρουργεία 2 και 4 και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες.

ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 2	
<p>Γενικές πληροφορίες:                      Η χρονική διάρκεια των μετρήσεων ήταν 18 ημέρες.                      Το χειρουργείο διαθέτει διαχύτες για την παροχή εισερχόμενου αέρα και δύο παραχές εξόδου αέρα.                      Το χειρουργείο λειτουργεί καθημερινά από τις 8:00 έως τις 16:00 και οι συνθήκες λειτουργίας ελέγχονται από το BMS σύστημα.</p>	 <p>χειρουργείο 2</p>
<p>Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που καταγράφηκε ήταν <math>T_{avg}=20,1</math>, <math>T_{max}=25,5</math> και <math>T_{min}=15,3</math> βαθμοί κελσίου αντίστοιχα.                      Κατά το 25% της διάρκειας των μετρήσεων, η θερμοκρασία κυμαινόταν μεταξύ των ενδεικνυμένων τιμών. Όμως, οι καρδιακές επεβάσεις απαιτούν χαμηλότερες από τις προτεινόμενες τιμές.</p>	
<p>Σχετική υγρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας που καταγράφηκε είναι:  <math>RH_{av}=46.4\%</math> <math>RH_{max}=63.3\%</math>  <math>RH_{min}=24.4\%</math>                      Κατά το 21% η σχετική υγρασία κυμαινόταν μεταξύ των ενδεικνυμένων τιμών</p>	
<p>Εναλλαγές αέρα ανά ώρα:                      Τα επίπεδα εναλλαγών αέρα είναι περίπου 20 ACH</p>	<p>Παρεχόμενος αέρας: 23 ACH                      Εξερχόμενος αέρας: 18 ACH</p>
<p>Σχόλια:</p>	

ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 4	
<p>Γενικές πληροφορίες:            Η χρονική διάρκεια των μετρήσεων ήταν 18 ημέρες.            Το χειρουργείο διαθέτει διάτρητες παροχές εισόδου αέρα και έξι παροχές εξόδου αέρα που είναι ενσωματωμένες στον τοίχο.            Το χειρουργείο λειτουργεί καθημερινά από τις 8:00 έως 16:00 και οι συνθήκες λειτουργίας του συστήματος ελέγχονται πρωτίστως από το BMS σύστημα και προσαρμόζονται από το ιατρικό προσωπικό,</p>	 <p>χειρουργείο 4</p>
<p>Θερμοκρασία:            Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που καταγράφηκε ήταν:  <math>T_{avg}=21,1</math> , <math>T_{max}=24,8</math>, και <math>T_{min}=17,0</math> βαθμοί κελσίου.            Κατά το 46% της χρονικής διάρκειας των μετρήσεων, η θερμοκρασία κυμαινόταν μεταξύ των ενδεικνυμένων τιμών</p>	
<p>Σχετική υγρασία:            Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας που καταγράφηκε ήταν  <math>RH_{avg}=52,8\%</math>, <math>RH_{max}=108,6\%</math>  <math>RH_{min}=36,9\%</math>            Κατά το 37% της χρονικής διάρκειας των μετρήσεων η σχετική υγρασία κυμαινόταν μεταξύ των ενδεικνυμένων τιμών.            Κατά το 13% της χρονικής διάρκειας των μετρήσεων, ήταν υψηλότερη από τη μέγιστη τιμή.</p>	
<p>Εναλλαγές αέρα ανά ώρα:            Τα επίπεδα εναλλαγών αέρα είναι 20 ACH</p>	<p>Παρεχόμενος αέρας: 58 ACH            Εξερχόμενος αέρας: Εξαρτάται από την πίεση δωματίου            Χαμηλής ταχύτητας ρεύματα υπάρχουν πάνω από το χειρουργικό τραπέζι, λόγω του συστήματος παροχής αέρα που είναι τοποθετημένο ακριβώς πάνω από το τραπέζι</p>

### B.2.1-E: ΑΝΑΛΥΣΗ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ

Τα χειρουργεία λειτουργούν κάτω από εξαιρετικές συνθήκες. Κάποιες παρατηρήσεις των χειρουργικών συνθηκών και εγκαταστάσεων είναι οι εξής:

- Η εσωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλή λόγω της φύσεως των επεμβάσεων που πραγματοποιούνται. Όμως η εσωτερική θερμοκρασία ποικίλει ανάλογα με τις επεμβάσεις και μπορεί να ρυθμιστεί από το ιατρικό προσωπικό.
- Τα επίπεδα εξαερισμού υπερβαίνουν τις ανώτερες συνιστώμενες τιμές.
- Η κατάλληλη κίνηση του εσωτερικού αέρα εμποδίζει τη μετακίνηση σκόνης και μικροβίων πάνω στο χειρουργικό τραπέζι.
- Το ιατρικό προσωπικό μπορεί να προσαρμόσει με ακρίβεια τη θερμοκρασία, την υγρασία και τη ροή του αέρα μέσα στα χειρουργεία.
- Οι AHUs διαθέτουν εφεδρικά συστήματα στα τρία χειρουργεία και η περιοδική χρήση όλων των συστημάτων τα διατηρεί σε καλή κατάσταση, ενώ ταυτόχρονα κατά τη διάρκεια συντήρησης μιας AHU δεν παύει η λειτουργία του συστήματος HVAC.
- Εξωτερικές οσμές εισέρχονται από το σύστημα εξαερισμού.
- Η εσωτερική κυκλοφορία του αέρα στα τέσσερα χειρουργεία χαρακτηρίζεται από υψηλή κλίμακα ροής, λόγω της υψηλής ταχύτητας του παρεχόμενου αέρα.

#### ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

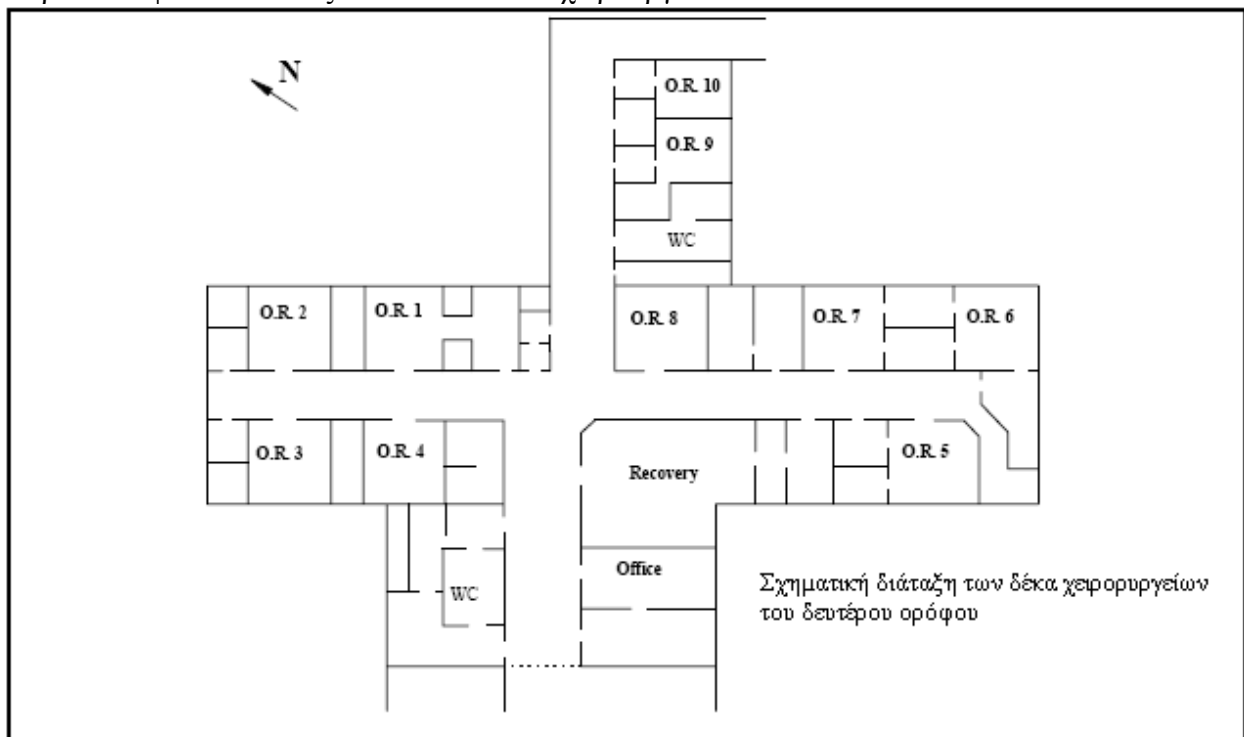
- Εγκατάσταση ειδικών φίλτρων για τις οσμές.
- Ρύθμιση της ταχύτητας του παρεχόμενου αέρα στο χειρουργείο 4.

**B.2.2 ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 2**

<b>ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 2</b>	
Γενικά	Δημόσιο νοσοκομείο με 6 κτίρια που συνδέονται μεταξύ τους. Τα χειρουργεία είναι όλα σε ένα κτίριο και καταλαμβάνουν τον πρώτο και το δεύτερο όροφο.
Έτος κατασκευής: 1960-1975 Αριθμός χειρουργείων: 16 Αριθμός κλινών: 127 Αριθμός εργαζομένων: 2.000	Συνολική επιφάνεια: 30.747 m <sup>2</sup> . Ετήσιος αριθμός ασθενών: μη διαθέσιμος Πληρότητα κλινών: μη διαθέσιμη Αριθμός τεχνικών υπαλλήλων: 45
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας: Ηλεκτρισμός 132 kwh/ m <sup>2</sup> θερμική: 396 kwh/ m <sup>2</sup>	
Σύστημα θέρμανσης:	Κεντρικά συστήματα θέρμανσης για ολόκληρο το νοσοκομείο που τροφοδοτούνται από λέβητες πετρελαίου. Υπάρχουν επίσης λέβητες ατμού χαμηλής πίεσης για ζεστό νερό και παραγωγή ατμού. Κεντρικά HVAC συστήματα εξυπηρετούν τα χειρουργεία.
Σύστημα ψύξης:	Κεντρικά HVAC συστήματα που περιλαμβάνουν τις διαχειριζόμενες μονάδες αέρα για τα χειρουργεία και τοπικά κλιματιστικά σώματα για τους χώρους των γραφείων και των εργαστηρίων.
Εξαερισμός:	Κεντρικά HVAC συστήματα που περιλαμβάνουν και διαχειριζόμενες μονάδες αέρα για τα χειρουργεία. Οι υπόλοιποι χώροι εξαερίζονται με φυσικό τρόπο.
Φωτισμός:	Λάμπες φθορισμού σε ολόκληρο το νοσοκομείο.
Σχόλια:	Ένα μεγάλο νοσοκομείο που εξυπηρετεί μεγάλο αριθμό ασθενών και προγραμματίζει και έκτακτες χειρουργικές επεμβάσεις σε καθημερινή βάση. Υπάρχουν προβλήματα θερμικής άνεσης και εντοπίζονται κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

**B.2.2-A: Γενικές πληροφορίες χειρουργείων**

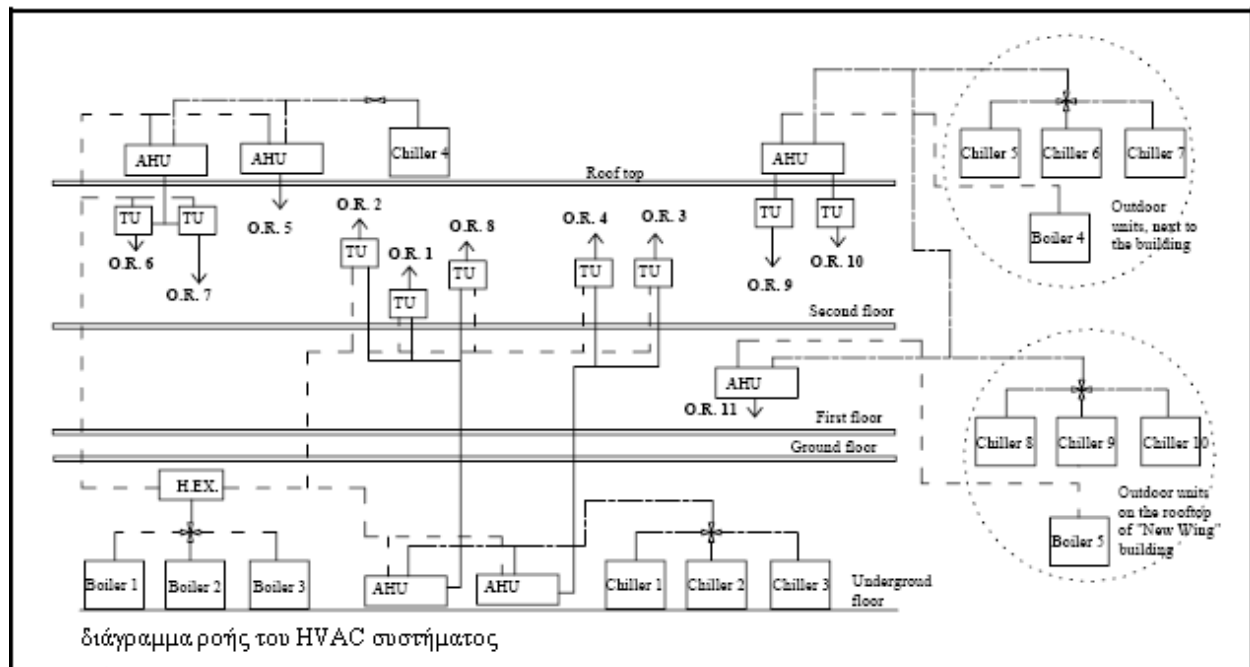
Παρακάτω φαίνονται πως διατάσσονται τα χειρουργεία.



Τοποθεσία: Δέκα χειρουργεία στο δεύτερο όροφο και έξι στον πρώτο	Αριθμός χειρουργείων: 16 (11 σε χρήση και 5 υπό ανακαίνιση )
Αριθμός ιατρών: 330	Αριθμός υπολοίπου ιατρικού προσωπικού: 120
Ωράριο λειτουργίας: 8:00 – 15:00 Μερικές φορές έως τις τελευταίες απογευματινές ώρες	Εφημερία ανά δύο ημέρες
Συνολική επιφάνεια χειρουργείων: 368 m <sup>2</sup>	Συνολικός όγκος χειρουργείων: 1.104 m <sup>3</sup>
Περιγραφή	Τα χειρουργεία (OR)αριθμούνται από το 1 έως το 10, όπως υποδεικνύει το προηγούμενο σχέδιο. Οι άλλες περιοχές περιλαμβάνουν βοηθητικά δωμάτια για περαιτέρω χειρουργικές δραστηριότητες, δωμάτια ανάρρωσης κ.λ.π. Τα χειρουργεία 5,6 και 7 χρησιμοποιούνται για εξειδικευμένες επεμβάσεις. Το σύστημα εξαερισμού τους έχει ανακαινιστεί πριν 10 χρόνια σύμφωνα με τους κανονισμούς. Τα χειρουργεία 1 έως 4 χρησιμοποιούνται επίσης για εξειδικευμένες επεμβάσεις, ενώ το χειρουργείο 8 χρησιμοποιείται για γενικές και πιο απλές επεμβάσεις. Επίσης τα χειρουργεία 9 και 10 είναι γενικής χρήσης και λειτουργούν καθόλη τη διάρκεια της εβδομάδας για επείγοντα περιστατικά. Το χειρουργείο 11 του πρώτου ορόφου χρησιμοποιείται για επείγουσες επεμβάσεις μικρής διάρκειας.
Σχόλια	

### B.2.2-B: HVAC ΣΥΣΤΗΜΑ

Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα ροής του HVAC συστήματος κλιματισμού.



## ΜΟΝΑΔΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΕΡΑ-ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ

Οι μονάδες διαχείρισης αέρα (AHUs) είναι τοποθετημένες στην οροφή της ανατολικής πτέρυγας του κτιρίου και κάποιες άλλες στο υπόγειο του κτιρίου, όπως φαίνεται και στο προηγούμενο σχέδιο. Υπάρχει μία AHU για κάθε ένα από τα 11 χειρουργεία (Πίνακας Β.2.2-1). Το δεύτερο επίπεδο της AHU είναι η τελική μονάδα ΤΥ.

Πίνακας Β.2.2-1: Τεχνικά χαρακτηριστικά των AHUs

OR	Χαρακτηριστικά της AHU	Παροχή εισόδου-εξόδου αέρα (m <sup>3</sup> /h)	Περιγραφή
1 2 8	Κοινά για 1,2,8	2800/2600 2860/2652 1835/1700	Οι μονάδες διπλής ζώνης είναι τοποθετημένες στο υπόγειο του κεντρικού κτιρίου. Έχουν φίλτρα δύο σταδίων. Το πρώτο είναι φίλτρο Β <sub>2</sub> και το δεύτερο είναι ένα ηλεκτροστατικό φίλτρο. Οι υγραντήρες δε χρησιμοποιούνται λόγω της ανακριβούς λειτουργίας τους. Η παροχή εισόδου του αέρα γίνεται από την οροφή μέσω έξι τετραγωνικών διαχυτών ανά χειρουργείο, ενώ ο εσωτερικός αέρας εξέρχεται μέσω ενός μοναδικού ανοίγματος που είναι εντοιχισμένο.
3 4	Κοινά για 3,4	2300/2040 2300/2040	Η μονάδα είναι τοποθετημένη στην οροφή του κτιρίου. Δεν υπάρχει τελική μονάδα και το μεταθερμαντικό στοιχείο περιλαμβάνεται στην κεντρική μονάδα. Υπάρχουν τριών τύπων φίλτρα, Β <sub>2</sub> , C και S. Η παροχή εισόδου αποτελείται από μια διάτρητη πλάκα ενώ η έξοδος του αέρα γίνεται μέσω τεσσάρων ανοιγμάτων τα οποία είναι τοποθετημένα στις γωνίες του δωματίου. Δύο κοντά στην οροφή και δύο κοντά στο δάπεδο.
6 7		2700/2530 2700/1960	Η μονάδα διπλής ζώνης είναι τοποθετημένη στην οροφή του κτιρίου και υπάρχουν τελικές μονάδες. Περιλαμβάνονται τρεις τύποι φίλτρων, Β <sub>2</sub> , C και S. Η παροχή εισόδου αποτελείται από μια διάτρητη πλάκα ενώ η έξοδος του αέρα γίνεται μέσω τεσσάρων ανοιγμάτων τα οποία είναι τοποθετημένα στις γωνίες του δωματίου. Δύο κοντά στην οροφή και δύο κοντά στο δάπεδο.
9 10		2330/2035 1670/1460	Η μονάδα είναι εγκατεστημένη δίπλα στο κτίριο και το κυρίως μέρος της AHU είναι ήδη ανακαινισμένο. Περιλαμβάνει παραγωγή ατμού αλλά καθόλου μεταθερμαντικά στοιχεία. Η παροχή αέρα γίνεται από τη οροφή μέσω τεσσάρων (για το χειρουργείο 9) και δύο (για το χειρουργείο 10) τετράγωνων διαχυτών. Η έξοδος του αέρα γίνεται μέσω τεσσάρων ανοιγμάτων τα οποία είναι τοποθετημένα στις γωνίες του δωματίου. Δύο κοντά στην οροφή και δύο κοντά στο δάπεδο
11		1200/1000	Η μονάδα είναι εγκατεστημένη στον πρώτο όροφο της νέας πτέρυγας, έχει υγραντήρα, αλλά δεν έχει καθόλου μεταθερμαντικό στοιχείο. Η παροχή αέρα γίνεται από τη οροφή μέσω δύο τετράγωνων διαχυτών. Η έξοδος του αέρα γίνεται μέσω τεσσάρων ανοιγμάτων τα οποία είναι τοποθετημένα στις γωνίες του δωματίου. Δύο κοντά στην οροφή και δύο κοντά στο δάπεδο

## ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

- Όλες οι AHUs για τα χειρουργεία 5,6,7,9,10 και 11 περιλαμβάνουν έναν εξοικονομητή για ανάκτηση της θερμότητας.
- Όλες ΟΙ AHUs έχουν γαλβανισμένες σωληνώσεις με τετραγωνική διατομή εκτός από τις σωληνώσεις για τα χειρουργεία 5,6 και 7 που αντικαταστάθηκαν με εύκαμπτους σωλήνες αέρα
- Οι υπολογιζόμενες κλίμακες εξαερισμού των AHUs υπολογίζονται στις 21 έως 25 ACH για κάθε χειρουργείο, σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων. Για το χειρουργείο 8 έχουμε 13 ACH. Δεν υπάρχει ανακύκλωση του αέρα και τα συστήματα χρησιμοποιούν 100% φρέσκο αέρα. Η ροή μέσα στην AHU ρυθμίζεται από μανόμετρα για να επιτυγχάνεται σωστή πτώση πίεσης στα φίλτρα και να μην έχουμε μεγάλες απώλειες ενέργειας.
- Όλα τα χειρουργεία διαθέτουν εξοπλισμό καθαρισμού.

## ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Υπάρχουν πέντε λέβητες ατμού χαμηλής πίεσης που χρησιμοποιούνται για να τροφοδοτείται η AHU και τα μεταθερμαντικά στοιχεία., πίνακας Β.2.2-2. Τρεις λέβητες εξυπηρετούν τα χειρουργεία 1 έως 8 και ένας λέβητας για το κάθε χειρουργείο 9, 10 και 11.

Πίνακας Β.2.2-2: Τεχνικά χαρακτηριστικά των λεβήτων

Χειρουργεία	Τύπος λέβητα	Περιγραφή
1 έως 8	Λέβητας 1: 800.000 kcal/h Λέβητας 2: 800.000 kcal/h Λέβητας 3: 1.250.000 kcal/h	Βρίσκονται στο υπόγειο του κεντρικού κτιρίου σε απόσταση περίπου 30 μ. από τις AHU. Οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες.
9 10	Λέβητας ατμού 4: 315.000 kcal/h	Βρίσκονται σε λεβητοστάσιο, έξω από το κυρίως κτίριο, σε απόσταση περίπου 20 μ. από την AHU. Οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες.
11	Λέβητας 5: 183.000 kcal/h	Βρίσκεται σε λεβητοστάσιο στην οροφή του κτιρίου της νέας πτέρυγας σε απόσταση περίπου 10 μ. από την AHU. Οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Το ζεστό νερό τροφοδοτείται από τους λέβητες 1,2 και 3 προς τα βοηθητικά δωμάτια των χειρουργείων και χρησιμοποιείται από το προσωπικό για τον καθαρισμό των χεριών τους και την αποστείρωση των εργαλείων πριν τη χειρουργική επέμβαση.

## ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ

Δέκα ψυγεία χρησιμοποιούνται για να τροφοδοτούν τις AHUs του νοσοκομείου, όπως φαίνεται στον πίνακα Β.2.2.-3. Συγκεκριμένα τρία ψυγεία εξυπηρετούν τα χειρουργεία 1 έως 4 και 8, ένα ψυγείο τα χειρουργεία 5 έως 7, τρία ψυγεία για τα χειρουργεία 9 και 10 και τρία ψυγεία για το χειρουργείο 11.



Πίνακας Β.2.2-3: Τεχνικά χαρακτηριστικά των ψυγείων

χειρουργεία	Τύπος ψυγείου	Περιγραφή
1,2,3,4, και 8	Ψυγείο 1: 1.091.750 Btu/h Ψυγείο 2: 1.091.750 Btu/h Ψυγείο 3: 595.000 Btu/h	Βρίσκονται στο υπόγειο του κτιρίου σε απόσταση περίπου 30 μ. από τις AHU. Οι σωλήνες μεταφοράς του κρύου νερού είναι μονωμένες.
5,6,7	Ψυγείο 4: 1.800.000 Btu/h	Βρίσκεται στην οροφή του κτιρίου της ανατολικής πτέρυγας, περίπου 5 μ. μακριά από τα χειρουργεία. Το ίδιο ψυγείο θα τροφοδοτεί το χειρουργείο του πρώτου ορόφου. Οι σωλήνες μεταφοράς του κρύου νερού είναι μονωμένες.
9,10	Ψυγείο 5: 300.000 Btu/h Ψυγείο 6: 300.000 Btu/h Ψυγείο 7: 300.000 Btu/h	Βρίσκονται εκτός του κτιρίου σε μια περιοχή παρακείμενη στο κτίριο της ανατολικής πτέρυγας, περίπου 20 μ. μακριά από την AHU. Οι σωλήνες μεταφοράς του κρύου νερού είναι μονωμένες.
11	Ψυγείο 8: 240.000 Btu/h Ψυγείο 9: 240.000 Btu/h Ψυγείο 10: 300.000 Btu/h	Βρίσκονται εκτός, στην οροφή του κτιρίου της ανατολικής πτέρυγας, περίπου στα 10 μ. μακριά από την AHU. Οι σωλήνες μεταφοράς του κρύου νερού είναι μονωμένες.

## ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

- Κάθε χειρουργείο είναι εξοπλισμένο με ξεχωριστούς θερμοστάτες και συστήματα ελέγχου λειτουργίας (ON/OFF). Το προσωπικό του χειρουργείου δεν είναι εξουσιοδοτημένο να ρυθμίζει τις συνθήκες δωματίου. Αντιθέτως τα μέλη του τεχνικού προσωπικού έχουν πρόσβαση στις κύριες μονάδες της εγκατάστασης για τυχόν προσαρμογές, όταν οι συσκευές παρουσιάσουν πρόβλημα.
- Οι AHUs δε λειτουργούν τη νύχτα, όταν τα χειρουργεία δεν έχουν προγραμματισμένες επεμβάσεις
- Όλα τα βασικά εξαρτήματα των HVAC συστημάτων συντηρούνται μία ή δύο φορές ετησίως. Τα φίλτρα εξαερισμού συντηρούνται ανάλογα με τους κανονισμούς. Τα φίλτρα πρώτου επιπέδου B2 πλένονται κάθε 20 μέρες και αντικαθίστανται κάθε χρόνο. Τα φίλτρα δεύτερου επιπέδου C αντικαθίστανται 2 φορές το χρόνο, ενώ τα φίλτρα τρίτου επιπέδου S αντικαθίστανται κάθε χρόνο. Το προσωπικό και τα συνεργεία συντήρησης προβαίνουν σε ενέργειες συντήρησης των αναγκαίων επισκευών.

## ΣΧΟΛΙΑ

- Η εγκατάσταση των διαχειριζόμενων μονάδων αέρα για τα χειρουργεία 5,6 και 7 είναι προβληματική. Ως αποτέλεσμα της προβληματικής λειτουργίας της μονάδας, οι εσωτερικές συνθήκες δεν ήταν ικανοποιητικές. Συνεπώς η εσωτερική θερμοκρασία των χειρουργείων κατά τη διάρκεια των επεμβάσεων έφτανε τους 35°C το καλοκαίρι ενώ το χειμώνα η εσωτερική θερμοκρασία επίσης δεν είναι ικανοποιητική.
- Ένα άλλο πρόβλημα που αφορά τα χειρουργεία 5,6,7 είναι οι σωλήνες για την παροχή αέρα και τα ειδικά φίλτρα που χρησιμοποιούνται. Έτσι τοποθετήθηκαν σωλήνες από εύκαμπτο υλικό, ενώ θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν σωλήνες αντίθετης ροής, γαλβανισμένοι, από αλουμίνιο. Οι εύκαμπτοι σωλήνες δεν έχουν λεία επιφάνεια και μπορεί να συσσωρεύσουν υγρασία και σκόνη, παράγοντες που επιφέρουν προβλήματα στις συνθήκες άνεσης και επομένως στην υγεία.
- Επίσης η χρήση των ειδικών φίλτρων, τα οποία συμπληρώνονται στο τέλος τους από ένα πλαίσιο αλουμινίου, και τοποθετούνται στο τέλος των σωληνώσεων είναι προβληματική.

Η αντικατάσταση αυτών των φίλτρων μπορεί να προκαλέσει παραμόρφωση της επιφάνειας των σωληνώσεων και η οποία δεν μπορεί να διορθωθεί. Ακόμα αυτού του τύπου τα φίλτρα κοστίζουν περισσότερο από τα φίλτρα με διαιρούμενο πλαίσιο. Τα οποία αντικαθίστανται ευκολότερα. Η παραμόρφωση των σωληνώσεων μπορεί να προκαλέσει ρωγμές, οι οποίες και αυτές με τη σειρά τους επιφέρουν διαρροές στην ψευδοροφή.

- Τα συστήματα που εξυπηρετούν τα χειρουργεία 1,2,3,4, και 8 δεν έχουν το κατάλληλο μέγεθος και οι AHUs είναι παλαιές. Αποτέλεσμα είναι η μη ικανοποιητική θερμοκρασία του αέρα, ειδικά το καλοκαίρι, που φτάνει μέχρι και τους 35 °C.
- Οι εσωτερικές συνθήκες στα χειρουργεία 9 και 10 είναι ικανοποιητικές σε σχέση με τα υπόλοιπα χειρουργεία.

#### B.2.2-Γ: ΦΩΤΙΣΜΟΣ

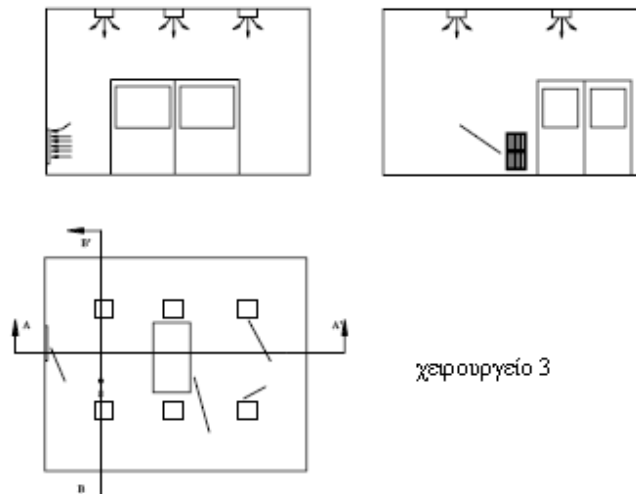
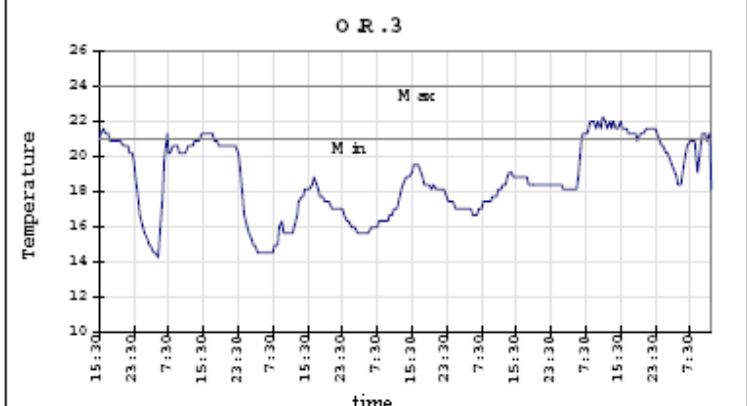
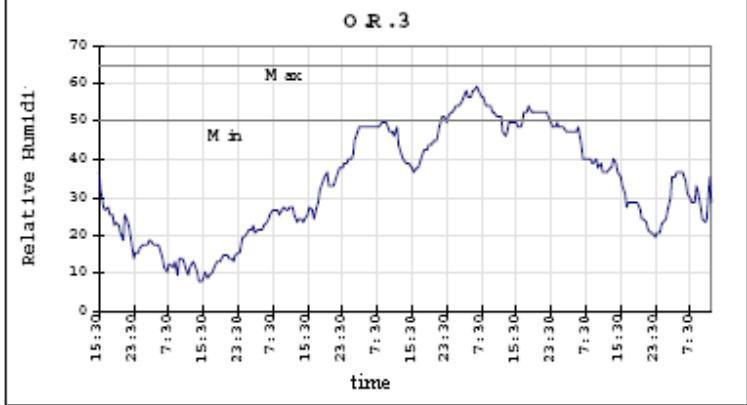
Όλοι οι χειρουργικοί χώροι διαθέτουν λάμπες φθορισμού για το φωτισμό και τυπικές λάμπες χειρουργείων, όπως φαίνεται και στον πίνακα B.2.2-4

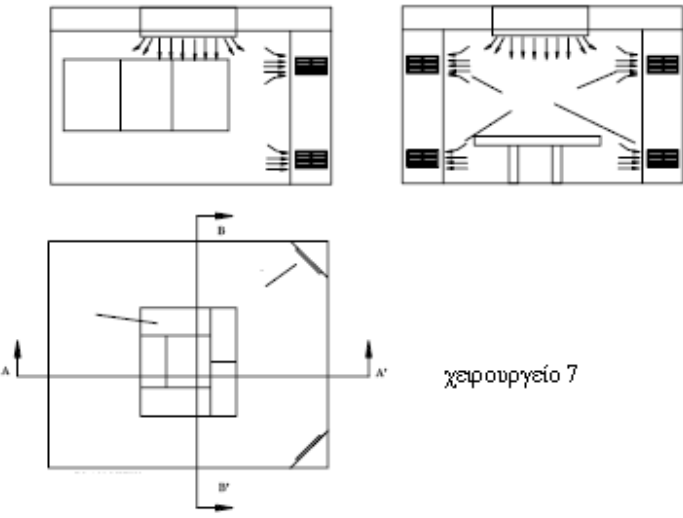
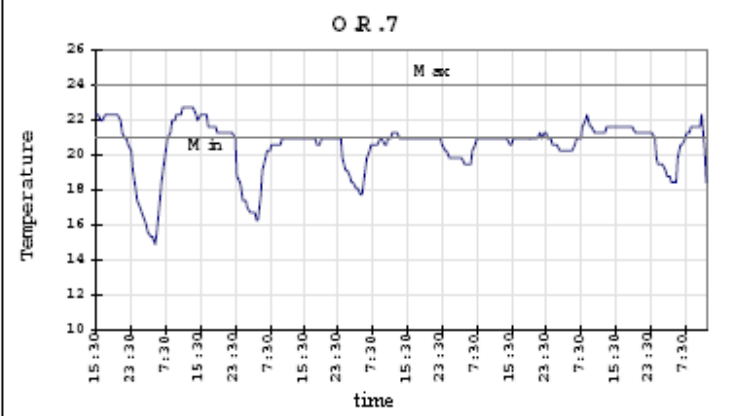

Πίνακας B.2.2-4: Τεχνητός φωτισμός και φυσικός φωτισμός.

Χειρουργεία	Συνολική ισχύς από γενικό φωτισμό(Watt)	Ισχύς τυπικών λαμπτήρων (Watt)	Φυσικός φωτισμός
1	320	350	ναι
2	320	350	-/-
3	320	350	-/-
4	320	350	-/-
5	1296	350	-/-
6	1296	350	-/-
7	1296	350	-/-
8	320	350	-/-
9	480	350	-/-
10	480	350	-/-
11	576		-/-

**B.2.2-Δ: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ**

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα χειρουργεία 3 και 7 και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες.

<b>ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 3</b>	
<p>Γενικές πληροφορίες:                      Η χρονική διάρκεια των μετρήσεων είναι έξι ημέρες.                      Το χειρουργείο διαθέτει έξι παροχές εισόδου και μία μόνο παροχή εξόδου του αέρα.                      Το χειρουργείο λειτουργεί καθημερινά από τις 8:00 έως τις 16:00 και οι συνθήκες λειτουργίας του συστήματος ρυθμίζονται από το προσωπικό της τεχνικής υπηρεσίας.</p>	 <p style="text-align: right;">χειρουργείο 3</p>
<p>Θερμοκρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>T_{avg}=18,65</math>, <math>T_{max}=22,3</math> και <math>T_{min}=14,2</math> βαθμοί Κελσίου.                      Κατά το 18% της χρονικής διάρκειας των μετρήσεων η θερμοκρασία κυμαινόταν μεταξύ των ενδεικνυμένων τιμών.</p>	
<p>Σχετική υγρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>RH_{avg}=33,7</math>, <math>RH_{max}=59,2</math> και <math>RH_{min}=7,9</math>.                      Κατά το 17% της χρονικής διάρκειας των μετρήσεων η σχετική υγρασία κυμαινόταν μεταξύ των ενδεικνυμένων τιμών.</p>	
<p>Εναλλαγές αέρα ανά ώρα: Τα επίπεδα εναλλαγών αέρα ανά ώρα είναι χαμηλότερα από 20 ACH που επιβάλλουν οι κανονισμοί.</p>	<p>Παρεχόμενος αέρας: 5,14 ACH                      Εξαρχόμενος αέρας: 1,0 ACH</p>

ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 7	
<p>Η χρονική διάρκεια των μετρήσεων ήταν έξι ημέρες.                      Το χειρουργείο έχει πέντε διάτρητες παροχές εισόδου του αέρα και τέσσερις παροχές εξόδου.                      Το χειρουργείο λειτουργεί καθημερινά από τις 8:00 έως τις 16:00 και οι συνθήκες λειτουργίας του συστήματος ρυθμίζονται από το προσωπικό της τεχνικής υπηρεσίας.</p>	 <p>χειρουργείο 7</p>
<p><b>Θερμοκρασία:</b>                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>T_{avg}=20,5</math>, <math>T_{max}=22,7</math>                      και <math>T_{min}=14,9</math> βαθμοί Κελσίου.                      Κατά το 32% της χρονικής διάρκειας των μετρήσεων η θερμοκρασία κυμαινόταν μεταξύ των ενδεικνυμένων τιμών.</p>	
<p><b>Σχετική υγρασία:</b>                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>RH_{avg}=26,7\%</math>, <math>RH_{max}=46,4\%</math>                      και <math>RH_{min}=4,7\%</math>                      Η σχετική υγρασία ήταν χαμηλότερη από τα ενδεικνυόμενα επίπεδα σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων.</p>	
<p><b>Εναλλαγές αέρα ανά ώρα:</b> Τα επίπεδα εναλλαγών αέρα ήταν κοντά στις 20 ACH που επιβάλλουν οι κανονισμοί.</p>	<p>Παρεχόμενος αέρας: 16,3 ACH                      Εξαρχόμενος αέρας: 13,3 ACH                      Μετρήθηκαν χαμηλά ρεύματα αέρα κοντά στο χειρουργικό τραπέζι και κοντά στις παροχές εξόδου του αέρα.</p>

B.2.2-E: ΑΝΑΛΥΣΗ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ

Τα χειρουργεία λειτουργούν υπό την επίδραση μερικών σοβαρών προβλημάτων με τα χαμηλά επίπεδα εξαερισμού, το φτωχό φωτισμό και γενικά με τη λειτουργία του HVAC συστήματος. Τα κυριότερα προβλήματα περιλαμβάνουν:

- Η εσωτερική θερμοκρασία ήταν κοντά στα κατώτερα επιθυμητά επίπεδα. Αντιθέτως, τους καλοκαιρινούς μήνες η θερμοκρασία ήταν πολύ υψηλή λόγω της χαμηλής απόδοσης του συστήματος και των συχνών βλαβών.
- Τα επίπεδα εξαερισμού είναι πολύ χαμηλά και η εσωτερική ατμόσφαιρα είναι αποπνικτική, καθώς το HVAC σύστημα είναι παλιό.
- Οι AHUs δε λειτουργούν το βράδυ όταν τα χειρουργεία είναι εκτός λειτουργίας.
- Τα ανοίγματα για τις παροχές εισόδου και εξόδου του αέρα δε έχουν το σωστό μέγεθος και το σύστημα δεν τροφοδοτεί το χώρο με το απαραίτητο ποσό αλλαγών αέρα.
- Οι παροχές εισόδου και εξόδου τοποθετούνται πολύ κοντά η μία στην άλλη, με αποτέλεσμα να υπάρχει κίνδυνος ανάμιξης των δύο ρευμάτων.
- Τα χειρουργεία είναι εξοπλισμένα με συστήματα αυτομάτου ελέγχου για τον έλεγχο της θερμοκρασίας και της υγρασίας, όμως αυτά δε λειτουργούν.
- Οι AHUs δε διαθέτουν εφεδρικό σύστημα.
- Η κάθε AHU καλύπτει περισσότερα από δύο χειρουργεία και άλλους βοηθητικούς χώρους.
- Οι σωληνώσεις των AHUs είναι εύκαμπτες και η επιφάνειά τους μπορεί να προκάλεσε εστία μικροβίων και συσσώρευση σκόνης.
- Στα χειρουργεία έχουμε υψηλά επίπεδα θορύβου.
- Οι χώροι των βοηθητικών δωματίων είναι πολύ περιορισμένοι.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

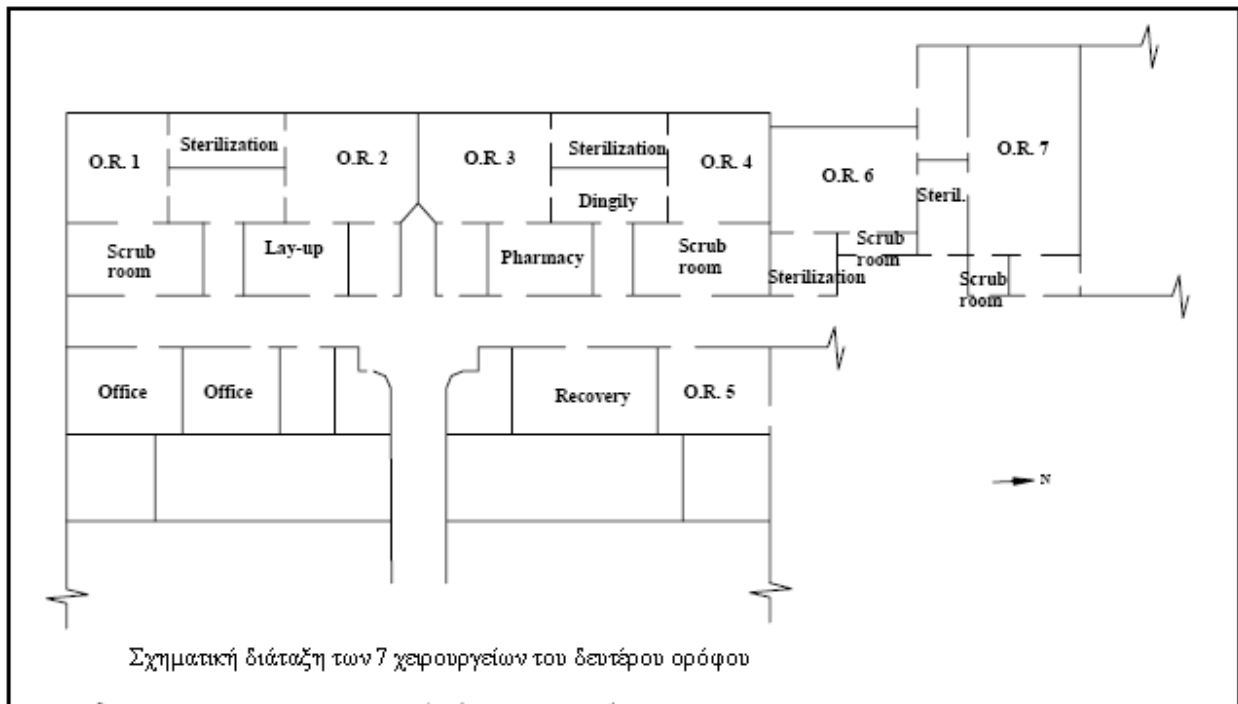
- Έλεγχος και εξισορρόπηση των AHUs για τα χειρουργεία 5,6,7.
- Αντικατάσταση των υπάρχοντων μονάδων με μία AHU για κάθε χειρουργείο.
- Έλεγχος των διακοπών των HVAC συστημάτων και επανατοποθέτηση για να γίνουν πιο λειτουργικοί.
- Επανατοποθέτηση των παροχών εισόδου-εξόδου αέρα για να μην είναι κοντά η μία στην άλλη.
- Εγκατάσταση ενός εξοικονομητή στις AHUs, για ανάκτηση θερμότητας και εξοικονόμηση ενέργειας.
- Εγκατάσταση εφεδρικής AHU για κάθε χειρουργείο, σύμφωνα με τους κανονισμούς.
- Λειτουργία των AHUs ακόμα και τις ώρες που δε χρησιμοποιούνται τα χειρουργεία, όπως τις βραδινές ώρες.
- Εγκατάσταση ενός αναστροφέα για χαμηλή ταχύτητα παροχής αέρα, ώστε να εξοικονομείται ενέργεια κατά τη διάρκεια της νύχτας.
- Οργάνωση και επάνδρωση του τεχνικού τμήματος που επιμελείται τη λειτουργία και τη συντήρηση των χειρουργικών εγκαταστάσεων.
- Οργάνωση και εφαρμογή ενός τακτικού προγράμματος συντήρησης και καθαρισμού.
- Εναλλαγή της λειτουργίας των AHUs ώστε να επιτρέπεται η τακτική τους συντήρηση.
- Καλύτερη οργάνωση της διάταξης του χώρου και για τα βοηθητικά δωμάτια.
- Εγκατάσταση συστημάτων καθαρισμού για κάθε χειρουργείο.

## B.2.3 ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 3

<b>ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 3</b>	
Γενικά	Δημόσιο νοσοκομείο με πολυάριθμα κτίρια (κεντρικό κτίριο, εργαστήριο, τεχνική εξυπηρέτηση). Τα χειρουργεία βρίσκονται όλα στο δεύτερο όροφο του κεντρικού κτιρίου και ένα από αυτά βρίσκεται στο ισόγειο.
Έτος κατασκευής: 1958-1965 Αριθμός χειρουργείων: 8 Αριθμός κλινών: 700 Αριθμός εργαζομένων: 1.800	Συνολική επιφάνεια: 44.472 m <sup>2</sup> . Ετήσιος αριθμός ασθενών: μη διαθέσιμος Πληρότητα κλινών: 70% Αριθμός τεχνικών υπαλλήλων: 50
Σύστημα θέρμανσης:	Κεντρικά HVAC συστήματα για το 95% του νοσοκομείου. Η θέρμανση παρέχεται από κεντρικούς λέβητες ατμού. Οι λέβητες ατμού χρησιμοποιούνται για την παροχή ατμού και ζεστού νερού. Τα χειρουργεία θερμαίνονται μέσω AHUs.
Σύστημα ψύξης:	Κεντρικά HVAC συστήματα για το 95% του νοσοκομείου. Το κρύο νερό παρέχεται από κεντρικά ψυγεία. Τα χειρουργεία μέσω AHUs και ένα από αυτά μέσω κλιματιστικού σώματος.
Εξαερισμός:	Κεντρικά HVAC συστήματα συμπεριλαμβανομένης AHU για τα χειρουργεία και τους υπόλοιπους χώρους του νοσοκομείου. Υπάρχουν επίσης κλιματιστικές εγκαταστάσεις για ένα χειρουργείο και κάποιους άλλους χώρους.
Φωτισμός:	Λάμπες φθορίου και λάμπες ειδικής λειτουργίας
Σχόλια:	Ένα μεγάλο νοσοκομείο που εξυπηρετεί μεγάλο αριθμό ασθενών και βρίσκεται κάθε δύο μέρες σε εφημερία. Το νοσοκομείο περιλαμβάνει πολλά εργαστήρια και ιατρικές εγκαταστάσεις.

## B.2.3-A: Γενικές πληροφορίες χειρουργείων

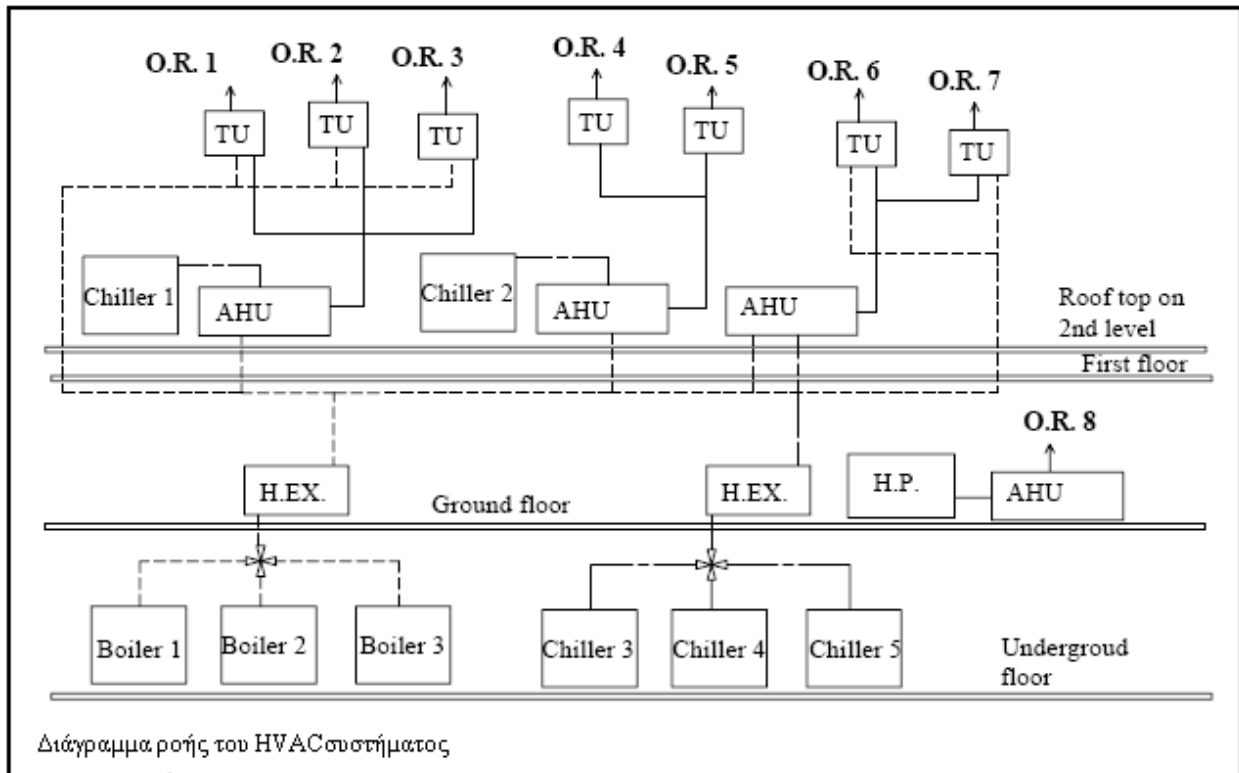
Παρακάτω φαίνονται πως διατάσσονται τα χειρουργεία.



Τοποθεσία: 7 χειρουργεία στο δεύτερο όροφο και 1 χειρουργείο στο ισόγειο του κεντρικού κτιρίου	Αριθμός χειρουργείων: 8
Αριθμός ιατρών: 30	Αριθμός υπολοίπου ιατρικού προσωπικού: 50
Ωράριο λειτουργίας: 8:00 – 15:00 Μερικές φορές έως τις τελευταίες απογευματινές ώρες	Εφημερία ανά δύο ημέρες
Συνολική επιφάνεια χειρουργείων: 178 m <sup>2</sup>	Συνολικός όγκος χειρουργείων: 480 m <sup>3</sup>
Περιγραφή	Τα χειρουργεία (ORs) αριθμούνται από το 1 έως το 7 όπως φαίνεται και στη σχηματικά διάταξη. Τα χειρουργεία 1 έως 5 κατασκευάστηκαν το 1965. Τα χειρουργεία 6 και 7 βρίσκονται στο παλιό κεντρικό κτίριο και χτίστηκαν το 1985, σύμφωνα με τους πρόσφατους κανονισμούς. Το χειρουργείο 8 του ισογείου χρησιμοποιείται σε καθημερινή βάση για μικροεπεμβάσεις.
Σχόλια	Οι χειρουργικές εγκαταστάσεις συντηρούνται κάθε Αύγουστο κατά τη διάρκεια δύο εβδομάδων. Όλα τα κύρια τμήματα των εγκαταστάσεων έχουν αντικατασταθεί, ενώ έχουν τοποθετηθεί και αισθητήρες για τον έλεγχο κάθε στοιχείου των HVAC συστημάτων. Ωστόσο τα επίπεδα της θερμοκρασίας δεν είναι ικανοποιητικά καθώς τους καλοκαιρινούς μήνες η θερμοκρασία είναι ιδιαίτερος υψηλή και επιφέρει πρακτικά προβλήματα κατά τη διάρκεια των χειρουργικών επεμβάσεων.

**B.2.3-B: HVAC ΣΥΣΤΗΜΑ**

Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα ροής του HVAC συστήματος κλιματισμού.



## ΜΟΝΑΔΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΕΡΑ-ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ

Οι μονάδες διαχείρισης αέρα (AHUs) είναι τοποθετημένες στην οροφή του κυρίως κτιρίου. Η οροφή βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με τον όροφο που βρίσκονται τα χειρουργεία. Υπάρχουν τρεις AHUs που εξυπηρετούν όλα τα χειρουργεία (πίνακας Β.2.3-1). Όλες οι AHUs διαθέτουν και θερματικές μονάδες (TU).

Πίνακας Β.2.3-1: Τεχνικά χαρακτηριστικά των AHUs

OR	Χαρακτηριστικά της AHU	Παροχή εισόδου αέρα (m <sup>3</sup> /h)	Περιγραφή
1 2 3	Κοινά για 1,2,8	3.300 3.300 3.300	Το πρώτο στάδιο των μονάδων αντικαταστάθηκε το 1993, ενώ το δεύτερο στάδιο των μονάδων (TU) είναι ακόμα το αρχικό. Η AHU περιλαμβάνει φίλτρα τριών τύπων, θερμαντικό και ψυκτικό στοιχείο, μεταθερμαντικό στοιχείο και υγρανήρα που τροφοδοτείται από λέβητες ατμού. Αυτή η μονάδα εξυπηρετεί και τα βοηθητικά δωμάτια που βρίσκονται δίπλα στα χειρουργεία. Η είσοδος του αέρα γίνεται από την οροφή μέσω τεσσάρων κυκλικών διαχυτών ανά χειρουργείο. Ο εσωτερικός αέρας εξέρχεται μέσω δύο μονών ανοιγμάτων που είναι εντοιχισμένα, ένα κοντά στην οροφή και το άλλο στο πάτωμα.
4 5	Κοινά για 4,5	3.300 3.300	Αυτή η μονάδα έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με εκείνες που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Εξυπηρετεί τα χειρουργεία 4 και 5 και τους προσκείμενους βοηθητικούς χώρους.
6 7	Κοινά για 6,7	Μη διαθέσιμη	Αυτή η διπλής ζώνης AHU περιλαμβάνει φίλτρα τριών τύπων, θερμαντικό και ψυκτικό στοιχείο, μεταθερμαντικό στοιχείο και υγρανήρα που τροφοδοτείται από λέβητες ατμού. Αυτή η μονάδα εγκαταστάθηκε το 1985. Η παροχή του εισερχόμενου αέρα γίνεται μέσω της οροφής από έναν κεκλιμένο διαχύτη και ο εσωτερικός αέρας εξέρχεται μέσω τριών μονών ανοιγμάτων που είναι εντοιχισμένα, ένα κοντά στην οροφή και τα άλλα δύο στο πάτωμα.
8	Κλιματιστική μονάδα	Μη διαθέσιμη	Κλιματιστική μονάδα άμεσης επέκτασης, με φίλτρα δύο επιπέδων, Β2 και S. Η είσοδος του αέρα γίνεται μέσω τετραγωνικών ανοιγμάτων.

## ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

- Οι AHUs δε διαθέτουν εξοικονομητή για ανάκτηση θερμότητας
- Οι υπολογιζόμενες κλίμακες εξαερισμού των AHUs υπερβαίνουν τις 40 ACH για κάθε χειρουργείο, σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων. Δεν υπάρχει ανακύκλωση του αέρα και τα συστήματα χρησιμοποιούν 100% φρέσκο αέρα.
- Τα χειρουργεία δε διαθέτουν εξοπλισμό καθαρισμού.
- Όλες οι μονάδες επεξεργασίας αέρα διαθέτουν γαλβανισμένους αεραγωγούς με τετραγωνική διατομή.



**ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ**

Υπάρχουν τρεις λέβητες ατμού χαμηλής πίεσης που χρησιμοποιούνται για να τροφοδοτείται η AHU και τα μεταθερμαντικά στοιχεία και ολόκληρο το νοσοκομείο, πίνακας Β.2.3-2.

Πίνακας Β.2.3-2: Τεχνικά χαρακτηριστικά των λεβήτων

Χειρουργεία	Τύπος λέβητα	Περιγραφή
1 έως 7	Λέβητας 1: 20 tn/h Λέβητας 2: 20 tn/h Λέβητας 3: 20 tn/h	Βρίσκονται στο υπόγειο του κεντρικού κτιρίου σε απόσταση περίπου 30 μ. από τις AHU. Οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες, αλλά το μονωτικό υλικό είναι παλαιό. Η πίεση του ατμού είναι 7,5-8 bar και η θερμοκρασία του ατμού είναι 175-180 °C.

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Το ζεστό νερό τροφοδοτείται από τους λέβητες 1,2 και 3 προς τα βοηθητικά δωμάτια των χειρουργείων και χρησιμοποιείται από το προσωπικό για τον καθαρισμό των χεριών τους και την αποστείρωση των εργαλείων πριν τη χειρουργική επέμβαση.

**ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ**

Πέντε ψυγεία χρησιμοποιούνται για να τροφοδοτούν τις AHUs του νοσοκομείου, όπως φαίνεται στον πίνακα Β.2.3.-3. Συγκεκριμένα δύο ψυγεία εξυπηρετούν αποκλειστικά τα χειρουργεία 1 έως 5, ένα τα άλλα τρία ψυγεία υψηλής απόδοσης εξυπηρετούν τις AHUs των χειρουργείων 6 και 7, καθώς και το υπόλοιπο νοσοκομείο.

Πίνακας Β.2.3-3: Τεχνικά χαρακτηριστικά των ψυγείων

χειρουργεία	Τύπος ψυγείου	Περιγραφή
1 2 3	Ψυγείο 1: 300.000 Btu/h	Το ψυγείο βρίσκεται στην ταράτσα του δευτέρου ορόφου του κεντρικού κτιρίου, περίπου 5 μ. μακριά από την AHU. Οι σωλήνες διανομής του κρύου νερού είναι μονωμένες.
4 5	Ψυγείο 2: 300.000 Btu/h	Το ψυγείο βρίσκεται στην ταράτσα του δευτέρου ορόφου του κεντρικού κτιρίου, περίπου 5 μ. μακριά από την AHU. Οι σωλήνες διανομής του κρύου νερού είναι μονωμένες.
6,7 και λοιποί χώροι	Ψυγείο 3: 2.400.000 Btu/h Ψυγείο 4: 2.400.000 Btu/h Ψυγείο 5: 2.400.000 Btu/h	Τα ψυγεία βρίσκονται στο υπόγειο του κεντρικού κτιρίου, περίπου 30 μ. μακριά από την AHU. Οι σωλήνες διανομής του κρύου νερού είναι μονωμένες.

**ΑΛΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ**

Εκτός από τα HVAC συστήματα κλιματισμού, σε κάθε χειρουργείο υπάρχει και ένα ηλεκτρικό θερμαντικό σώμα, που λειτουργεί επιπρόσθετα για θέρμανση κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

## ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

- Δεν υπάρχουν ξεχωριστοί θερμοστάτες και συστήματα ελέγχου της λειτουργίας των HVAC συστημάτων (ON/OFF). Τα μέλη του τεχνικού προσωπικού κάνουν τις αναγκαίες ρυθμίσεις. Αυτό δημιουργεί πρακτικά προβλήματα καθώς το ιατρικό προσωπικό δεν μπορεί να ελέγξει τις εσωτερικές συνθήκες και να ρυθμίσει την εσωτερική θερμοκρασία, όπως απαιτείται για έκτακτες και ειδικές επεμβάσεις.
- Οι AHUs δε λειτουργούν τη νύχτα, όταν τα χειρουργεία δεν έχουν προγραμματισμένες επεμβάσεις.
- Όλα τα βασικά εξαρτήματα των HVAC συστημάτων συντηρούνται μία ή δύο φορές ετησίως από εξωτερική τεχνική εταιρία. Τα ψυγεία συντηρούνται από την κατασκευαστική εταιρία που κατασκευάστηκαν. Τα φίλτρα εξαερισμού συντηρούνται ανάλογα με τους κανονισμούς. Τα φίλτρα πρώτου επιπέδου B<sub>2</sub> αντικαθίστανται κάθε δύο μήνες. Τα φίλτρα δευτέρου και τρίτου επιπέδου C και S αντικαθίστανται 2 φορές το χρόνο. Το προσωπικό και τα συνεργεία συντήρησης προβαίνουν σε ενέργειες συντήρησης των αναγκαίων επισκευών.
- Τα χειρουργεία δεν λειτουργούν για τρεις εβδομάδες τον Αύγουστο λόγω συντήρησης του χώρου και του εξοπλισμού.

## ΣΧΟΛΙΑ

- Οι εσωτερικές θερμικές συνθήκες δεν είναι ικανοποιητικές, ειδικά στις πεπαλαιωμένες εγκαταστάσεις των χειρουργείων 1 έως 5, καθώς η κυκλοφορία του αέρα είναι πολύ χαμηλή και προκαλεί αποπνικτική ατμόσφαιρα.
- Το χειμώνα η εσωτερική θερμοκρασία πρέπει να διατηρείται σε υψηλά επίπεδα, σε σχέση με άλλα χειρουργεία, λόγω της ευπάθειας των ασθενών μικρής ηλικίας. Ως αποτέλεσμα, μπορεί να προκληθούν άβολες συνθήκες για το προσωπικό.

B.2.3-Γ: ΦΩΤΙΣΜΟΣ

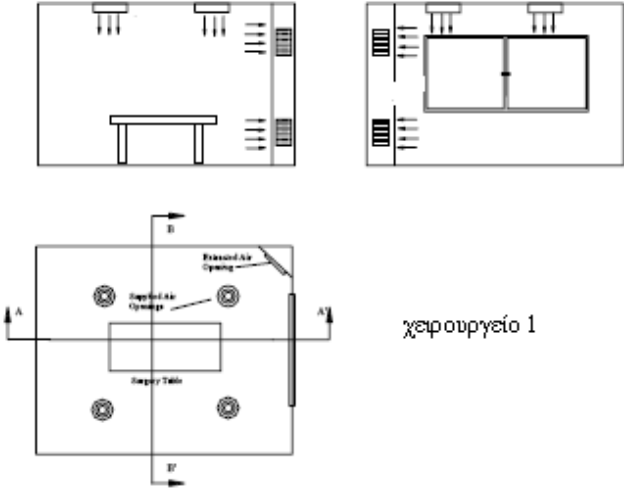
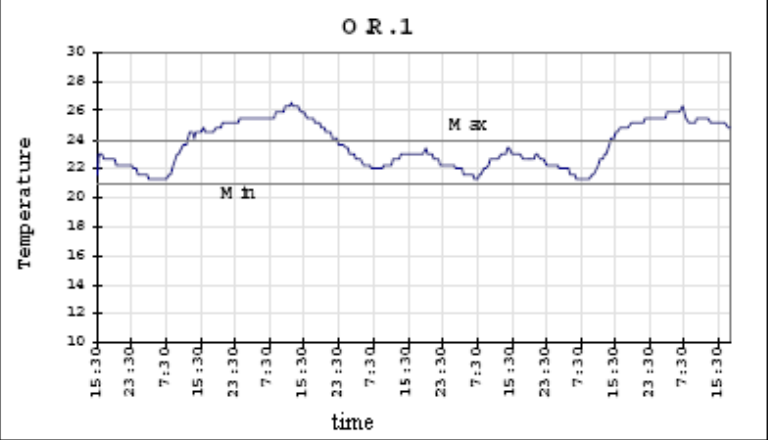

Όλοι οι χειρουργικοί χώροι διαθέτουν λάμπες φθορισμού για γενικό φωτισμό και τυπικές λάμπες χειρουργείων, όπως φαίνεται και στον πίνακα B.2.3-4. Τέσσερα χειρουργεία έχουν παράθυρα τα οποία παρέχουν στο χώρο φυσικό φωτισμό.

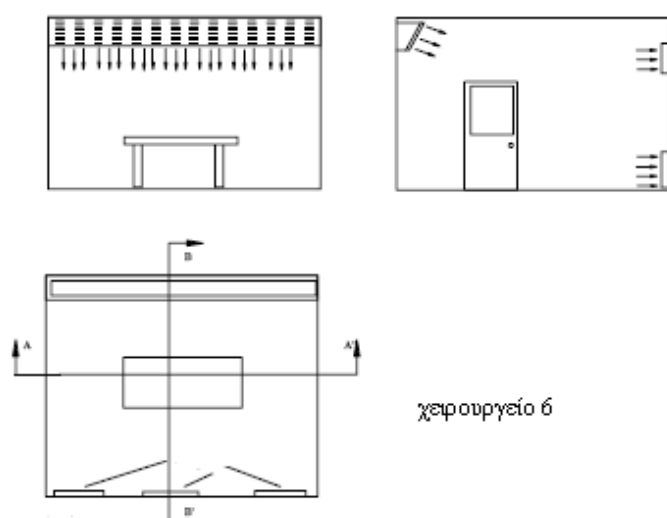
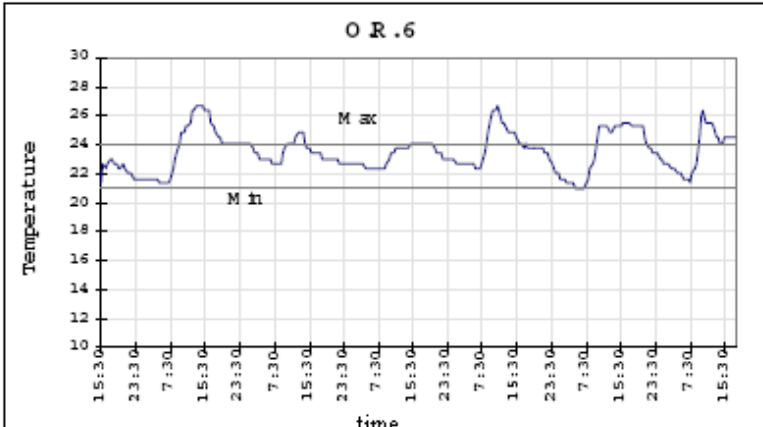
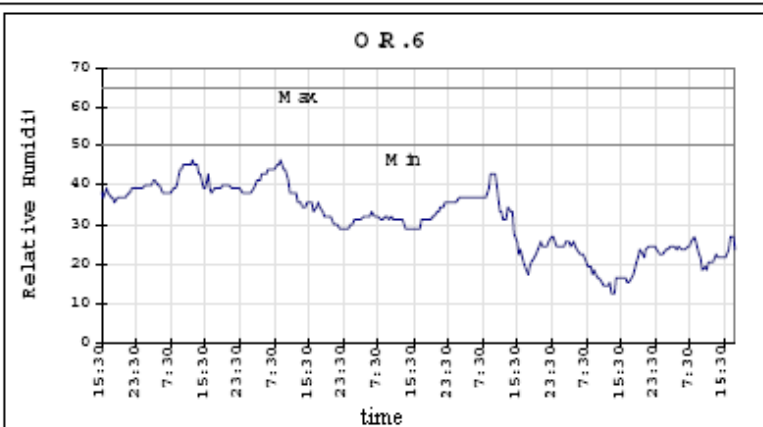
Πίνακας B.2.3-4: Τεχνητός φωτισμός και φυσικός φωτισμός.

Χειρουργεία	Συνολική ισχύς από γενικό φωτισμό(Watt)	Ισχύς τυπικών λαμπτήρων (Watt)	Φυσικός φωτισμός
1	288	260	ναι
2	288	350	-/-
3	288	350	-/-
4	288	350	-/-
5	288	350	όχι
6	1440	250	-/-
7	2160	350	-/-

**B.2.3-Δ: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ**

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα χειρουργεία 1 και 6 και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες.

ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 1	
<p>Γενικές πληροφορίες:                      Η χρονική διάρκεια των μετρήσεων ήταν 6 μέρες                      Το χειρουργείο διαθέτει τέσσερις κυκλικές παροχές εισόδου αέρα στην οροφή και δύο παροχές εξόδου αέρα ενσωματωμένες στον τοίχο.                      Το χειρουργείο λειτουργεί καθημερινά από τις 8:00 έως τις 15:00 και οι συνθήκες λειτουργίας του χειρουργείου ρυθμίζονται από το προσωπικό της τεχνικής υπηρεσίας.</p>	 <p>χειρουργείο 1</p>
<p>Θερμοκρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη θερμοκρασία που καταγράφηκαν ήταν:  <math>T_{avg}=23,1</math>, <math>T_{max}=26,6</math>, <math>T_{min}=21,3</math> βαθμοί κελσίου.                      Κατά το 43% της χρονικής διάρκειας των μετρήσεων η θερμοκρασία κυμαινόταν μεταξύ ανώτερων τιμών από τις ενδεικνύμενες, λόγω της ευπάθειας των ασθενών μικρής ηλικίας.</p>	
<p>Σχετική υγρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή σχετικής υγρασίας που καταγράφηκαν ήταν:  <math>RH_{avg}=32,3\%</math>, <math>RH_{max}=52,5\%</math>, <math>RH_{min}=16,6\%</math>                      Η σχετική υγρασία ήταν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων χαμηλότερη από τα ενδεικνύμενα επίπεδα.</p>	
<p>Εναλλαγές αέρα ανά ώρα: Τα επίπεδα εναλλαγών αέρα ήταν χαμηλότερα των 20 ACH.</p>	<p>Παρεχόμενος αέρας: 3,2 ACH                      Εξερχόμενος αέρας: 1,5 ACH</p>

ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 6	
<p>Γενικές πληροφορίες:                      Η χρονική διάρκεια των μετρήσεων ήταν 6 μέρες.                      Το χειρουργείο διαθέτει τεχνητούς κεκλιμένους διαχύτες παροχής αέρα και τρεις παροχές εξόδου αέρα που είναι ενσωματωμένες στον απέναντι τοίχο.                      Το χειρουργείο λειτουργεί καθημερινά από τις 8:00 έως τις 15:00 και οι συνθήκες λειτουργίας του χειρουργείου ρυθμίζονται από το προσωπικό της τεχνικής υπηρεσίας.</p>	 <p>χειρουργείο 6</p>
<p>Θερμοκρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή θερμοκρασίας που καταγράφηκε ήταν:  <math>T_{avg}=23,5</math>, <math>T_{max}=26,6</math>  <math>T_{min}=20,9</math> βαθμοί κελσίου.                      Κατά το 39% της χρονικής διάρκειας των μετρήσεων η θερμοκρασία κυμαινόταν μεταξύ ανώτερων τιμών από τις ενδεικνύμενες, λόγω της ευπάθειας των ασθενών μικρής ηλικίας.</p>	
<p>Σχετική υγρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας που καταγράφηκαν ήταν:  <math>RH_{avg}=31,5\%</math>, <math>RH_{max}=46,4\%</math> και <math>RH_{min}=12,8\%</math>                      Η σχετική υγρασία ήταν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων χαμηλότερη από τα ενδεικνύμενα επίπεδα.</p>	
<p>Εναλλαγές αέρα ανά ώρα: Τα επίπεδα εξαερισμού ήταν πολύ πολύ υψηλότερα από τις 20 ACH</p>	<p>Παρεχόμενος αέρας: 50 ACH                      Εξαρχόμενος αέρας: 3 ACH</p>
<p>Σχόλια: Εσωτερικές συνθήκες υψηλής απαίτησης λόγω της φύσης των επεμβάσεων</p>	

**B.2.3-E: ΑΝΑΛΥΣΗ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ**

Τα χειρουργεία λειτουργούν υπό την επίδραση πολλών σοβαρών προβλημάτων, κυρίως λόγω των πεπαλαιωμένων τμημάτων του HVAC συστήματος. Τα κυριότερα προβλήματα είναι:

- Οι εσωτερικές θερμικές συνθήκες είναι κοντά σε αυτές που ορίζουν οι κανονισμοί το χειμώνα, το φθινόπωρο και την άνοιξη. Όμως το καλοκαίρι, η εσωτερική θερμοκρασία είναι τόσο υψηλή και η ατμόσφαιρα γίνεται αποπνικτική.
- Τα επίπεδα εξαερισμού είναι ανεπαρκής στα παλαιά χειρουργεία 1 έως 5.
- Τα εσωτερικά ανοίγματα για τον εξερχόμενο αέρα είναι σκουριασμένα και κάποια από αυτά δε λειτουργούν, γεγονός που οδηγεί σε ανεπαρκή εξαερισμό.
- Οι παροχές εισόδου και εξόδου του αέρα είναι πάρα πολύ μικρές και δεν παρέχεται η αναγκαία ποσότητα αέρα.
- Οι σωλήνες των μονάδων διαχείρισης αέρα είναι πεπαλαιωμένες και δεν είναι εύκολα προσβάσιμες για το σωστό και συχνό καθαρισμό τους.
- Οι παροχές εισόδου του φρέσκου αέρα είναι πολύ κοντά τοποθετημένες με τις παροχές εξόδου του σηπτικού αέρα και σε περιοχή με φτωχό εξαερισμό, με αποτέλεσμα ο εξερχόμενος αέρας να μπορεί να εισχωρήσει στις παροχές εισόδου.
- Η θερμοκρασία, η υγρασία και η ροή αέρα μέσα στα χειρουργεία δεν μπορεί να ρυθμιστεί από ους εργαζόμενους, αφού δεν υπάρχει τοπικό σύστημα ελέγχου.
- Οι μονάδες διαχείρισης αέρα δε διαθέτουν εφεδρικό σύστημα.
- Μία από τις AHUs εξυπηρετεί τρία χειρουργεία και τα βοηθητικά δωμάτια, το οποίο δε συνίσταται και αντιβαίνει στους κανονισμούς.
- Το σύστημα θέρμανσης συμπληρώνεται με ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα μέσα στα χειρουργεία, το οποίο αντιβαίνει στους κανονισμούς.
- Τα επίπεδα του θορύβου είναι πολύ υψηλά και προέρχονται από τους εργαζόμενους, καθώς τα δωμάτια ξεκούρασης βρίσκονται πολύ κοντά στα χειρουργεία.

Γενικά οι συνθήκες λειτουργίας και οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις δεν είναι σύμφωνες με τους κανονισμούς, ιδίως στα παλαιά χειρουργεία. Οι ανεπαρκής αυτές συνθήκες στα παλαιά χειρουργεία μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα υγείας για το προσωπικό και περισσότερα προβλήματα για τους ασθενείς μικρών ηλικιών.

**ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

- Επανασχεδιασμός της HVAC εγκατάστασης σύμφωνα με τους κανονισμούς και περιορισμός της χρήσης ηλεκτρικών θερμαντικών σωμάτων.
- Αντικατάσταση των υπάρχοντων μονάδων με μία AHU για κάθε χειρουργείο.
- Απομάκρυνση των θερμαντικών σωμάτων και άλλων αντικειμένων από τα χειρουργεία που μπορούν να προκαλέσουν πιθανές εστίες μόλυνσης.
- Αντικατάσταση των σκουριασμένων παροχών εξόδου αέρα με καινούριες.
- Αντικατάσταση των πεπαλαιωμένων σωληνώσεων της AHU και επανατοποθέτησή τους ώστε να είναι προσβάσιμες.
- Εγκατάσταση εφεδρικής AHU για κάθε χειρουργείο, σύμφωνα με τους κανονισμούς.
- Λειτουργία των AHUs ακόμα και τις ώρες που δε χρησιμοποιούνται τα χειρουργεία, όπως τις βραδινές ώρες.
- Επανατοποθέτηση των παροχών εισόδου-εξόδου του αέρα.
- Εγκατάσταση ανεξάρτητων συστημάτων ελέγχου για κάθε χειρουργείο, ώστε οι ρυθμίσεις των εσωτερικών παραμέτρων, να γίνονται από το προσωπικό του χειρουργείου σύμφωνα πάντα με τις αναγκαίες συνθήκες λειτουργίας που απαιτεί το κάθε στάδιο της χειρουργικής επέμβασης.

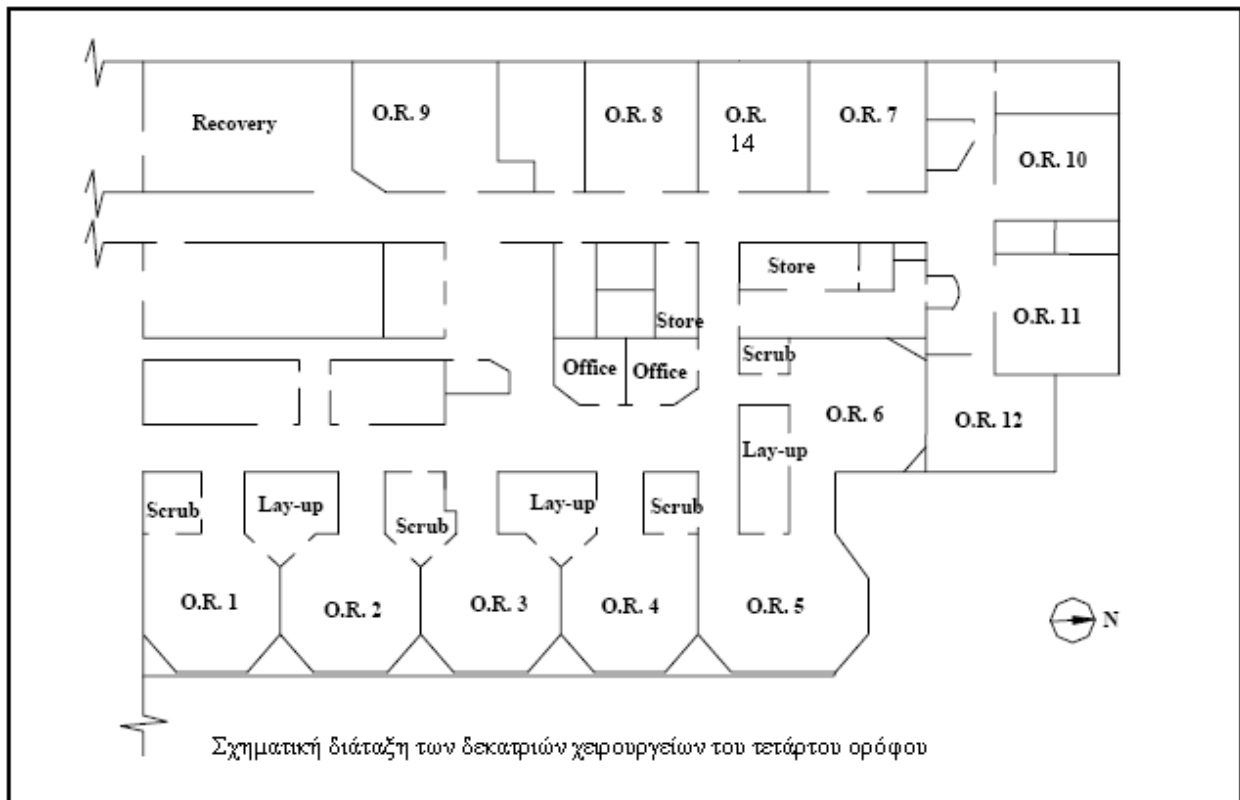
- Εγκατάσταση ενός εξοικονομητή στις AHU για ανάκτηση θερμότητας και εξοικονόμηση ενέργειας.
- Εγκατάσταση ενός αναστροφέα για χαμηλή ταχύτητα παροχής αέρα, ώστε να εξοικονομείται ενέργεια κατά τη διάρκεια της νύχτας.
- Οργάνωση και επάνδρωση του τεχνικού τμήματος που επιμελείται τη λειτουργία και τη συντήρηση των χειρουργικών εγκαταστάσεων.
- Οργάνωση και εφαρμογή ενός τακτικού προγράμματος συντήρησης και καθαρισμού.
- Εναλλαγή της λειτουργίας των AHUs ώστε να επιτρέπεται η τακτική τους συντήρηση.
- Καλύτερη οργάνωση της διάταξης του χώρου και για τα βοηθητικά δωμάτια.
- Εγκατάσταση συστημάτων καθαρισμού για κάθε χειρουργείο.

**B.2.4 ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 4**

<b>ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 4</b>	
Γενικά	Ιδιωτικό νοσοκομείο με τρία κτίρια τα οποία επικοινωνούν. Είναι σχετικά νέοκτιστο το κτίριο και τα χειρουργεία καταλαμβάνουν μέρος του τετάρτου ορόφου.
Έτος κατασκευής: 1977 για τα δύο κτίρια και 1992 για το τρίτο κτίριο Αριθμός χειρουργείων: 15 Αριθμός κλινών: 240 Αριθμός εργαζομένων: μη διαθέσιμος	Συνολική επιφάνεια: 19.500 m <sup>2</sup> . Ετήσιος αριθμός ασθενών: μη διαθέσιμος Πληρότητα κλινών: 80% Αριθμός τεχνικών υπαλλήλων: 20
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας: Ηλεκτρισμός 235,66 kwh/ m <sup>2</sup> θερμική: 254,1 kwh/ m <sup>2</sup>	
Σύστημα θέρμανσης:	Κεντρικά HVAC συστήματα για ολόκληρο το νοσοκομείο και τα χειρουργεία. Τα θερμαντικά και μεταθερμαντικά στοιχεία τροφοδοτούνται από λέβητες πετρελαίου.
Σύστημα ψύξης:	Κεντρικά HVAC συστήματα για ολόκληρο το νοσοκομείο και τα χειρουργεία. Τα ψυκτικά στοιχεία τροφοδοτούνται από ψυγεία.
Εξαερισμός:	Κεντρικά HVAC συστήματα συμπεριλαμβανομένης AHU για τα χειρουργεία και τους υπόλοιπους χώρους του νοσοκομείου.
Φωτισμός:	Λάμπες φθορίου και λάμπες ειδικής λειτουργίας
Σχόλια:	Ένα μεγάλο νοσοκομείο που εξυπηρετεί μεγάλο αριθμό ασθενών. Το νοσοκομείο λειτουργεί υπό άψογες συνθήκες, είναι σύγχρονο, καλοδιατηρημένο και ανακαινισμένο.

**B.2.4-A: Γενικές πληροφορίες χειρουργείων**

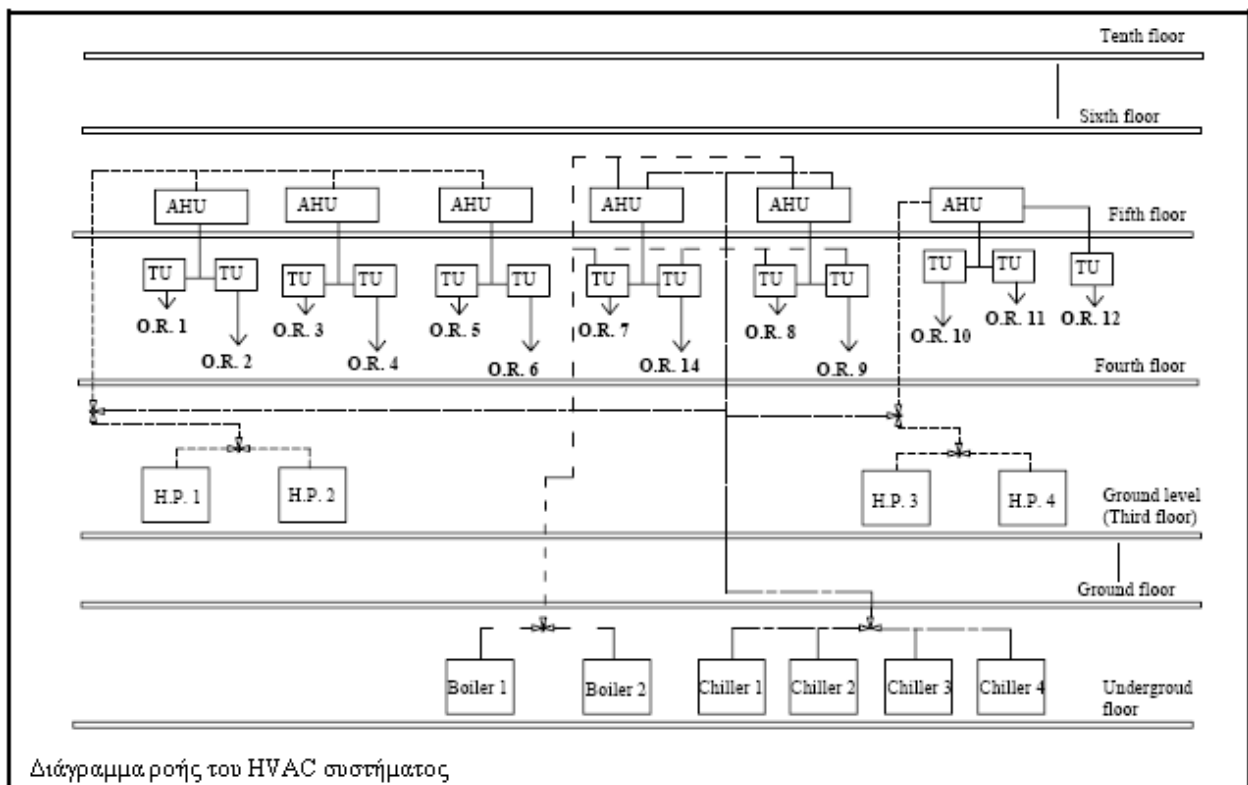
Παρακάτω φαίνονται πως διατάσσονται τα χειρουργεία.



Τοποθεσία: 13 χειρουργεία στον τέταρτο όροφο και 2 χειρουργεία στον τρίτο όροφο	Αριθμός χειρουργείων: 15
Αριθμός ιατρών: περισσότεροι από 100	Αριθμός υπολοίπου ιατρικού προσωπικού: 87
Ωράριο λειτουργίας: 8:00 – 16:00 Μερικές φορές έως τις τελευταίες απογευματινές ώρες	Εφημερία καθημερινά
Συνολική επιφάνεια χειρουργείων: 396 m <sup>2</sup>	Συνολικός όγκος χειρουργείων: 1.267 m <sup>3</sup>
Περιγραφή	Τα δεκατρία χειρουργεία (ORs) αριθμούνται από το 1 έως το 13 όπως φαίνεται και στη σχηματικά διάταξη. Οι άλλες περιοχές περιλαμβάνουν βοηθητικά δωμάτια, αποδυτήρια, δωμάτια ανάρρωσης κ.λ.π. Τέσσερα χειρουργεία (5,6,7 και 14) χρησιμοποιούνται για εξαιρετικά απαιτητικές επεμβάσεις. Τρία χειρουργεία (1,2 και 12) χρησιμοποιούνται για ειδικές επεμβάσεις ενώ έξι χειρουργεία (3,4,8,9,10 και 11) χρησιμοποιούνται για επεμβάσεις γενικής φύσεως. Στον τρίτο όροφο του νοσοκομείου υπάρχουν δύο χειρουργεία που έχουν κατασκευαστεί το 1977.
Σχόλια	Οι εγκαταστάσεις των χειρουργείων συντηρούνται κάθε Αύγουστο σε περίοδο δύο εβδομάδων. Όλα τα κύρια τμήματα των AHUs έχουν αντικατασταθεί με σύγχρονα ενώ έχουν τοποθετηθεί και συστήματα αυτομάτου ελέγχου για κάθε τμήμα του HVAC συστήματος. Παρόλο που οι εγκαταστάσεις είναι ανακαινισμένες, το καλοκαίρι η εσωτερική θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή, γεγονός που δημιουργεί πρακτικά προβλήματα σε χειρουργικές διαδικασίες.

#### B.2.4-B: HVAC ΣΥΣΤΗΜΑ

Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα ροής του HVAC συστήματος κλιματισμού.





## ΜΟΝΑΔΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΕΡΑ-ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ

Οι μονάδες διαχείρισης αέρα (AHUs) είναι τοποθετημένες στον πέμπτο όροφο του κυρίως κτιρίου. Ο χώρος για τις AHUs είναι ανοικτός από τη Βόρεια πλευρά και κλεισμένος από τις άλλες κατευθύνσεις. Υπάρχουν έξι AHUs που χρησιμοποιούνται για τα δεκατρία χειρουργεία, πίνακας Β.2.4-1. Οι περισσότερες από τις AHUs αποτελούνται από μονάδες δύο σταδίων και συμπεριλαμβάνουν και τερματική μονάδα.

Πίνακας Β.2.4-1: Τεχνικά χαρακτηριστικά των AHUs

OR	Χαρακτηριστικά της AHU	Παροχή εισόδου αέρα (m <sup>3</sup> /h)	Περιγραφή
1 2 3 4 5 6		4.900	Αυτές οι τρεις μονάδες για τα χειρουργεία 1 έως 6 βρίσκονται στον πέμπτο όροφο του κεντρικού κτιρίου και αντικαταστάθηκαν το 1997. Διαθέτουν φίλτρα τριών τύπων (B <sub>2</sub> , C και S). Ο υγραντήρας είναι ηλεκτρικός και τροφοδοτείται από ξηρό ατμό. Οι μονάδες διαχείρισης αέρα περιλαμβάνουν θερμαντικά στοιχεία αλλά όχι και μεταθερμαντικά στοιχεία. Ο αέρας εισέρχεται από το ταβάνι μέσω επίπεδων διάτρητων παροχών. Ο αέρας εξέρχεται μέσω ανοιγμάτων που βρίσκονται στη γωνία του δωματίου.
7 8 9 14		8.000	Αυτές οι δύο μονάδες διπλής ζώνης εξυπηρετούν τα χειρουργεία 7 και 14. Διαθέτουν φίλτρα τριών τύπων. Περιστερεφόμενα, S και C φίλτρα. Ο υγραντήρας είναι ηλεκτρικός και τροφοδοτείται από ξηρό ατμό. Οι μονάδες διαχείρισης αέρα περιλαμβάνουν θερμαντικά στοιχεία, ψυκτικά στοιχεία και μεταθερμαντικά στοιχεία. Ο αέρας εισέρχεται από το ταβάνι μέσω επίπεδων διάτρητων παροχών. Ο αέρας εξέρχεται μέσω ανοιγμάτων που βρίσκονται στη γωνία του δωματίου.
10 11 12		12.000	Αυτή η μονάδα βρίσκεται στον πέμπτο όροφο του κεντρικού κτιρίου και εξυπηρετεί τα χειρουργεία 10,11 και 12. Διαθέτουν φίλτρα τριών τύπων (B <sub>2</sub> , C και S). Ο υγραντήρας είναι ηλεκτρικός και τροφοδοτείται από ξηρό ατμό. Οι μονάδες διαχείρισης αέρα περιλαμβάνουν θερμαντικά, ψυκτικά και μεταθερμαντικά στοιχεία. Ο αέρας εισέρχεται από το ταβάνι μέσω επίπεδων διάτρητων παροχών. Ο αέρας εξέρχεται μέσω ανοιγμάτων που βρίσκονται στη γωνία του δωματίου.

## ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

- Όλες οι AHUs είναι ανακαινισμένες και περιλαμβάνουν εξοικονομητές για ανάκτηση θερμότητας.
- Οι υπολογιζόμενες κλίμακες εξαερισμού των AHUs υπερβαίνουν τις 25 ACH για κάθε ένα από τα χειρουργεία 5 και 6, 32 για κάθε ένα από τα χειρουργεία 1,2,3,και 4, 40 για τα χειρουργεία 10,11 και 12 και 50 ACH για τα χειρουργεία 7,8,9 και 14.
- Τα χειρουργεία δε διαθέτουν εξοπλισμό καθαρισμού.

- Όλες οι μονάδες επεξεργασίας αέρα διαθέτουν γαλβανισμένους αεραγωγούς με τετραγωνική διατομή.
- Η επανακυκλοφορία του αέρα είναι περίπου το 20% της συνολικής παροχής αέρα.
- Ο εξερχόμενος αέρας φιλτράρεται προτού αποβληθεί από τις AHUs.

#### ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Υπάρχουν λέβητες πετρελαίου χρησιμοποιούνται για να τροφοδοτείται η AHU και τα μεταθερμαντικά στοιχεία για τα χειρουργεία 7,8,9 και 14. Στις υπόλοιπες AHUs τα φορτία θέρμανσης παρέχονται από κλιματιστική μονάδα. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συστημάτων θέρμανσης παρέχονται στον πίνακα Β.2.4-2.

Πίνακας Β.2.4-2: Τεχνικά χαρακτηριστικά των λεβήτων

Χειρουργεία	Τύπος λέβητα	Περιγραφή
7 8 9 14	Λέβητας 1: 800.000 kcal/h  Λέβητας 2: 800.000 kcal/h	Βρίσκονται στο υπόγειο του κεντρικού κτιρίου σε απόσταση περίπου 25 μ. από τις AHU. Οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες.
1 έως 6	Κλιματιστική μονάδα 1: 720.000 Btu/h Κλιματιστική μονάδα 2: 720.000 Btu/h	Βρίσκονται σε εξωτερικό χώρο στον τρίτο όροφο του κεντρικού κτιρίου, περίπου 10 μ. μακριά από τις AHUs. Οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες.
10 11 12	Κλιματιστική μονάδα 3: 480.000 Btu/h Κλιματιστική μονάδα 4: 480.000 Btu/h	Βρίσκονται σε εξωτερικό χώρο στον τρίτο όροφο του κεντρικού κτιρίου, περίπου 10 μ. μακριά από τις AHUs. Οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες.

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Το ζεστό νερό τροφοδοτείται από τους λέβητες 1 και 2 προς τα βοηθητικά δωμάτια των χειρουργείων και χρησιμοποιείται από το προσωπικό για τον καθαρισμό των χεριών τους και την αποστείρωση των εργαλείων πριν τη χειρουργική επέμβαση.

#### ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ

Τέσσερα ψυγεία χρησιμοποιούνται για να τροφοδοτούν τις AHUs του νοσοκομείου, όπως φαίνεται στον πίνακα Β.2.4-3, και τέσσερα κλιματιστικά σώματα. Τα ψυγεία εξυπηρετούν τα χειρουργεία 7,8,9 και 14, ενώ τα άλλα χειρουργεία εξυπηρετούνται από τα κλιματιστικά σώματα.

Πίνακας Β.2.4-3: Τεχνικά χαρακτηριστικά των ψυγείων

χειρουργεία	Τύπος ψυγείου	Περιγραφή
7 8 9 14	Ψυγείο 1: 720.000 Btu/h Ψυγείο 2: 720.000 Btu/h Ψυγείο 3: 720.000 Btu/h Ψυγείο 4: 720.000 Btu/h	Τα ψυγεία βρίσκονται στο υπόγειο του κεντρικού κτιρίου, περίπου 25 μ. μακριά από τις AHUs, και οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες. Αυτά τα ψυγεία μπορούν να εξυπηρετήσουν και άλλα χειρουργεία, αν τα κλιματιστικά σώματα υποστούν βλάβη.
1 έως 6	Κλιματιστική μονάδα 1: 720.000 Btu/h Κλιματιστική μονάδα 2: 720.000 Btu/h	Τα κλιματιστικά βρίσκονται σε εξωτερικό χώρο στον τρίτο όροφο του κεντρικού κτιρίου, περίπου 10 μ. μακριά από τις AHUs. Οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες.

10	Κλιματιστική μονάδα 3:	Τα κλιματιστικά βρίσκονται σε εξωτερικό χώρο στον τρίτο όροφο του κεντρικού κτιρίου, περίπου 10 μ. μακριά από τις AHUs. Οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες.
11	480.000 Btu/h	
12	Κλιματιστική μονάδα 4:	
	480.000 Btu/h	

#### ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

- Κάθε χειρουργείο είναι εξοπλισμένο με ξεχωριστούς θερμοστάτες και συστήματα ελέγχου λειτουργίας (ON/OFF). Η θερμοκρασία, που συνήθως επιλέγεται, κυμαίνεται μεταξύ 16 έως 22 °C και η σχετική υγρασία είναι 60-80%, σύμφωνα με το τεχνικό προσωπικό. Το ιατρικό προσωπικό έχει πρόσβαση στα συστήματα ελέγχου και μπορεί να ρυθμίζει τις εσωτερικές συνθήκες.
- Οι ανεμιστήρες των AHUs διαθέτουν αναστροφέα και το σύστημα εξαερισμού μπορεί να λειτουργεί συνεχώς (δηλαδή οι ανεμιστήρες μπορούν να ρυθμιστούν στη χαμηλότερη ταχύτητα όταν τα χειρουργεία δε λειτουργούν και στην υψηλότερη όταν βρίσκονται σε λειτουργία). Παρόλα αυτά, το σύστημα κλείνει όταν τα χειρουργεία δε λειτουργούν.
- Όλα τα βασικά εξαρτήματα των HVAC συστημάτων συντηρούνται μία ή δύο φορές ετησίως. Τα φίλτρα εξαερισμού συντηρούνται ανάλογα με τους κανονισμούς. Τα φίλτρα πρώτου επιπέδου B2 αντικαθίστανται κάθε 10 ημέρες. Τα φίλτρα δεύτερου επιπέδου C αντικαθίστανται σχεδόν μία φορά το μήνα, ενώ τα φίλτρα τύπου S αντικαθίστανται κάθε χρόνο. Το προσωπικό του τεχνικού τμήματος προβαίνει σε ενέργειες συντήρησης και επισκευής.
- Ο όγκος του εξερχόμενου αέρα είναι περίπου το 60% του παρεχόμενου αέρα.
- Η ροή του αέρα στις μονάδες διαχείρισης αέρα μπορεί να ελεγχθεί, ώστε η πτώση πίεσης του αέρα μέσα στα φίλτρα να είναι κατάλληλη.

#### ΣΧΟΛΙΑ

- Οι εσωτερικές θερμικές συνθήκες είναι ικανοποιητικές.

#### B.2.4-Γ: ΦΩΤΙΣΜΟΣ

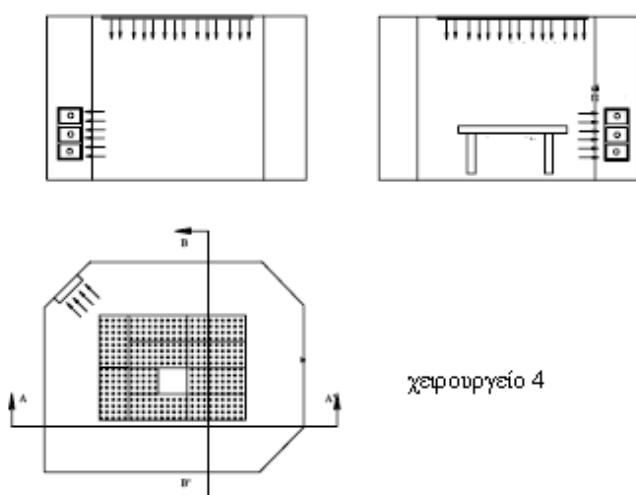
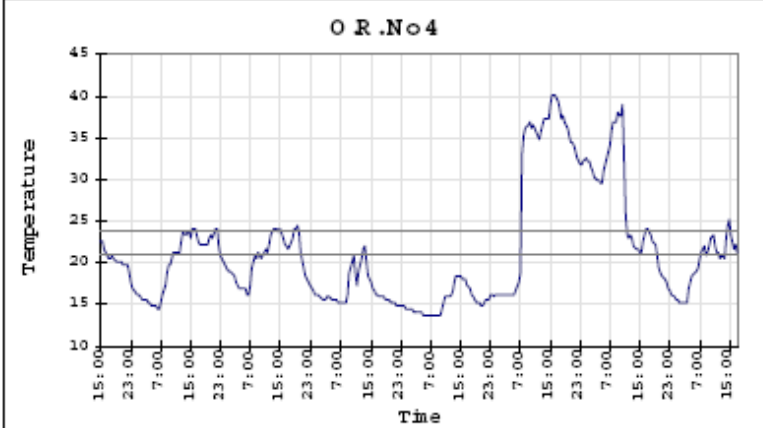
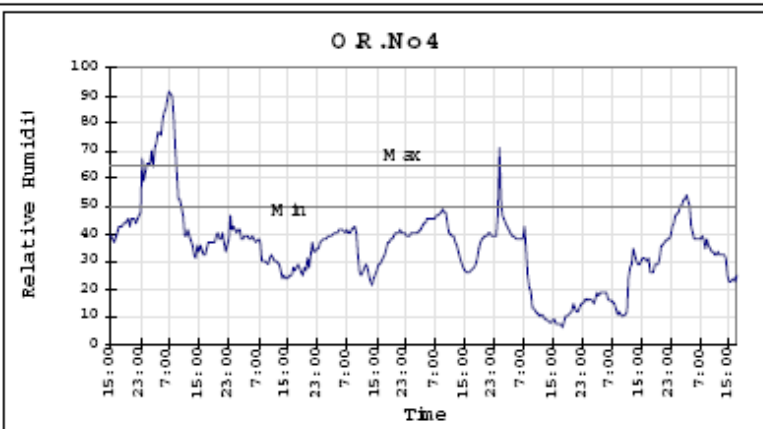
Όλοι οι χειρουργικοί χώροι διαθέτουν λάμπες φθορισμού για γενικό φωτισμό και τυπικές λάμπες χειρουργείων, όπως φαίνεται και στον πίνακα B.2.4-4.

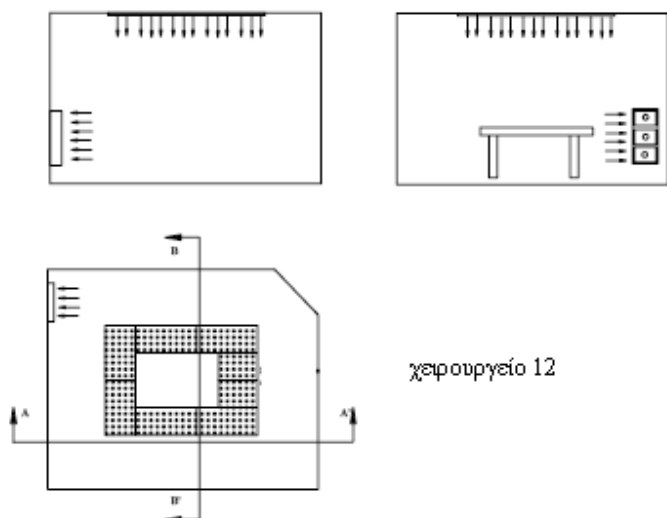
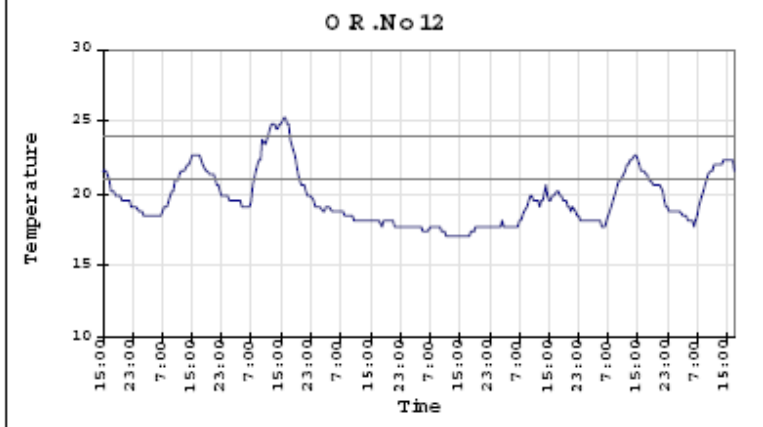

Πίνακας B.2.4-4: Τεχνητός φωτισμός και φυσικός φωτισμός.

Χειρουργεία	Συνολική ισχύς από γενικό φωτισμό (Watt)	Ισχύς τυπικών λαμπτήρων (Watt)	Φυσικός φωτισμός
1	864	400	όχι
2	864	400	-/-
3	864	400	-/-
4	864	400	-/-
5	864	400	-/-
6	864	400	-/-
7	720	350	-/-
8	720	350	-/-
9	720	350	-/-
10	720	350	-/-
11	720	350	-/-
12	720	350	-/-
13	720	350	-/-
14	720	350	-/-

**B.2.4-Δ: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ**

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα χειρουργεία 4 και 12 και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες.

<b>ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 4</b>	
<p>Γενικές πληροφορίες:                      Η χρονική διάρκεια των μετρήσεων ήταν επτά ημέρες.                      Το χειρουργείο διαθέτει διάτρητες παροχές για την είσοδο του αέρα και τρεις εκφορτωτές για την έξοδο του αέρα.                      Το χειρουργείο λειτουργεί καθημερινά από τις 8:00 έως τις 16:00 και οι συνθήκες λειτουργίας του χειρουργείου ρυθμίζονται από το προσωπικό της τεχνικής υπηρεσίας.</p>	 <p>χειρουργείο 4</p>
<p>Θερμοκρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>T_{avg}=21,3</math>, <math>T_{max}=40,2</math> και <math>T_{min}=13,8</math> βαθμοί κελσίου.                      Κατά το 20% της χρονικής διάρκειας των μετρήσεων η θερμοκρασία κυμαίνονταν μεταξύ των ενδεικνύμενων τιμών, ενώ σε ίδιο ποσοστό ήταν υψηλότερη από τα μέγιστα ενδεικνύμενα όρια.</p>	
<p>Σχετική υγρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>RH_{avg}=30,1\%</math>, <math>RH_{max}=91,4\%</math> και <math>RH_{min}=6,4\%</math>                      Σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων η σχετική υγρασία ήταν χαμηλότερη από τις ενδεικνύμενες τιμές.</p>	
<p>Εναλλαγές αέρα ανά ώρα: Τα επίπεδα εναλλαγών αέρα ανά ώρα ήταν σύμφωνα με τους κανονισμούς.</p>	<p>Παρεχόμενος αέρας: 18 ACH                      Εξερχόμενος αέρας: 12 ACH                      Παρατηρήθηκαν χαμηλές ταχύτητες αέρα στο χειρουργικό τραπέζι.</p>
<p>Σχόλια: Οι υψηλές τιμές της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν οφείλονται σε πιθανή προσωρινή βλάβη της AHU.</p>	

<b>ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 12</b>	
<p><b>Γενικές πληροφορίες:</b>                      Η χρονική διάρκεια των μετρήσεων ήταν 7 ημέρες.                      Το χειρουργείο διαθέτει διάτρητες παροχές εισόδου αέρα και δύο εκφορτωτές για την έξοδο του αέρα.                      Το χειρουργείο λειτουργεί καθημερινά από τις 8:00 έως τις 16:00 και οι συνθήκες λειτουργίας του χειρουργείου ρυθμίζονται από το προσωπικό της τεχνικής υπηρεσίας.</p>	 <p>χειρουργείο 12</p>
<p><b>Θερμοκρασία:</b>                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>T_{avg}=19,5</math>, <math>T_{max}=25,2</math> και <math>T_{min}=17,0</math> βαθμοί κελσίου.                      Κατά το 19% της χρονικής διάρκειας των μετρήσεων η θερμοκρασία κυμαινόταν μεταξύ των ενδεικνυμένων τιμών.</p>	
<p><b>Σχετική υγρασία:</b>                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>RH_{avg}=31,4\%</math>, <math>RH_{max}=56,5\%</math> και <math>RH_{min}=20,5\%</math>                      Η σχετική υγρασία ήταν χαμηλότερη από τις ενδεικνυμένες τιμές σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων.</p>	
<p><b>Εναλλαγές αέρα ανά ώρα:</b> Τα επίπεδα εναλλαγών αέρα ανά ώρα ήταν κοντά στις 20 ACH που επιβάλλουν οι κανονισμοί.</p>	<p>Παρεχόμενος αέρας: 18 ACH                      Εξερχόμενος αέρας: 8 ACH</p>
<p><b>Σχόλια:</b> Συνήθως κατά τη διάρκεια των επεμβάσεων η πόρτα του χειρουργείου παραμένει ανοιχτή, με αποτέλεσμα ο αέρας να ρέει προς τα διπλανά βοηθητικά δωμάτια.</p>	

#### B.2.4-E: ΑΝΑΛΥΣΗ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ

Τα χειρουργεία λειτουργούν υπό πολύ καλές συνθήκες. Ωστόσο υπάρχουν προβλήματα, τα κυριότερα εκ των οποίων είναι:

- Οι AHUs δεν έχουν εφεδρικό σύστημα λειτουργίας.
- Οι παροχές εισόδου του φρέσκου αέρα είναι πολύ κοντά τοποθετημένες με τις παροχές εξόδου του σηπτικού αέρα και σε περιοχή με φτωχό εξαερισμό, με αποτέλεσμα ο εξερχόμενος αέρας να μπορεί να εισχωρήσει στις παροχές εισόδου.
- Τα επίπεδα του θορύβου είναι πολύ υψηλά και προέρχονται από τους εργαζόμενους, καθώς τα δωμάτια ξεκούρασης βρίσκονται πολύ κοντά στα χειρουργεία.
- Οι AHUs λειτουργούν τη νύχτα, όταν στα χειρουργεία δε γίνονται επεμβάσεις.
- Δεν υπάρχει επανακυκλοφορία του αέρα, γεγονός που αντιτίθεται στους κανονισμούς.
- Οι καινούριες περιοχές των χειρουργείων είναι στενόχωρες και ανεπαρκείς για χειρουργικές διαδικασίες.

#### ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

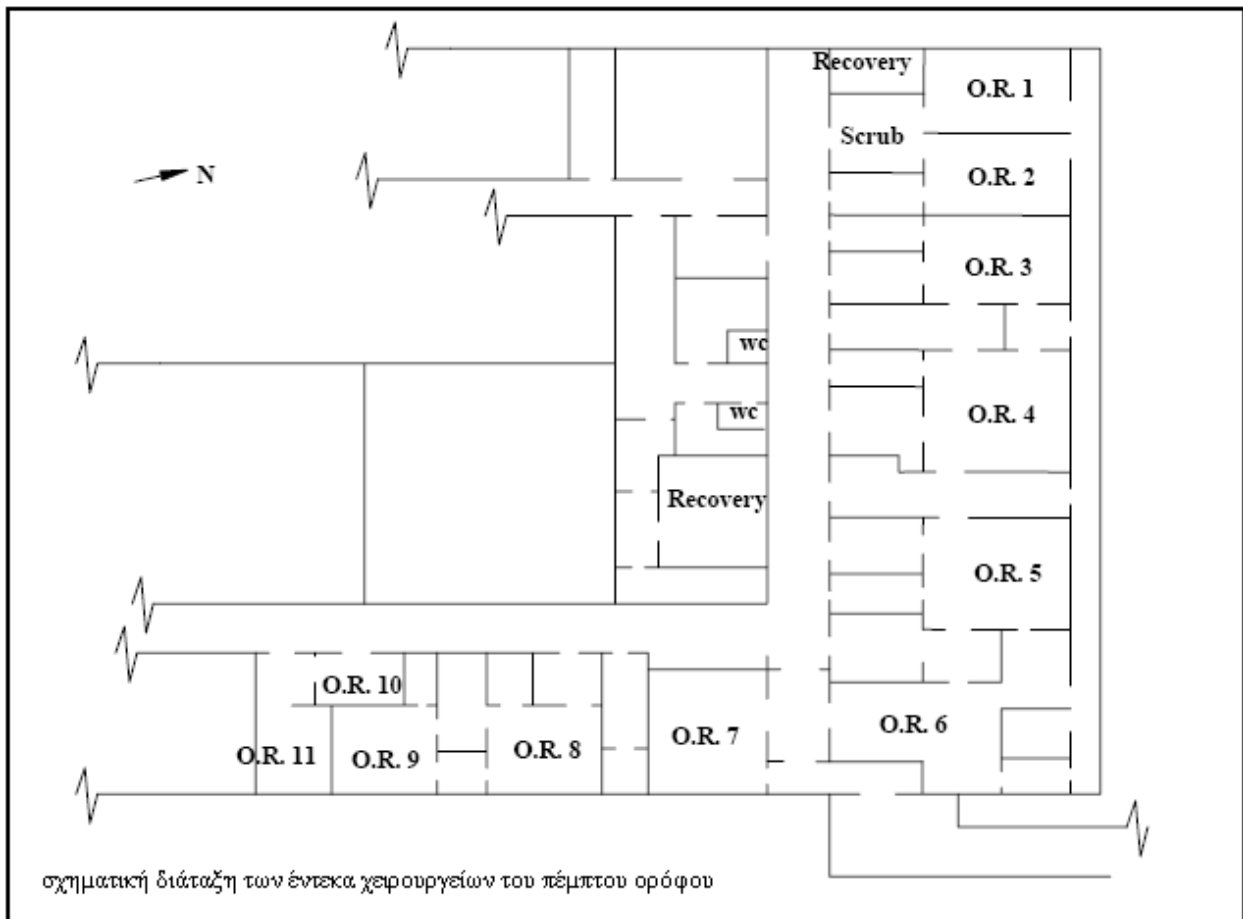
- Επανασχεδιασμός των AHUs, ώστε να αυξηθούν τα επίπεδα εξαερισμού μέχρι την ελάχιστη ενδεικνύμενη τιμή.
- Ενεργοποίηση της επανακυκλοφορίας του αέρα στο HVAC σύστημα.
- Εγκατάσταση εφεδρικής AHU για κάθε χειρουργείο, σύμφωνα με τους κανονισμούς.
- Λειτουργία των AHUs ακόμα και τις ώρες που δε χρησιμοποιούνται τα χειρουργεία, όπως τις βραδινές ώρες.
- Επανατοποθέτηση των παροχών εισόδου-εξόδου του αέρα.
- Οργάνωση και επάνδρωση του τεχνικού τμήματος που επιμελείται τη λειτουργία και τη συντήρηση των χειρουργικών εγκαταστάσεων.
- Οργάνωση και εφαρμογή ενός τακτικού προγράμματος συντήρησης και καθαρισμού.
- Εναλλαγή της λειτουργίας των AHUs ώστε να επιτρέπεται η τακτική τους συντήρηση.
- Καλύτερη οργάνωση της διάταξης του χώρου και για τα βοηθητικά δωμάτια.
- Εγκατάσταση συστημάτων καθαρισμού για κάθε χειρουργείο.

## B.2.5 ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 5

ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 5	
Γενικά	Ιδιωτικό νοσοκομείο με ένα κεντρικό κτίριο 17 ορόφων. Τα χειρουργεία βρίσκονται στον δεύτερο και πέμπτο όροφο του κτιρίου.
Έτος κατασκευής: 1974 Αριθμός χειρουργείων: 16 Αριθμός κλινών: 382 Αριθμός εργαζομένων: μη διαθέσιμος	Συνολική επιφάνεια: 30.000 m <sup>2</sup> . Ετήσιος αριθμός ασθενών: 22.000 Πληρότητα κλινών: 80% Αριθμός τεχνικών υπαλλήλων: 32
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας: Ηλεκτρισμός 316 kwh/ m <sup>2</sup> θερμική: 420 kwh/ m <sup>2</sup>	
Σύστημα θέρμανσης:	Κεντρικά HVAC συστήματα για ολόκληρο το νοσοκομείο και τα χειρουργεία, τα οποία τροφοδοτούνται από λέβητες πετρελαίου. Υπάρχουν επίσης και λέβητες ατμού που χρησιμοποιούνται για την παροχή ατμού και ζεστού νερού.
Σύστημα ψύξης:	Κεντρικά HVAC συστήματα για ολόκληρο το νοσοκομείο, μαζί με τις διαχειριζόμενες μονάδες αέρα για τα χειρουργεία.
Εξαερισμός:	Κεντρικά HVAC συστήματα συμπεριλαμβανομένης AHU για τα χειρουργεία και τους υπόλοιπους χώρους του νοσοκομείου. Οι περισσότεροι χώροι μπορούν επίσης και να εξαεριστούν με φυσικό τρόπο, μέσω παραθύρων.
Φωτισμός:	Λάμπες φθορίου και λάμπες ειδικής λειτουργίας
Σχόλια:	Ένα μεγάλο νοσοκομείο που εξυπηρετεί μεγάλο αριθμό ασθενών και προγραμματίζει έκτακτες επεμβάσεις κάθε είδους, σε καθημερινή βάση.

## B.2.5-A: Γενικές πληροφορίες χειρουργείων

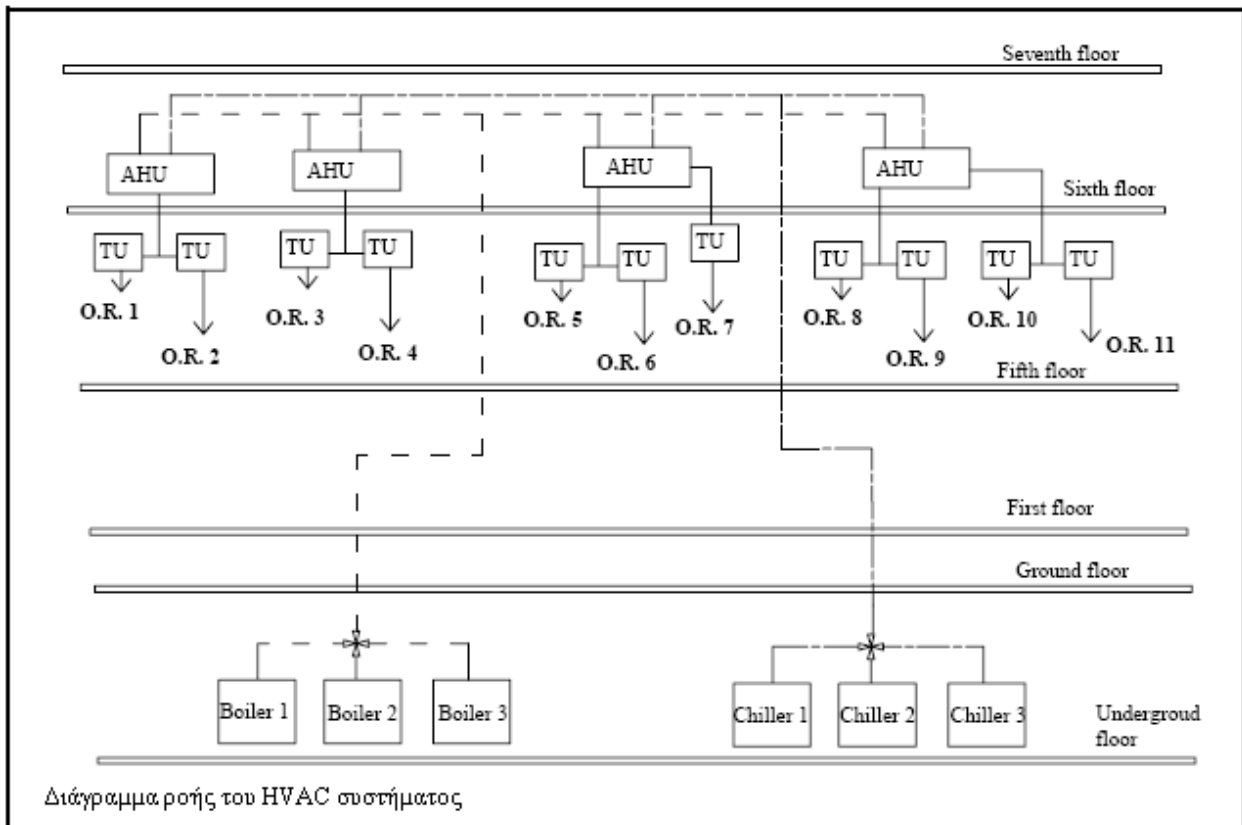
Παρακάτω φαίνονται πως διατάσσονται τα χειρουργεία.



Τοποθεσία: 5 χειρουργεία στο δεύτερο όροφο και 11 χειρουργεία στον πέμπτο όροφο του κτιρίου	Αριθμός χειρουργείων: 16
Αριθμός ιατρών: 500	Αριθμός υπολοίπου ιατρικού προσωπικού: 100
Ωράριο λειτουργίας: 8:00 – 16:00 Μερικές φορές έως τις τελευταίες απογευματινές ώρες	Εφημερία καθημερινή
Συνολική επιφάνεια χειρουργείων: 313 m <sup>2</sup>	Συνολικός όγκος χειρουργείων: 939 m <sup>3</sup>
Περιγραφή	Τα χειρουργεία (ORs) του πέμπτου ορόφου αριθμούνται από το 1 έως το 11 όπως φαίνεται και στη σχηματικά διάταξη. Οι άλλες περιοχές περιλαμβάνουν βοηθητικά δωμάτια για άλλες χειρουργικές ενέργειες, αποδυτήρια, δωμάτια ανάρρωσης κ.λ.π. Τα χειρουργεία 1 και 2 ανακατασκευάστηκαν μερικώς το 1992 και χρησιμοποιούνται για σπάνιες επεμβάσεις. Τα χειρουργεία 6,7 και 8 χρησιμοποιούνται για ειδικές επεμβάσεις και ανακατασκευάστηκαν μερικώς το 1992, ενώ τα υπόλοιπα χειρουργεία χρησιμοποιούνται για γενικές, καθημερινές επεμβάσεις. Στο δεύτερο όροφο του νοσοκομείου υπάρχουν περισσότερα από πέντε χειρουργεία για μικροεπεμβάσεις. Αυτά τα χειρουργεία κατασκευάστηκαν έως το 1991.
Σχόλια	Γενικά τα χειρουργεία βρίσκονται σε καλή κατάσταση, ανταποκρίνονται στους κανονισμούς και οι συνθήκες λειτουργίας είναι ικανοποιητικές.

### B.2.5-B: HVAC ΣΥΣΤΗΜΑ

Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα ροής του HVAC συστήματος κλιματισμού.





## ΜΟΝΑΔΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΕΡΑ-ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ

Οι μονάδες διαχείρισης αέρα (AHUs) είναι τοποθετημένες στον έκτο όροφο του κτιρίου πάνω από τα χειρουργεία, όπως υποδεικνύει και η προηγούμενη εικόνα. Ο χώρος για τις AHUs είναι ανοικτός από τη Βόρεια πλευρά του κτιρίου και κλειστός από τις άλλες κατευθύνσεις. Υπάρχει μία AHU για κάθε δύο από τα έντεκα χειρουργεία (πίνακας Β.2.5-1). Στο υπόγειο του κτιρίου υπάρχουν επιπλέον δύο AHUs οι οποίες εξυπηρετούν τα πέντε χειρουργεία του δευτέρου ορόφου.

Πίνακας Β.2.5-1: Τεχνικά χαρακτηριστικά των AHUs

OR	Χαρακτηριστικά της AHU	Παροχή εισόδου αέρα (m <sup>3</sup> /h)	Περιγραφή
1 2	Κοινή για 1,2	6.800	Η μονάδα δύο σταδίων είναι εγκατεστημένη στον έκτο όροφο του κτιρίου και εγκαταστάθηκε το 1974. Έχει φίλτρα τριών τύπων, τα Β <sub>2</sub> , C και S φίλτρα. Υπάρχουν επίσης στοιχεία θερμοαντιστατικά, ψυκτικά και μεταθερμοαντιστατικά. Ο υγραντήρας ψεκάζει με νερό μέσα στην AHU. Η παροχή αέρα γίνεται από την οροφή μέσω ενός διαχύτη κεκλιμένου. Ο εσωτερικός αέρας μέσω μονών ανοιγμάτων που είναι ενσωματωμένα στον τοίχο απέναντι από την παροχή εισόδου του αέρα.
3 4	Κοινή για 3,4	6.200	Παρόμοια AHU με αυτή που εξυπηρετεί τα χειρουργεία 1 και 2.
5 6 7	Κοινή για 5,6,7	10.200	Παρόμοια AHU με αυτή που εξυπηρετεί τα χειρουργεία 1 και 2.
8 9 10 11	Κοινή για 8 έως 11	9.000	Παρόμοια AHU με αυτή που εξυπηρετεί τα χειρουργεία 1 και 2.

## ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

- Οι AHUs δε διαθέτουν εξοικονομητή για ανάκτηση θερμότητας
- Οι υπολογιζόμενες κλίμακες εξαερισμού των AHUs υπερβαίνουν τις 30 ACH για κάθε χειρουργείο, σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων. Δεν υπάρχει ανακύκλωση του αέρα και τα συστήματα χρησιμοποιούν 100% φρέσκο αέρα. Η ροή του αέρα μέσα στο σύστημα είναι ρυθμιζόμενη και η πίεση ελέγχεται από μανόμετρα, ώστε να υπολογίζεται σωστά η πτώση της πίεσης μέσα στα φίλτρα.
- Τα χειρουργεία διαθέτουν εξοπλισμό καθαρισμού.
- Όλες οι μονάδες επεξεργασίας αέρα διαθέτουν γαλβανισμένους αεραγωγούς με τετραγωνική διατομή.

## ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Υπάρχουν τρεις λέβητες ατμού χαμηλής πίεσης που χρησιμοποιούνται για να τροφοδοτείται η AHU και τα μεταθερμαντικά στοιχεία και ολόκληρο το νοσοκομείο, πίνακας Β.2.5-2.

Πίνακας Β.2.5-2: Τεχνικά χαρακτηριστικά των λέβητων

Χειρουργεία	Τύπος λέβητα	Περιγραφή
1 έως 11	Λέβητας 1: 1.350.000 kcal/h Λέβητας 2: 1.350.000 kcal/h Λέβητας 3: 1.350.000 kcal/h	Βρίσκονται στο υπόγειο του κτιρίου σε απόσταση περίπου 30 μ. από τις AHU. Οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες. Αυτοί οι λέβητες τροφοδοτούν τις AHUs των χειρουργείων του δευτέρου ορόφου και το υπόλοιπο νοσοκομείο.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Το ζεστό νερό τροφοδοτείται από έναν ανεξάρτητο λέβητα των 750.000 kcal/h, προς τα βοηθητικά δωμάτια των χειρουργείων και χρησιμοποιείται από το προσωπικό για τον καθαρισμό των χεριών τους και την αποστείρωση των εργαλείων πριν τη χειρουργική επέμβαση.

## ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ

Τρία ψυγεία χρησιμοποιούνται για να τροφοδοτούν τις AHUs του νοσοκομείου, όπως φαίνεται στον πίνακα Β.2.5-3. Αυτά τα ψυγεία εξυπηρετούν επίσης και τα HVAC συστήματα ολόκληρου του νοσοκομείου.

Πίνακας Β.2.5-3: Τεχνικά χαρακτηριστικά των ψυγείων

χειρουργεία	Τύπος ψυγείου	Περιγραφή
1 έως 11	Ψυγείο 1: 8.520.000 Btu/h Ψυγείο 2: 3.660.000 Btu/h Ψυγείο 3: 3.660.000 Btu/h	Βρίσκονται στο υπόγειο του κτιρίου σε απόσταση περίπου 30 μ. από τις AHU. Οι σωλήνες διανομής του νερού είναι μονωμένες. Το ψυγείο 2 εγκαταστάθηκε το 1991, το ψυγείο 3 το 1994 και το ψυγείο 1 το 1998.

## ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

- Υπάρχουν ξεχωριστοί θερμοστάτες και συστήματα ελέγχου της λειτουργίας των HVAC συστημάτων (ON/OFF) για κάθε χειρουργείο. Τα μέλη του τεχνικού προσωπικού κάνουν τις αναγκαίες ρυθμίσεις. Όμως και το ιατρικό προσωπικό μπορεί να ελέγξει τις εσωτερικές συνθήκες και να ρυθμίσει την εσωτερική θερμοκρασία, όπως απαιτείται για έκτακτες και ειδικές επεμβάσεις.
- Οι AHUs δε λειτουργούν τη νύχτα, όταν τα χειρουργεία δεν έχουν προγραμματισμένες επεμβάσεις.
- Η συντήρηση των βασικών εξαρτημάτων κάθε HVAC συστήματος πραγματοποιείται περισσότερες από δύο φορές το χρόνο από το τεχνικό προσωπικό σε συνεργασία με εξωτερική τεχνική εταιρία. Οι σωλήνες αέρα καθαρίζονται δύο φορές το χρόνο.
- Τα φίλτρα εξαερισμού συντηρούνται ανάλογα με τους κανονισμούς. Τα φίλτρα πρώτου επιπέδου B<sub>2</sub> αντικαθίστανται κάθε δεκαπέντε ημέρες. Τα φίλτρα δεύτερου και τρίτου επιπέδου C και S αντικαθίστανται 3 φορές το χρόνο. Το προσωπικό και τα συνεργεία συντήρησης προβαίνουν σε ενέργειες συντήρησης των αναγκαίων επισκευών.

- Το μεταθερμαντικό στοιχείο στην τερματική μονάδα (TU) κάνει τις τελικές ρυθμίσεις για τη θερμοκρασία.

## ΣΧΟΛΙΑ

- Οι εσωτερικές θερμικές συνθήκες είναι ικανοποιητικές.
- Η εγκατάσταση των AHUs στα χειρουργεία ολοκληρώθηκε το 1974. Ενώ οι εγκαταστάσεις λειτουργούν σωστά και συντηρούνται κατάλληλα, η διεύθυνση του νοσοκομείου αποφάσισε να αντικαταστήσει τις εγκαταστάσεις με άμεσο στόχο τον εκσυγχρονισμό των χειρουργικών μονάδων.

B.2.5-Γ: ΦΩΤΙΣΜΟΣ

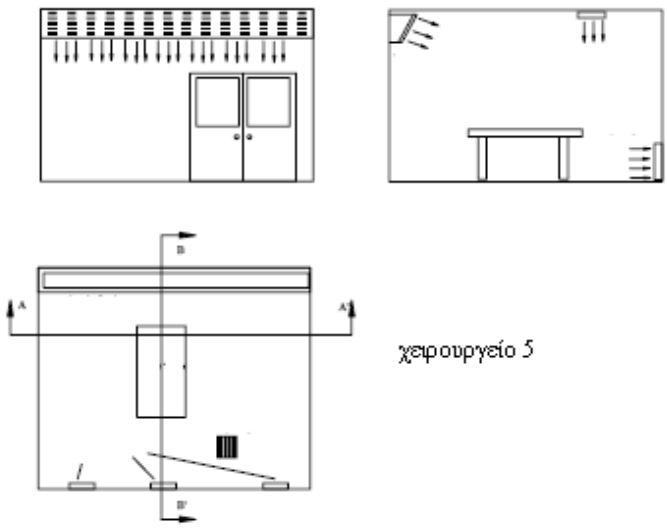
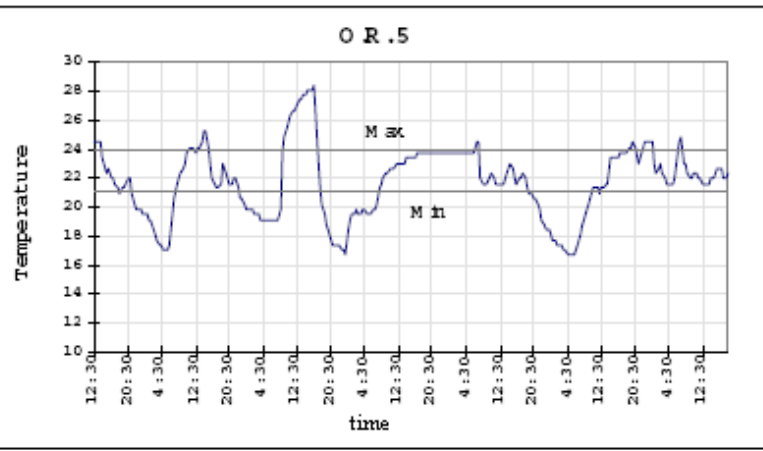
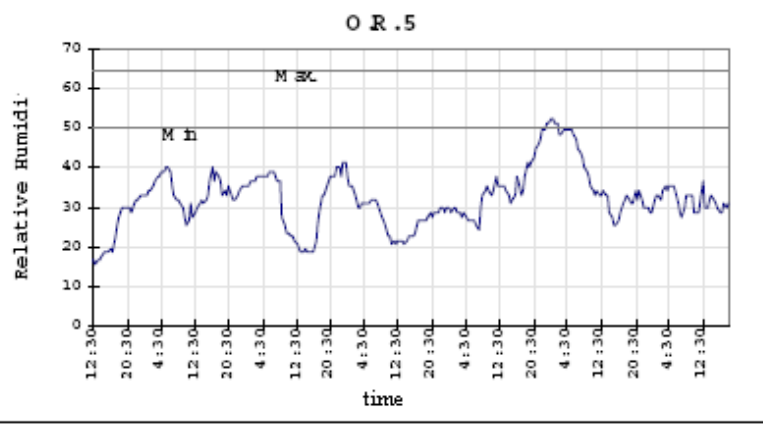
Όλοι οι χειρουργικοί χώροι διαθέτουν λάμπες φθορισμού για γενικό φωτισμό και τυπικές λάμπες χειρουργείων, όπως φαίνεται και στον πίνακα B.2.5-4. Τα χειρουργεία δεν έχουν παράθυρα τα οποία παρέχουν στο χώρο φυσικό φωτισμό.

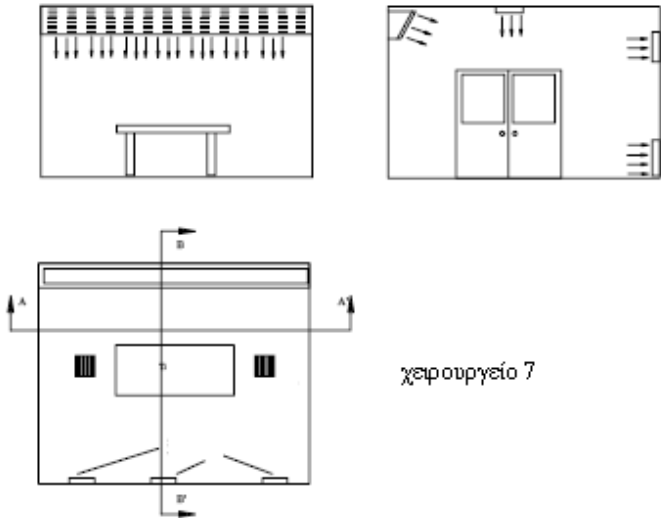
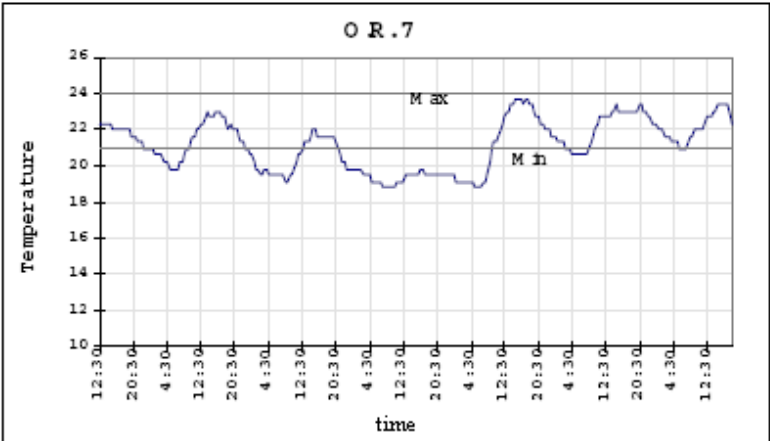
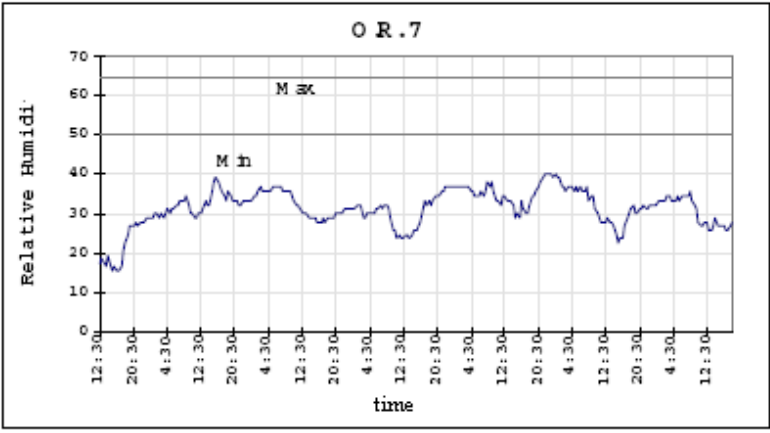
Πίνακας B.2.5-4: Τεχνητός φωτισμός και φυσικός φωτισμός.

Χειρουργεία	Συνολική ισχύς από γενικό φωτισμό(Watt)	Ισχύς τυπικών λαμπτήρων (Watt)	Φυσικός φωτισμός
1	1584	800	όχι
2	1584	800	-/-
3	1728	590	-/-
4	1872	510	-/-
5	1872	510	-/-
6	1872	510	-/-
7	1728	800	-/-
8	1728	350	-/-
9	1440	160	-/-
10	432	160	-/-
11	432	510	-/-

**B.2.5-Δ: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ**

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα χειρουργεία 5 και 7 και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες.

ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 5	
<p>Γενικές πληροφορίες:                      Η χρονική διάρκεια των μετρήσεων ήταν 7 ημέρες.                      Το χειρουργείο διαθέτει διαχύτη με κεκλιμένη παροχή για την εισαγωγή του αέρα και τρεις παροχές εξόδου τετραγωνικής διατομής.                      Το χειρουργείο λειτουργεί καθημερινά από τις 8:00 έως τις 16:00 και συνθήκες λειτουργίας του χειρουργείου ρυθμίζονται από το προσωπικό της τεχνικής υπηρεσίας μέσω χειριστηρίου.</p>	 <p>χειρουργείο 5</p>
<p>Θερμοκρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>T_{avg}=21,7</math> , <math>T_{max}=28,4</math>                      και <math>T_{min}=16,7</math> βαθμοί κελσίου.                      Κατά το 54% της χρονικής διάρκειας των μετρήσεων η θερμοκρασία κυμαινόταν μεταξύ των ενδεικνυμένων τιμών.</p>	
<p>Σχετική υγρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>RH_{avg}=32,16\%</math> , <math>RH_{max}=52,5\%</math>                      και <math>RH_{min}=15,6\%</math>                      Η σχετική υγρασία ήταν χαμηλότερη από τα ενδεικνυμένα επίπεδα σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων.</p>	
<p>Εναλλαγές αέρα ανά ώρα: Τα επίπεδα εναλλαγών αέρα ήταν αρκετά υψηλότερα από τις 20 ACH που επιβάλλουν οι κανονισμοί.</p>	<p>Παρεχόμενος αέρας: 36 ACH                      Εξαρχόμενος αέρας: 2,16 ACH</p>
<p>Σχόλια: Το χειρουργείο διατηρείται σε θετική πίεση.</p>	

ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 7	
<p>Γενικές πληροφορίες:                      Η χρονική διάρκεια των μετρήσεων ήταν 7 ημέρες.                      Το χειρουργείο διαθέτει διαχύτη με κεντραμμένη παροχή για την εισαγωγή του αέρα, δύο παροχές εισόδου και έξι παροχές εξόδου.                      Το χειρουργείο λειτουργεί καθημερινά από τις 8:00 έως τις 16:00 και οι συνθήκες λειτουργίας του χειρουργείου ρυθμίζονται από το προσωπικό της τεχνικής υπηρεσίας μέσω χειριστηρίου.</p>	 <p>χειρουργείο 7</p>
<p>Θερμοκρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>T_{avg}=21,14</math>, <math>T_{max}=23,7</math> και <math>T_{min}=18,8</math> βαθμοί κελσίου.                      Κατά το 54% της χρονικής διάρκειας των μετρήσεων η θερμοκρασία κυμαινόταν μεταξύ των ενδεικνύμενων τιμών.</p>	
<p>Σχετική υγρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>RH_{avg}=31,5\%</math>, <math>RH_{max}=40,3\%</math> και <math>RH_{min}=15,7\%</math>                      Η σχετική υγρασία ήταν συνεχώς χαμηλότερη από τις ενδεικνύμενες τιμές.</p>	
<p>Εναλλαγές αέρα ανά ώρα: Τα επίπεδα εναλλαγών αέρα ήταν πολύ υψηλότερα από τις 20 ACH που επιβάλλουν οι κανονισμοί.</p>	<p>Παρεχόμενος αέρας: 37 ACH                      Εξερχόμενος αέρας: 1 ACH                      Η ταχύτητα του αέρα είναι πολύ χαμηλή κοντά στο χειρουργικό τραπέζι, όπως ορίζουν οι κανονισμοί.</p>

**B.2.5-E: ΑΝΑΛΥΣΗ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ**

Τα χειρουργεία έχουν κάποια προβλήματα αλλά γενικά οι εγκαταστάσεις είναι σε καλή κατάσταση και οι εσωτερικές συνθήκες που επικρατούν είναι αποδεκτές. Κάποια από τα προβλήματα είναι:

- Η εσωτερική θερμοκρασία είναι κοντά στα επιθυμητά επίπεδα, αλλά η σχετική υγρασία είναι πάντα χαμηλότερη από τις ενδεικνύμενες τιμές.
- Τα επίπεδα εξαερισμού είναι αρκετά υψηλότερα από τις ενδεικνύμενες τιμές.
- Οι AHUs δεν λειτουργούν τη νύχτα, όταν τα χειρουργεία είναι εκτός λειτουργίας.
- Οι παροχές εξόδου του αέρα είναι πάρα πολύ μικρές και δεν παρέχεται η αναγκαία ποσότητα αέρα. Ακόμα τα εσωτερικά ανοίγματα είναι σκουριασμένα και κάποια δε λειτουργούν
- Οι σωλήνες των μονάδων διαχείρισης αέρα είναι πεπαλαιωμένες και δεν είναι εύκολα προσβάσιμες για το σωστό και συχνό καθαρισμό τους.
- Οι παροχές εισόδου του φρέσκου αέρα είναι πολύ κοντά τοποθετημένες με τις παροχές εξόδου του σηπτικού αέρα και σε περιοχή με φτωχό εξαερισμό, με αποτέλεσμα ο εξερχόμενος αέρας να μπορεί να εισχωρήσει στις παροχές εισόδου.
- Τα ξεχωριστά συστήματα ελέγχου για τις εσωτερικές συνθήκες δε λειτουργούν επαρκώς.
- Οι μονάδες διαχείρισης αέρα δε διαθέτουν εφεδρικό σύστημα.
- Μία από τις AHUs εξυπηρετεί δύο χειρουργεία και τα βοηθητικά δωμάτια, το οποίο δε συνίσταται και αντιβαίνει στους κανονισμούς.
- Τα επίπεδα του θορύβου είναι πολύ υψηλά και προέρχονται από τους εργαζόμενους, καθώς τα δωμάτια ξεκούρασης βρίσκονται πολύ κοντά στα χειρουργεία.

Γενικά οι συνθήκες λειτουργίας και οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις είναι σύμφωνες με τους κανονισμούς. Ωστόσο για να βελτιωθούν οι ανεπαρκείς αυτές συνθήκες στα χειρουργεία, που μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα υγείας για το προσωπικό και για τους ασθενείς, πρέπει να ληφθούν υπόψιν οι ακόλουθες προτάσεις:

**ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

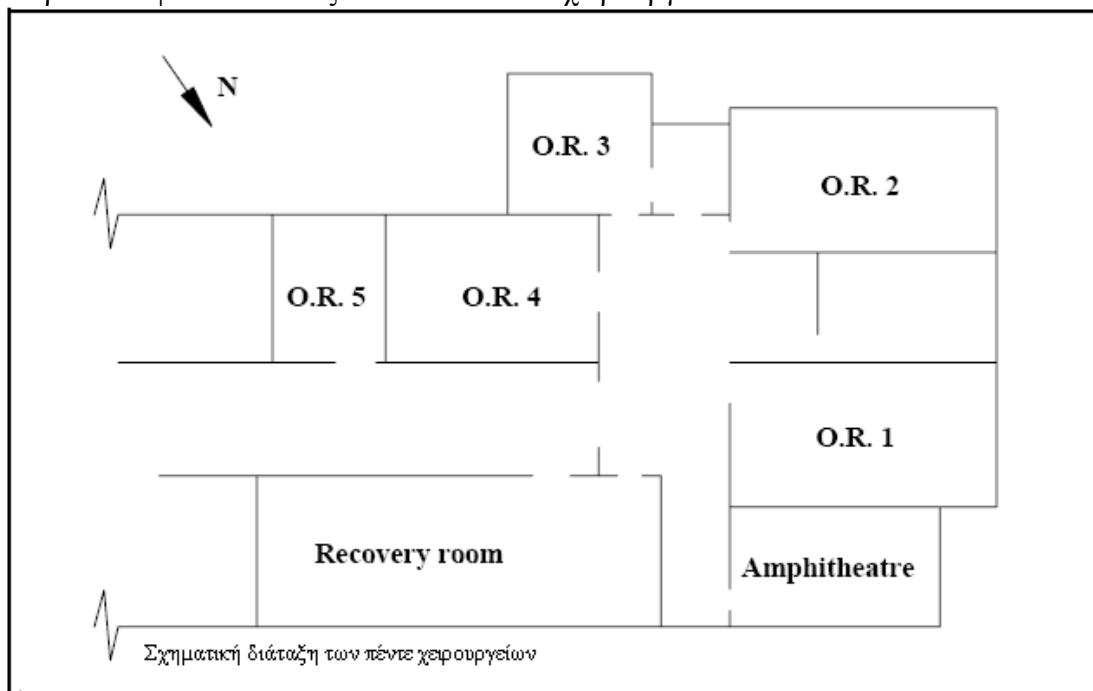
- Αντικατάσταση των υπαρχόντων μονάδων με μία AHU για κάθε χειρουργείο.
- Αντικατάσταση των σκουριασμένων παροχών εξόδου αέρα με καινούριες.
- Αντικατάσταση των πεπαλαιωμένων σωληνώσεων της AHU και επανατοποθέτησή τους ώστε να είναι προσβάσιμες.
- Εγκατάσταση εφεδρικής AHU για κάθε χειρουργείο, σύμφωνα με τους κανονισμούς.
- Λειτουργία των AHUs ακόμα και τις ώρες που δε χρησιμοποιούνται τα χειρουργεία, όπως τις βραδινές ώρες.
- Επανατοποθέτηση των παροχών εισόδου-εξόδου του αέρα.
- Εγκατάσταση ανεξάρτητων συστημάτων ελέγχου για κάθε χειρουργείο, ώστε οι ρυθμίσεις των εσωτερικών παραμέτρων, να γίνονται από το προσωπικό του χειρουργείου σύμφωνα πάντα με τις αναγκαίες συνθήκες λειτουργίας που απαιτεί το κάθε στάδιο της χειρουργικής επέμβασης.
- Εγκατάσταση ενός εξοικονομητή στις AHU για ανάκτηση θερμότητας και εξοικονόμηση ενέργειας.
- Εγκατάσταση ενός αναστροφέα για χαμηλή ταχύτητα παροχής αέρα, ώστε να εξοικονομείται ενέργεια κατά τη διάρκεια της νύχτας.
- Οργάνωση και επάνδρωση του τεχνικού τμήματος που επιμελείται τη λειτουργία και τη συντήρηση των χειρουργικών εγκαταστάσεων.
- Οργάνωση και εφαρμογή ενός τακτικού προγράμματος συντήρησης και καθαρισμού.
- Εναλλαγή της λειτουργίας των AHUs ώστε να επιτρέπεται η τακτική τους συντήρηση.
- Βελτίωση της λειτουργίας και της αποδοτικότητας του εξοπλισμού καθαρισμού.

**B.2.6 ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 6**

<b>ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 6</b>	
Γενικά	Δημόσιο νοσοκομείο που αποτελείται από πολλά διασκορπισμένα κτίρια σε μεγάλη έκταση. Τα χειρουργεία βρίσκονται όλα στον πρώτο όροφο ενός από αυτά τα κτίρια.
Έτος κατασκευής: 1967 Αριθμός χειρουργείων: 5 Αριθμός κλινών: 800 Αριθμός εργαζομένων: 2.050	Συνολική επιφάνεια: 44.330 m <sup>2</sup> . Ετήσιος αριθμός ασθενών: μη διαθέσιμος Πληρότητα κλινών: 70% Αριθμός τεχνικών υπαλλήλων: 150
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας: Ηλεκτρισμός 28 kwh/ m <sup>2</sup> θερμική: 272 kwh/ m <sup>2</sup>	
Σύστημα θέρμανσης:	Κεντρικό σύστημα για όλα τα κτίρια του νοσοκομείου, που τροφοδοτείται από λέβητες πετρελαίου. Το ίδιο κεντρικό σύστημα θέρμανσης εξυπηρετεί όλα τα χειρουργεία. Υπάρχει και κεντρικό σύστημα HVAC που εξυπηρετεί τα χειρουργεία, κυρίως για εξαερισμό το χειμώνα. Επίσης υπάρχουν λέβητες ατμού χαμηλής πίεσης για ζεστό νερό και παραγωγή ατμού.
Σύστημα ψύξης:	Κεντρικά HVAC συστήματα για τα χειρουργεία, μαζί με τις διαχειριζόμενες μονάδες αέρα για τα χειρουργεία. Υπάρχουν επίσης αρκετά κλιματιστικά σώματα που εξυπηρετούν ορισμένα γραφεία και εργαστήρια.
Εξαερισμός:	Κεντρικά HVAC συστήματα συμπεριλαμβανομένης AHU για τα χειρουργεία. Οι υπόλοιποι χώροι του νοσοκομείου αερίζονται με φυσικό τρόπο.
Φωτισμός:	Λάμπες φθορίου και λάμπες ειδικής λειτουργίας.
Σχόλια:	Ένα μεγάλο νοσοκομείο που εξυπηρετεί μεγάλο αριθμό ασθενών για προγραμματισμένες και έκτακτες επεμβάσεις. Τα προβλήματα αφορούν στις φτωχές εσωτερικές συνθήκες το καλοκαίρι και στην ανεπαρκή λειτουργία του HVAC συστήματος.

**B.2.6-A: Γενικές πληροφορίες χειρουργείων**

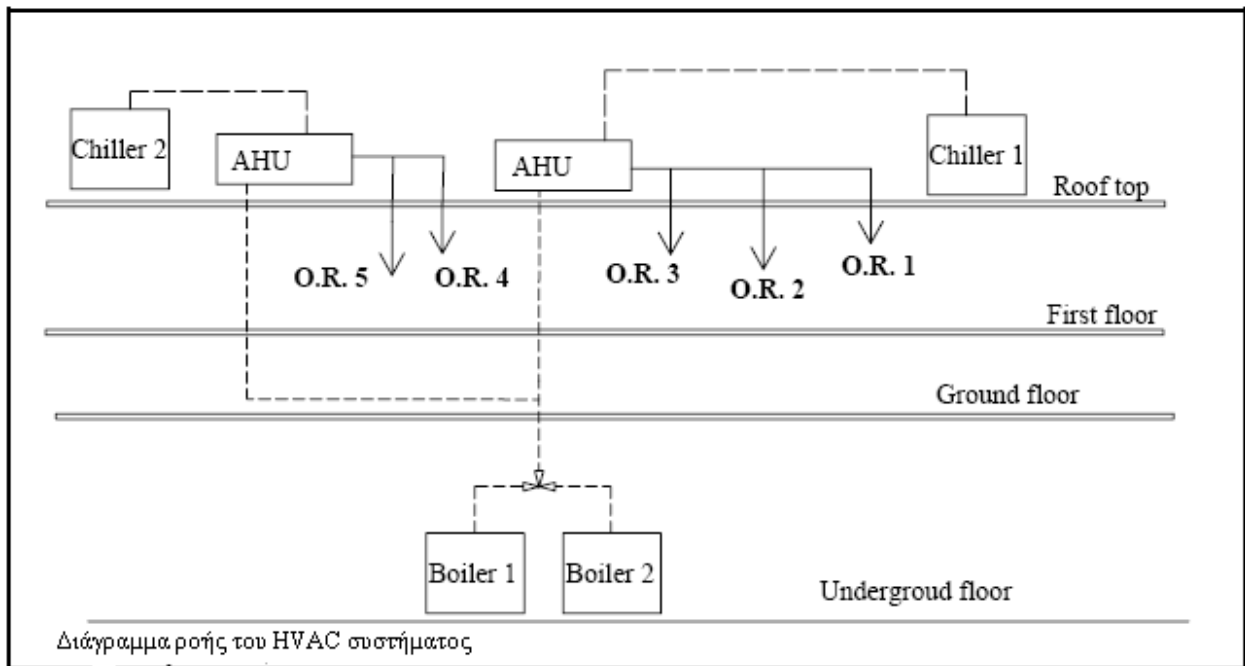
Παρακάτω φαίνονται πως διατάσσονται τα χειρουργεία.



Τοποθεσία: πρώτος όροφος ενός κτιρίου	Αριθμός χειρουργείων: 5
Αριθμός ιατρών: 44	Αριθμός υπολοίπου ιατρικού προσωπικού: 36
Ωράριο λειτουργίας: 8:00 – 16:00 Μερικές φορές έως τις τελευταίες απογευματινές ώρες	Εφημερία κάθε τέσσερις ημέρες
Συνολική επιφάνεια χειρουργείων: 143 m <sup>2</sup>	Συνολικός όγκος χειρουργείων: 500 m <sup>3</sup>
Περιγραφή	Τα χειρουργεία (ORs) αριθμούνται από το 1 έως το 5 όπως φαίνεται και στη σχηματικά διάταξη. Οι άλλες περιοχές περιλαμβάνουν βοηθητικά δωμάτια για άλλες χειρουργικές ενέργειες, αποδυτήρια, δωμάτια ανάρρωσης κ.λ.π. Τα χειρουργεία 1 και 2 κατασκευάστηκαν το 1967, το χειρουργείο 3 το 1981 και τα χειρουργεία 4 και 5 το 1992. Το χειρουργείο πέντε χρησιμοποιείται για απλούστερες επεμβάσεις.
Σχόλια	Τα χειρουργεία βρίσκονται σε ένα κτίριο μακριά από τα υπόλοιπα κτίρια του νοσοκομείου, με αποτέλεσμα οι ασθενείς να πρέπει να μεταφέρονται σε άλλα κτίρια μετά το χειρουργείο, γεγονός που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στους ασθενείς.

### B.2.6-B: HVAC ΣΥΣΤΗΜΑ

Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα ροής του HVAC συστήματος κλιματισμού.



### ΜΟΝΑΔΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΕΡΑ-ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ

Οι μονάδες διαχείρισης αέρα (AHUs) είναι τοποθετημένες στην οροφή της χειρουργικής πτέρυγας, όπως υποδεικνύει και η προηγούμενη εικόνα. Υπάρχουν δύο AHUs που εξυπηρετούν τα πέντε χειρουργεία. (πίνακας B.2.6-1).



Πίνακας Β.2.6-1: Τεχνικά χαρακτηριστικά των AHUs

OR	Χαρακτηριστικά της AHU	Παροχή εισόδου/εξόδου αέρα (m <sup>3</sup> /h)	Περιγραφή
1	Κοινή για 1,2,3	2.700/1.720	Η μονάδα βρίσκεται στην οροφή πάνω από τα χειρουργεία. Εγκαταστάθηκε το 1.995. περιλαμβάνει φίλτρα τριών τύπων, τα B <sub>2</sub> , C και S φίλτρα. Υπάρχουν επίσης στοιχεία θερμαντικά, ψυκτικά και μεταθερμαντικά. Δεν υπάρχει καθόλου υγραντήρας. Η παροχή εισόδου του αέρα για αυτά τα τρία χειρουργεία γίνεται από την οροφή μέσω ενός τεχνητού διαχύτη ενώ, ο αέρας εξέρχεται μέσω ενός ανοίγματος ενσωματωμένο στον τοίχο.
2		2.700/1.720	
3		1.940/1.720	
4	Κοινή για 4,5	2.600/2.400	Η μονάδα βρίσκεται στην οροφή πάνω από τα χειρουργεία. Εγκαταστάθηκε το 1.992. περιλαμβάνει φίλτρα τριών τύπων, τα B <sub>2</sub> , C και S φίλτρα. Υπάρχουν επίσης στοιχεία θερμαντικά, ψυκτικά και μεταθερμαντικά και υγραντήρας. Ακόμα περιλαμβάνει και εξοικονομητή για ανάκτηση θερμότητας. Η παροχή εισόδου του αέρα για αυτά τα δύο χειρουργεία γίνεται από την οροφή μέσω τριών ανοιγμάτων ενσωματωμένων στον τοίχο, ενώ ο αέρας εξέρχεται μέσω τεσσάρων ανοιγμάτων ενσωματωμένων στον τοίχο.
5		1.400/1.200	

## ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

- Η AHU για τα χειρουργεία 1,2 και 3 αντικαταστάθηκαν πρόσφατα, αλλά οι σωλήνες αέρα παραμένουν οι ίδιες από το 1970. Όλες οι σωλήνες της AHU είναι γαλβανισμένες με τετραγωνική διατομή.
- Οι υπολογιζόμενες κλίμακες εξαερισμού των AHUs υπερβαίνουν τις 21 με 26 ACH για κάθε χειρουργείο, σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων. Δεν υπάρχει ανακύκλωση του αέρα και τα συστήματα χρησιμοποιούν 100% φρέσκο αέρα. Η ροή του αέρα μέσα στο σύστημα είναι ρυθμιζόμενη και η πίεση ελέγχεται από μανόμετρα, ώστε να υπολογίζεται σωστά η πτώση της πίεσης μέσα στα φίλτρα.
- Οι παροχές εισόδου και εξόδου αέρα είναι έκθετα στο περιβάλλον. Για την πρώτη μονάδα το άνοιγμα για την παροχή εισόδου του αέρα βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με την AHU, ενώ τα ανοίγματα για την παροχή εξόδου του αέρα βρίσκονται σε υψηλότερο επίπεδο, περίπου 4 μ. υψηλότερα. Για τη δεύτερη μονάδα τα ανοίγματα βρίσκονται δίπλα το ένα στο άλλο, στο ίδιο επίπεδο με την AHU.

## ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Υπάρχουν δύο λέβητες πετρελαίου για να τροφοδοτούνται οι σπείρες θέρμανσης και επαναθέρμανσης των AHUs, πίνακας Β.2.6-2.

Πίνακας Β.2.6-2: Τεχνικά χαρακτηριστικά των λέβητων

Χειρουργεία	Τύπος λέβητα	Περιγραφή
1 έως 5	Λέβητας 1: 800.000 kcal/h Λέβητας 2: 400.000 kcal/h	Βρίσκονται στο υπόγειο του κτιρίου σε απόσταση περίπου 30 μ. από τις AHU. Οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες. Αυτοί οι λέβητες τροφοδοτούν τις AHUs των χειρουργείων και τα θερμαντικά σώματα που υπάρχουν στα χειρουργεία.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Το ζεστό νερό τροφοδοτείται από τους λέβητες προς τα βοηθητικά δωμάτια των χειρουργείων και χρησιμοποιείται από το προσωπικό για τον καθαρισμό των χεριών τους και την αποστείρωση των εργαλείων πριν τη χειρουργική επέμβαση.

#### ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ

Δύο ψυγεία χρησιμοποιούνται για να τροφοδοτούν τις AHUs του νοσοκομείου, όπως φαίνεται στον πίνακα Β.2.6-3.

Πίνακας Β.2.6-3: Τεχνικά χαρακτηριστικά των ψυγείων

χειρουργεία	Τύπος ψυγείου	Περιγραφή
1 2 3	Ψυγείο 1: 460.000 Btu/h	Βρίσκεται σε εξωτερικό χώρο στην οροφή του κτιρίου σε απόσταση περίπου 5 μ. μακριά από την AHU. Οι σωλήνες διανομής του νερού είναι μονωμένες.
4 5	Ψυγείο 2: 180.000 Btu/h	Βρίσκεται σε εξωτερικό χώρο στην οροφή του κτιρίου σε απόσταση περίπου 5 μ. μακριά από την AHU. Οι σωλήνες διανομής του νερού είναι μονωμένες.

#### ΑΛΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Υπάρχει ένα κεντρικό σύστημα θέρμανσης, το οποίο τροφοδοτείται από τους λέβητες. Κάθε χειρουργείο διαθέτει δύο θερμαντικά σώματα για λόγους θέρμανσης το χειμώνα.

#### ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

- Δεν υπάρχουν ξεχωριστοί θερμοστάτες και συστήματα ελέγχου της λειτουργίας των HVAC συστημάτων (ON/OFF) για κάθε χειρουργείο. Η λειτουργία του HVAC συστήματος ρυθμίζεται από το προσωπικό. Τυχόν προσαρμογές στις εσωτερικές συνθήκες ρυθμίζονται αποκλειστικά από το τεχνικό προσωπικό της τεχνικής υπηρεσίας του νοσοκομείου.
- Οι AHUs δε λειτουργούν τη νύχτα, όταν τα χειρουργεία δεν έχουν προγραμματισμένες επεμβάσεις.
- Η συντήρηση των βασικών εξαρτημάτων κάθε HVAC συστήματος πραγματοποιείται περισσότερες από δύο φορές το χρόνο από το τεχνικό προσωπικό σε συνεργασία με εξωτερική τεχνική εταιρία. Οι σωλήνες αέρα καθαρίζονται δύο φορές το χρόνο.
- Τα φίλτρα εξαερισμού συντηρούνται ανάλογα με τους κανονισμούς. Τα φίλτρα πρώτου επιπέδου B<sub>2</sub> και δεύτερου επιπέδου C, αντικαθίστανται μία φορά το χρόνο. Τα φίλτρα S αντικαθίστανται όταν η πτώση πίεσης υπερβεί το ανώτατο όριο.

- Η συντήρηση των βασικών εξαρτημάτων της AHU πραγματοποιείται μία φορά το χρόνο και οι αναγκαίες επισκευές πραγματοποιούνται από το προσωπικό της τεχνικής εξυπηρέτησης.

#### ΣΧΟΛΙΑ

- Η χρήση θερμαντικών σωμάτων αντιτίθεται στους κανονισμούς, καθώς η επιφάνεια των θερμαντικών σωμάτων μπορεί να προκαλέσει εστία μικροβίων.
- Το HVAC σύστημα δε λειτουργεί σωστά. Ενώ οι AHUs είναι καινούριες, οι σωλήνες αέρα των χειρουργείων 1,2 και 3 είναι παλαιές και δε συμβαδίζουν με τους κανονισμούς. Το HVAC σύστημα χρησιμοποιείται κυρίως για ψύξη. Για αυτό το λόγο, κατά τους χειμερινούς μήνες χρησιμοποιούνται θερμαντικά σώματα για να καλυφθούν οι ανάγκες. Αφού οι μονάδες διαχείρισης αέρα δε λειτουργούν το χειμώνα, υπάρχουν πολλά προβλήματα εξαερισμού. Αυτό συνεπάγεται ότι τα αναισθητικά αέρια, η σκόνη και τα μικρόβια δεν αποβάλλονται από τα χειρουργεία, γεγονός που εγκυμονεί πολλούς κινδύνους για το προσωπικό και τους ασθενείς.
- Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες παρατηρείται υψηλή εσωτερική θερμοκρασία σε συνδυασμό με αποπνικτική ατμόσφαιρα.

#### B.2.6-Γ: ΦΩΤΙΣΜΟΣ

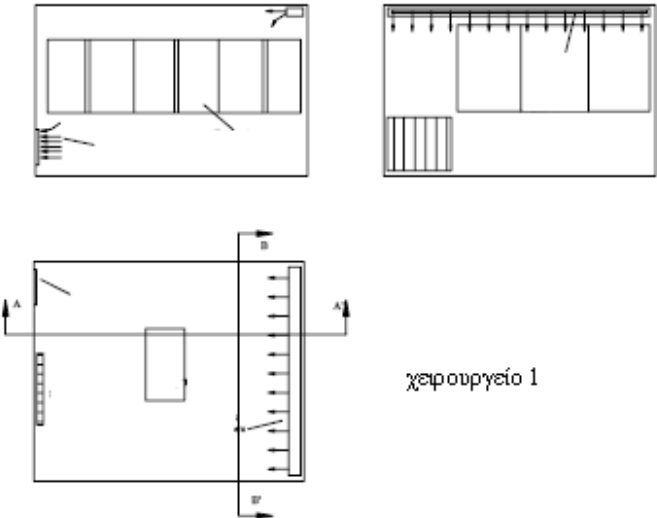
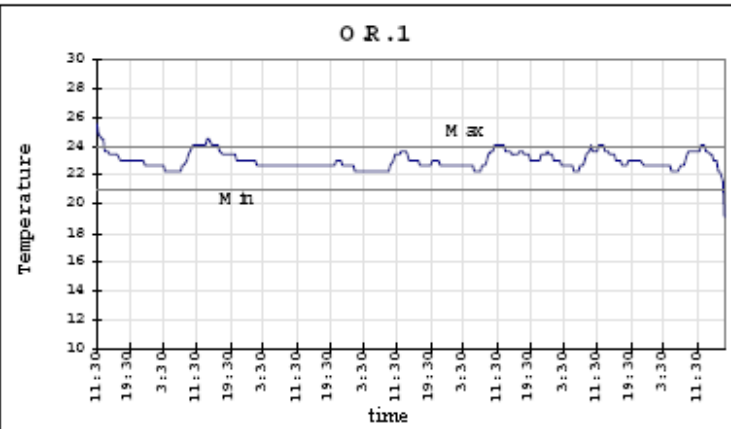
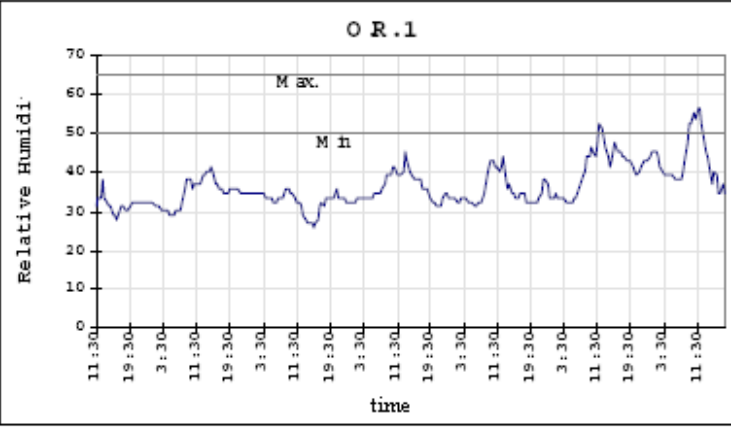
Όλοι οι χειρουργικοί χώροι διαθέτουν λάμπες φθορισμού για γενικό φωτισμό και τυπικές λάμπες χειρουργείων, όπως φαίνεται και στον πίνακα B.2.5-4. Τα χειρουργεία έχουν παράθυρα τα οποία παρέχουν στο χώρο φυσικό φωτισμό.

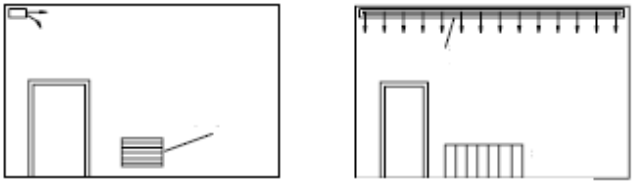
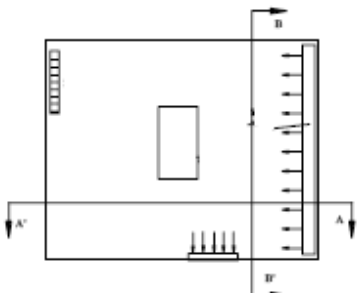
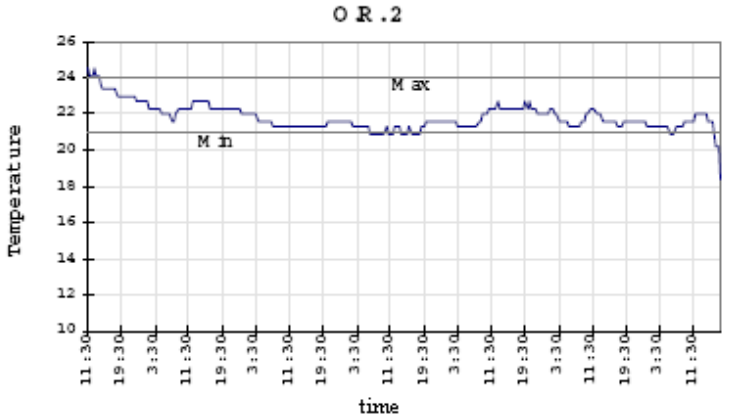
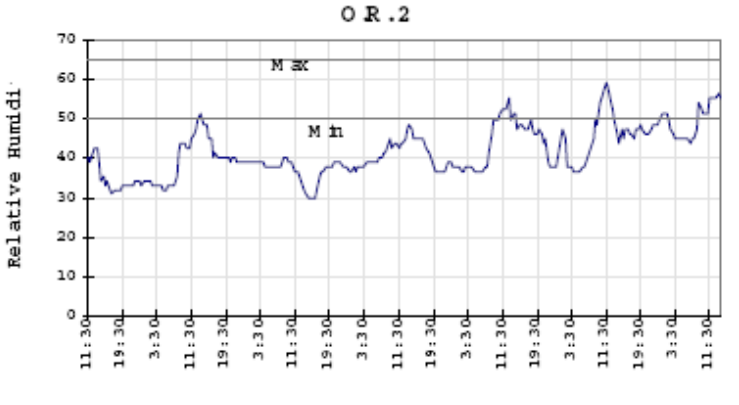
#### Πίνακας B.2.2-4: Τεχνητός φωτισμός και φυσικός φωτισμός.

Χειρουργεία	Συνολική ισχύς από γενικό φωτισμό(Watt)	Ισχύς τυπικών λαμπτήρων (Watt)	Φυσικός φωτισμός
1	432	470	ναι
2	432	470	-/-
3	144	470	-/-
4	288	470	-/-
5	288	470	-/-

**B.2.6-Δ: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ**

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα χειρουργεία 1 και 2 και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες.

ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 1	
<p>Γενικές πληροφορίες:                      Η χρονική διάρκεια των μετρήσεων ήταν 7 ημέρες.                      Το χειρουργείο διαθέτει ένα τεχνητό διαχύτη για την είσοδο του αέρα και μια παροχή εξόδου αέρα.                      Το χειρουργείο λειτουργεί καθημερινά από τις 8:00 έως τις 16:00.                      Οι συνθήκες λειτουργίας δεν μπορούν να ρυθμιστούν μέσα από το χειρουργείο, καθώς υπάρχει μόνο ένας ON/OFF διακόπτης, ο οποίος χρησιμοποιείται από το προσωπικό.                      Το προσωπικό του τεχνικού τμήματος ρυθμίζει τις συνθήκες λειτουργίας κάθε εποχή.</p>	 <p>χειρουργείο 1</p>
<p>Θερμοκρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>T_{avg}=23,0</math>, <math>T_{max}=25,5</math> και <math>T_{min}=19,1</math> βαθμοί κελσίου.                      Κατά το 90% της χρονικής διάρκειας των μετρήσεων η θερμοκρασία κυμαινόταν μεταξύ των ενδεικνυμένων τιμών.</p>	
<p>Σχετική υγρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>RH_{avg}=36,4\%</math>, <math>RH_{max}=56,4\%</math> και <math>RH_{min}=25,9\%</math>                      Η σχετική υγρασία ήταν χαμηλότερη από τις ενδεικνυμένες τιμές σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων.</p>	
<p>Εναλλαγές αέρα ανά ώρα: Τα επίπεδα εναλλαγών αέρα ήταν χαμηλότερα από τις 20 ACH</p>	<p>Παρεχόμενος αέρας: 10,3 ACH                      Εξαρχόμενος αέρας: σχεδόν 0 ACH</p>
<p>Σχόλια: Τα επίπεδα εξαερισμού κατά τη διάρκεια του χειμώνα είναι μηδενικά.</p>	

ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 2	
<p>Γενικές πληροφορίες:            Η χρονική διάρκεια των μετρήσεων ήταν 7 ημέρες.            Το χειρουργείο διαθέτει έναν τεχνητό διαχύτη για την είσοδο του αέρα και μια παροχή εξόδου του αέρα.            Το χειρουργείο λειτουργεί καθημερινά από τις 8:00 έως τις 16:00.            Οι συνθήκες λειτουργίας δεν μπορούν να ρυθμιστούν μέσα από το χειρουργείο, καθώς υπάρχει μόνο ένας ON/OFF διακόπτης ο οποίος χρησιμοποιείται από το προσωπικό. Το προσωπικό του τεχνικού τμήματος ρυθμίζει τις συνθήκες λειτουργίας κάθε εποχή.</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">  </div> <div style="text-align: center;">  <p style="text-align: right;">χειρουργείο 2</p> </div>
<p>Θερμοκρασία:            Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>T_{avg}=21,8</math> <math>T_{max}=24,5</math> και <math>T_{min}=18,4</math> βαθμοί Κελσίου.            Κατά το 90% των μετρήσεων η θερμοκρασία κυμαινόταν μεταξύ των ενδεικνυμένων τιμών.</p>	<div style="text-align: center;">  </div>
<p>Σχετική υγρασία:            Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>RH_{avg}=41,6\%</math> <math>RH_{max}=59,2\%</math> και <math>RH_{min}=29,8\%</math>            Η σχετική υγρασία ήταν χαμηλότερη από τις ενδεικνυόμενες τιμές σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων.</p>	<div style="text-align: center;">  </div>
<p>Εναλλαγές αέρα ανά ώρα: Τα επίπεδα εναλλαγών αέρα ήταν χαμηλότερα από τις 20 ACH που επιβάλλουν οι κανονισμοί.</p>	<p>Παρεχόμενος αέρας: 5,2 ACH            Εξερχόμενος αέρας: 2 ACH            Ρεύματα αέρα χαμηλής ταχύτητας μετρήθηκαν κοντά στο χειρουργικό τραπέζι.</p>
<p>Σχόλια: Η κλίμακα εξαερισμού αφορά την καλοκαιρινή περίοδο όταν και το σύστημα είναι σε λειτουργία.</p>	

B.2.6-E: ΑΝΑΛΥΣΗ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ

Τα χειρουργεία έχουν κάποια προβλήματα λόγω του φτωχού εξαερισμού των εσωτερικών χώρων, του φωτισμού και γενικά με τη συνολική απόδοση του HVAC συστήματος. Τα κυριότερα προβλήματα περιλαμβάνουν:

- Η εσωτερική θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή το καλοκαίρι και χαμηλή το χειμώνα.
- Τα επίπεδα εξαερισμού το χειμώνα είναι μηδενικά και το περιβάλλον αποπνικτικό. Το σύστημα εξαερισμού λειτουργεί συνήθως το καλοκαίρι. Αλλά και τότε παρατηρούνται συχνές βλάβες.
- Οι AHUs δεν λειτουργούν τη νύχτα, όταν τα χειρουργεία είναι εκτός λειτουργίας.
- Υπάρχει μόνο μία παροχή εξόδου του αέρα, η οποία είναι ενσωματωμένη στον τοίχο, και δεν μπορεί να αποβάλλει τις απαραίτητες ποσότητες εσωτερικού αέρα.
- Οι σωλήνες των μονάδων διαχείρισης αέρα είναι πεπαλαιωμένες και δεν είναι εύκολα προσβάσιμες για το σωστό και συχνό καθαρισμό τους.
- Για τη δεύτερη AHU οι παροχές εισόδου του φρέσκου αέρα είναι πολύ κοντά τοποθετημένες με τις παροχές εξόδου του σηπτικού αέρα και σε περιοχή με φτωχό εξαερισμό, με αποτέλεσμα ο εξερχόμενος αέρας να μπορεί να εισχωρήσει στις παροχές εισόδου.
- Δεν υπάρχουν τοπικά συστήματα ελέγχου και οι εσωτερικές συνθήκες δε ρυθμίζονται από το προσωπικό.
- Οι μονάδες διαχείρισης αέρα δε διαθέτουν εφεδρικό σύστημα.
- Μία από τις AHUs εξυπηρετεί δύο και η άλλη μονάδα τρία χειρουργεία, το οποίο δε συνίσταται και αντιβαίνει στους κανονισμούς.
- Τα επίπεδα του θορύβου είναι πολύ υψηλά και προέρχονται από τους εργαζόμενους, καθώς τα δωμάτια ξεκούρασης βρίσκονται πολύ κοντά στα χειρουργεία.
- Τα χειρουργεία είναι εξοπλισμένα με θερμαντικά σώματα, γεγονός που αντιτίθεται στους κανονισμούς.
- Ο διαθέσιμος χώρος για τα χειρουργεία και τα βοηθητικά δωμάτια είναι πολύ περιορισμένος.

**ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

- Ανακαίνιση όλων των χειρουργικών χώρων.
- Αφαίρεση των εξωτερικών παραθύρων.
- Επανατοποθέτηση των παροχών εισόδου-εξόδου αέρα.
- Τοποθέτηση επιπλέον φίλτρων στην παροχή εξόδου αέρα.
- Επανασχεδιασμός της HVAC εγκατάστασης.
- Εγκατάσταση μίας AHU για ένα ή το πολύ δύο χειρουργεία, ώστε να μπορούν να επιτευχθούν τα επιθυμητά θερμικά φορτία.
- Χρησιμοποίηση του κεντρικού HVAC συστήματος για ψύξη και θέρμανση και απομάκρυνση των θερμαντικών σωμάτων.
- Εγκατάσταση εφεδρικών AHU χειρουργείο σύμφωνα με τους κανονισμούς.
- Εγκατάσταση ανεξάρτητων συστημάτων ελέγχου για κάθε χειρουργείο, ώστε οι ρυθμίσεις των εσωτερικών παραμέτρων, να γίνονται από το προσωπικό του χειρουργείου σύμφωνα πάντα με τις αναγκαίες συνθήκες λειτουργίας που απαιτεί το κάθε στάδιο της χειρουργικής επέμβασης.
- Λειτουργία των AHUs ακόμα και τις ώρες που δε χρησιμοποιούνται τα χειρουργεία, όπως τις βραδινές ώρες.

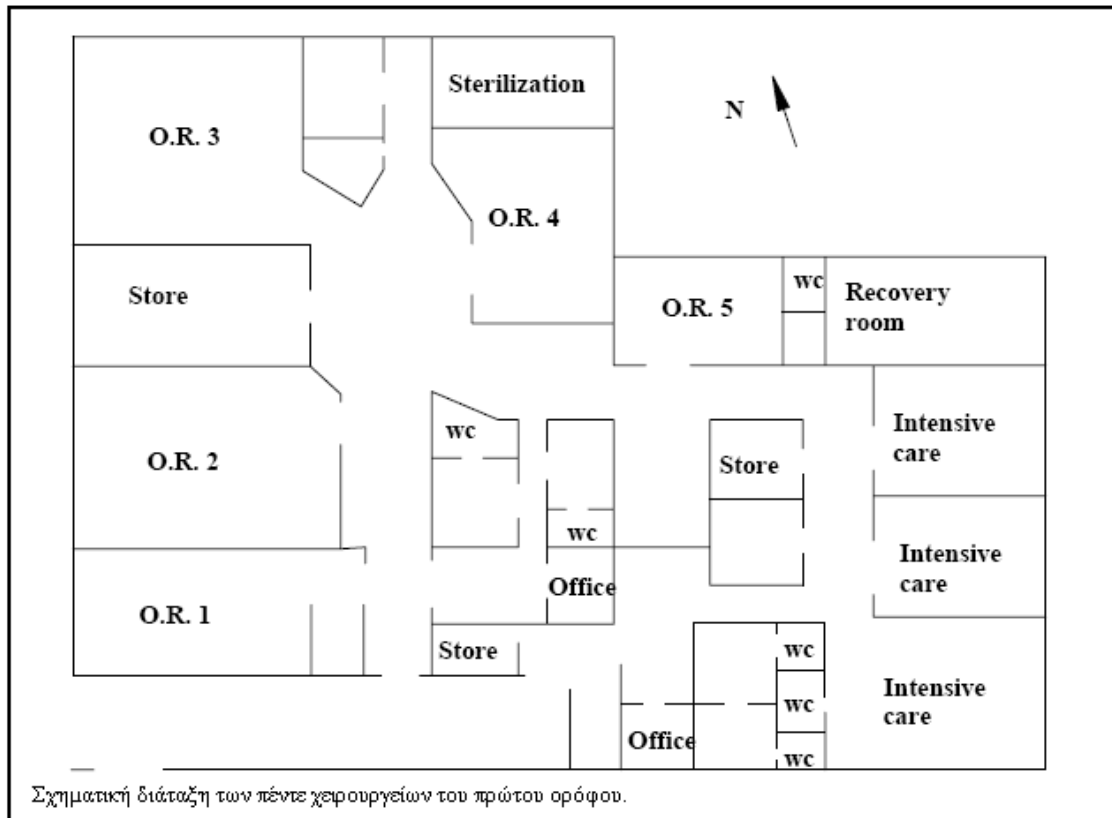
- Εγκατάσταση ενός εξοικονομητή στις AHU για ανάκτηση θερμότητας και εξοικονόμηση ενέργειας.
- Εγκατάσταση ενός αναστροφέα για χαμηλή ταχύτητα παροχής αέρα, ώστε να εξοικονομείται ενέργεια κατά τη διάρκεια της νύχτας.
- Οργάνωση και επάνδρωση του τεχνικού τμήματος που επιμελείται τη λειτουργία και τη συντήρηση των χειρουργικών εγκαταστάσεων.
- Οργάνωση και εφαρμογή ενός τακτικού προγράμματος συντήρησης και καθαρισμού.
- Εναλλαγή της λειτουργίας των AHUs ώστε να επιτρέπεται η τακτική τους συντήρηση.
- Εγκατάσταση εξοπλισμού καθαρισμού σε κάθε χειρουργείο.
- Καλύτερος σχεδιασμός της διάταξης του χώρου, ειδικά για τους βοηθητικούς χώρους.

B.2.7 ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 7

<b>ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 7</b>	
Γενικά	Δημόσιο νοσοκομείο με τρία κτίρια τα οποία επικοινωνούν και κάποια άλλα κτίρια για ιατρικές και διοικητικές υπηρεσίες. Τα χειρουργεία βρίσκονται στον πρώτο όροφο ενός κτιρίου που είναι δίπλα στο κεντρικό κτίριο.
Έτος κατασκευής: 1.894-1.898 Αριθμός χειρουργείων: 5 Αριθμός κλινών: 177 Αριθμός εργαζομένων: 400	Συνολική επιφάνεια: 13.500 m <sup>2</sup> . Ετήσιος αριθμός ασθενών: μη διαθέσιμος Πληρότητα κλινών: 80% Αριθμός τεχνικών υπαλλήλων: 20
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας: Ηλεκτρισμός: μη διαθέσιμο θερμική: 188 kwh/ m <sup>2</sup>	
Σύστημα θέρμανσης:	Κεντρικά συστήματα θέρμανσης για ολόκληρο το νοσοκομείο. Η θέρμανση παρέχεται μέσω κεντρικών λεβήτων πετρελαίου. Τα χειρουργεία θερμαίνονται μέσω διαχειριζόμενων μονάδων αέρα, που συνδέονται με κλιματιστικά σώματα.
Σύστημα ψύξης:	Κεντρικά HVAC συστήματα για τα χειρουργεία και τα δωμάτια εντατικής θεραπείας. Κάποια δωμάτια διαθέτουν κλιματιστικά σώματα. Τα δωμάτια των ασθενών δε διαθέτουν συστήματα ψύξης.
Εξαερισμός:	Κεντρικά HVAC συστήματα συμπεριλαμβανομένης AHU για τα χειρουργεία και τα δωμάτια εντατικής θεραπείας. Οι υπόλοιποι χώροι αερίζονται με φυσικό τρόπο.
Φωτισμός:	Λάμπες φθορίου και λάμπες ειδικής λειτουργίας
Σχόλια:	Ένα μεγάλο νοσοκομείο που εξυπηρετεί μεγάλο αριθμό ασθενών και διενεργεί και έκτακτες επεμβάσεις σε καθημερινή βάση.

B.2.7-A: Γενικές πληροφορίες χειρουργείων

Παρακάτω φαίνονται πως διατάσσονται τα χειρουργεία.

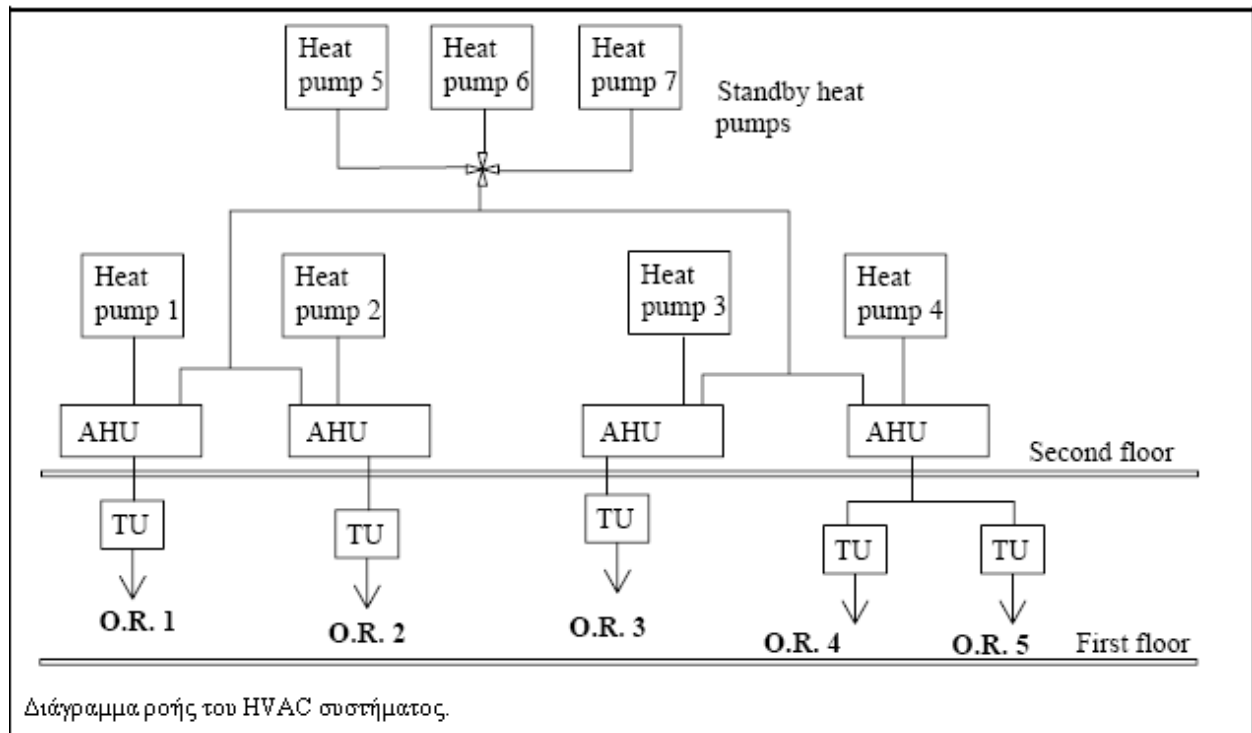




Τοποθεσία: 5 χειρουργεία που βρίσκονται στον πρώτο όροφο του κτιρίου	Αριθμός χειρουργείων: 5
Αριθμός ιατρών: 60	Αριθμός υπολοίπου ιατρικού προσωπικού: 20
Ωράριο λειτουργίας: 8:00 – 15:00 Μερικές φορές έως τις τελευταίες απογευματινές ώρες	Εφημερία κάθε τέσσερις ημέρες
Συνολική επιφάνεια χειρουργείων: 161 m <sup>2</sup>	Συνολικός όγκος χειρουργείων: 644 m <sup>3</sup>
Περιγραφή	Τα δεκατρία χειρουργεία (ORs) αριθμούνται από το 1 έως το 5 όπως φαίνεται και στη σχηματικά διάταξη. Οι άλλες περιοχές περιλαμβάνουν βοηθητικά δωμάτια, αποδυτήρια, δωμάτια ανάρρωσης κ.λ.π. Τα χειρουργεία 1,2,3 και 4 χρησιμοποιούνται για επεμβάσεις γενικής φύσεως, ενώ το 5 χρησιμοποιείται για μικρότερες επεμβάσεις.
Σχόλια	Η ποιότητα των εσωτερικών συνθηκών των χειρουργείων κρίνονται ικανοποιητικές. Τα χειρουργεία είναι ευρύχωρα με ποιοτικά υλικά κατασκευής.

### B.2.7-B: HVAC ΣΥΣΤΗΜΑ

Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα ροής του HVAC συστήματος κλιματισμού.



### ΜΟΝΑΔΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΕΡΑ-ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ

Οι μονάδες διαχείρισης αέρα (AHUs) είναι τοποθετημένες στην οροφή του κτιρίου, όπως φαίνεται και στην προηγούμενη εικόνα. Υπάρχουν τέσσερις AHUs που χρησιμοποιούνται για τα πέντε χειρουργεία, πίνακας B.2.7-1.

### Πίνακας B.2.7-1: Τεχνικά χαρακτηριστικά των AHUs

OR	Χαρακτηριστικά της AHU	Παροχή εισόδου/εξόδου αέρα (m <sup>3</sup> /h)	Περιγραφή
1		1.385/1.200	Η AHU βρίσκεται στην οροφή πάνω από το χειρουργείο και εγκαταστάθηκε το 1991. Διαθέτει φίλτρα τριών τύπων(B <sub>2</sub> , C και S), θερμαντικά, ψυκτικά, μεταθερμαντικά στοιχεία και υγραντήρα. Η παροχή εισόδου του αέρα γίνεται από την οροφή μέσω τριών διάτρητων παροχών. Ο εσωτερικός αέρας εξέρχεται μέσω οκτώ μονών ανοιγμάτων ενσωματωμένων στον τοίχο, τέσσερα κοντά στο πάτωμα και τέσσερα κοντά στο ταβάνι.
2		2.686/2.300	Η AHU βρίσκεται στην οροφή πάνω από το χειρουργείο και εγκαταστάθηκε το 1991. Διαθέτει φίλτρα τριών τύπων(B <sub>2</sub> , C και S), θερμαντικά, ψυκτικά, μεταθερμαντικά στοιχεία και υγραντήρα. Η παροχή εισόδου του αέρα γίνεται από την οροφή μέσω πέντε διάτρητων παροχών. Ο εσωτερικός αέρας εξέρχεται μέσω οκτώ μονών ανοιγμάτων ενσωματωμένων στον τοίχο, τέσσερα κοντά στο πάτωμα και τέσσερα κοντά στο ταβάνι.
3		2.275/1.940	Η AHU βρίσκεται στην οροφή πάνω από το χειρουργείο και εγκαταστάθηκε το 1991. Διαθέτει φίλτρα τριών τύπων(B <sub>2</sub> , C και S), θερμαντικά, ψυκτικά, μεταθερμαντικά στοιχεία και υγραντήρα. Η παροχή εισόδου του αέρα γίνεται από την οροφή μέσω τεσσάρων διάτρητων παροχών. Ο εσωτερικός αέρας εξέρχεται μέσω οκτώ μονών ανοιγμάτων ενσωματωμένων στον τοίχο, τέσσερα κοντά στο πάτωμα και τέσσερα κοντά στο ταβάνι.
4,5	Κοινή AHU για τα χειρουργεία 4,5	2.210/1.880	Η AHU βρίσκεται στην οροφή πάνω από το χειρουργείο και εγκαταστάθηκε το 1991. Διαθέτει φίλτρα τριών τύπων(B <sub>2</sub> , C και S), θερμαντικά, ψυκτικά, μεταθερμαντικά στοιχεία και υγραντήρα. Η παροχή εισόδου του αέρα γίνεται από την οροφή μέσω τεσσάρων διάτρητων παροχών. Ο εσωτερικός αέρας εξέρχεται μέσω οκτώ μονών ανοιγμάτων ενσωματωμένων στον τοίχο, τέσσερα κοντά στο πάτωμα και τέσσερα κοντά στο ταβάνι.

## ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

- Όλες οι AHUs είναι ανακαινισμένες και περιλαμβάνουν εξοικονομητές για ανάκτηση θερμότητας.
- Οι υπολογιζόμενες κλίμακες εξαερισμού των AHUs υπερβαίνουν τις 15 ACH για κάθε ένα από τα χειρουργεία 1,2, και 3 και είναι λιγότερες από 10 ACH στα χειρουργεία 4 και 5, σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων.
- Τα χειρουργεία δε διαθέτουν εξοπλισμό καθαρισμού.
- Όλες οι μονάδες επεξεργασίας αέρα διαθέτουν γαλβανισμένους αεραγωγούς με τετραγωνική διατομή.

- Δεν υπάρχει ανακύκλωση του αέρα και τα συστήματα χρησιμοποιούν 100% φρέσκο αέρα. Η πίεση του αέρα ελέγχεται από μανόμετρα μέσα στην AHU, ώστε να υπολογίζεται σωστά η πτώση της πίεσης μέσα στα φίλτρα.

#### ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Επτά κλιματιστικές μονάδες (HP) τροφοδοτούν τα θερμαντικά και μεταθερμαντικά στοιχεία των AHUs. Οι τρεις μονάδες είναι σε κατάσταση αναμονής. Ένας κεντρικός λέβητας πετρελαίου (175.000 kcal/h) είναι συνδεδεμένος με όλες τις AHUs. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συστημάτων θέρμανσης παρέχονται στον πίνακα Β.2.7-2.

Πίνακας Β.2.4-2: Τεχνικά χαρακτηριστικά των λεβήτων

Χειρουργεία	Τύπος λέβητα	Περιγραφή
1	Κλιματιστική μονάδα 1: 30 KW	Βρίσκεται στην οροφή πάνω από το χειρουργείο σε απόσταση περίπου 5 μ. από τις AHU. Οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες.
2	Κλιματιστική μονάδα 2: 58 KW	Βρίσκεται στην οροφή πάνω από το χειρουργείο σε απόσταση περίπου 5 μ. από τις AHU. Οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες.
3	Κλιματιστική μονάδα 3: 44 KW	Βρίσκεται στην οροφή πάνω από το χειρουργείο σε απόσταση περίπου 5 μ. από τις AHU. Οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες.
4,5	Κλιματιστική μονάδα 4: 44 KW	Βρίσκεται στην οροφή πάνω από το χειρουργείο σε απόσταση περίπου 5 μ. από τις AHU. Οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες.
1 έως 5	Κλιματιστική μονάδα 5 Κλιματιστική μονάδα 6 Κλιματιστική μονάδα 7	Τρεις μονάδες σε αναμονή. Βρίσκονται στην οροφή πάνω από το χειρουργείο σε απόσταση περίπου 10 μ. από τις AHU. Οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες.

#### ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ

Οι επτά κλιματιστικές μονάδες που περιγράφηκαν στον πίνακα Β.2.7-2 τροφοδοτούν τα ψυκτικά στοιχεία των AHUs.

#### ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

- Κάθε χειρουργείο είναι εξοπλισμένο με ξεχωριστούς θερμοστάτες και συστήματα ελέγχου λειτουργίας (ON/OFF). Το ιατρικό προσωπικό έχει πρόσβαση στα συστήματα ελέγχου και μπορεί να ρυθμίζει τις εσωτερικές συνθήκες.
- Οι ανεμιστήρες των AHUs διαθέτουν αναστροφέα και το σύστημα εξαερισμού μπορεί να λειτουργεί συνεχώς (δηλαδή οι ανεμιστήρες μπορούν να ρυθμιστούν στη χαμηλότερη ταχύτητα όταν τα χειρουργεία δε λειτουργούν και στην υψηλότερη όταν βρίσκονται σε λειτουργία). Παρόλα αυτά, το σύστημα κλείνει όταν τα χειρουργεία δε λειτουργούν.
- Όλα τα βασικά εξαρτήματα των HVAC συστημάτων συντηρούνται περισσότερες από πέντε φορές το χρόνο. Τα φίλτρα εξαερισμού αντικαθίστανται κάθε χρόνο, εκτός και αν η πτώση πίεσης υπερβεί το ανώτερο όριο. Τα φίλτρα S αντικαθίστανται δύο φορές το χρόνο.

- Το προσωπικό του τεχνικού τμήματος προβαίνει σε απαραίτητες επισκευές, με τη συνεργασία κάποιας τεχνικής εταιρίας.

**ΣΧΟΛΙΑ**

- Οι εσωτερικές θερμικές συνθήκες είναι ικανοποιητικές.

**B.2.7-Γ: ΦΩΤΙΣΜΟΣ**

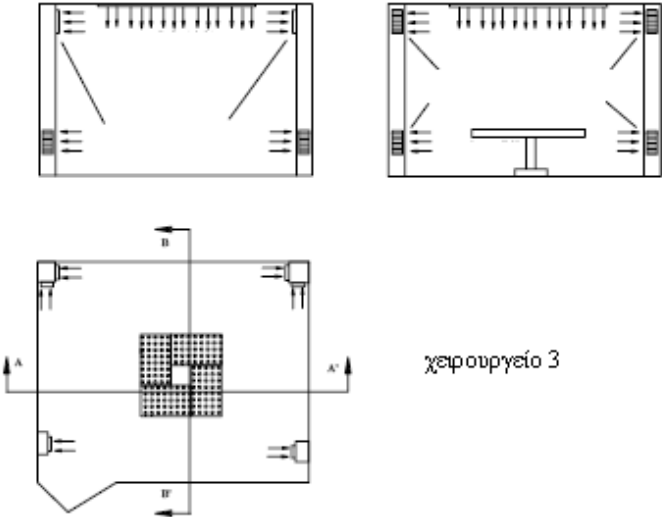
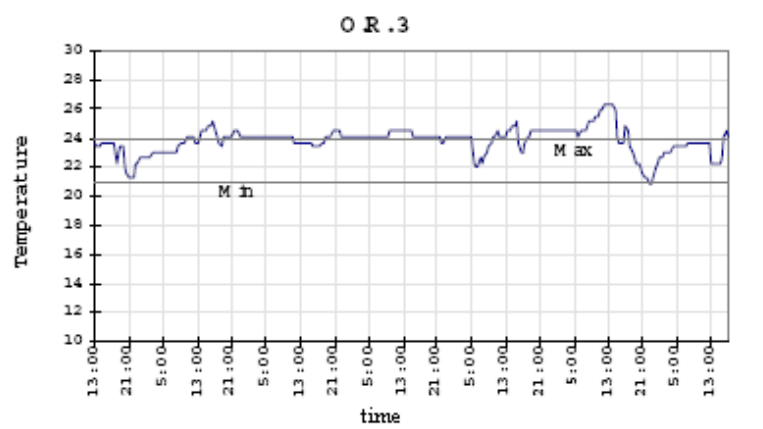
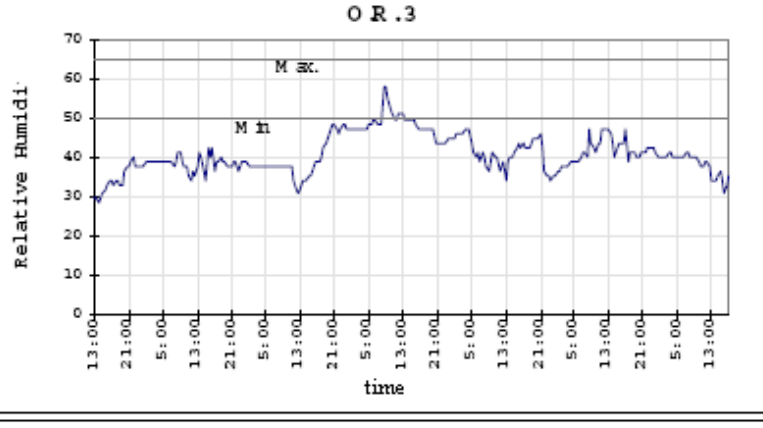
Όλοι οι χειρουργικοί χώροι διαθέτουν λάμπες φθορισμού για γενικό φωτισμό και τυπικές λάμπες χειρουργείων, όπως φαίνεται και στον πίνακα B.2.7-4.

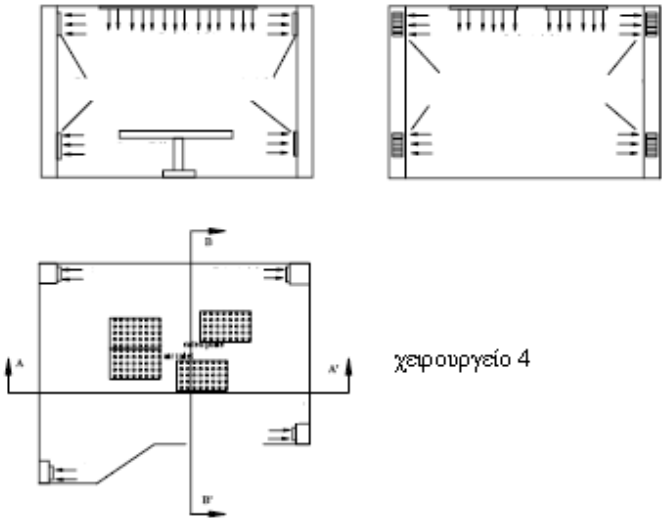
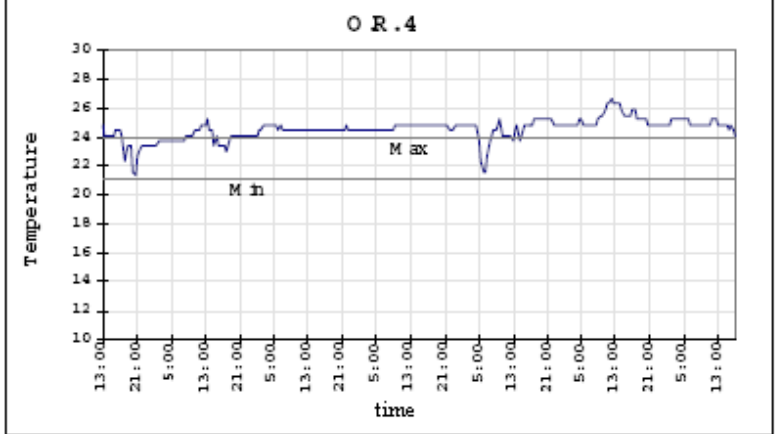

Πίνακας B.2.7-4: Τεχνητός φωτισμός και φυσικός φωτισμός.

Χειρουργεία	Συνολική ισχύς από γενικό φωτισμό(Watt)	Ισχύς τυπικών λαμπτήρων (Watt)	Φυσικός φωτισμός
1	1.440	480	όχι
2	1.800	400	-//-
3	1.720	400	-//-
4	360	250	-//-
5	432	250	-//-

**B.2.7-Δ: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ**

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα χειρουργεία 3 και 4 και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες.

ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 3	
<p>Γενικές πληροφορίες:                      Η χρονική διάρκεια των μετρήσεων ήταν 7 ημέρες.                      Το χειρουργείο διαθέτει διάτρητους διαχύτες για την παροχή εισόδου του αέρα και 8 παροχές εξόδου του αέρα.                      Το χειρουργείο λειτουργεί καθημερινά από τις 8:00 έως τις 16:00 και οι συνθήκες λειτουργίας του συστήματος ρυθμίζονται από το ιατρικό προσωπικό εκτός των αλλαγών αέρα που προσαρμόζονται από το τεχνικό προσωπικό.</p>	 <p>χειρουργείο 3</p>
<p>Θερμοκρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>T_{avg}=23,8</math> <math>T_{max}=26,3</math>  <math>T_{min}=20,9</math> βαθμοί Κελσίου.                      Κατά το 42% της χρονικής διάρκειας των μετρήσεων η θερμοκρασία κυμαινόταν μεταξύ των ενδεικνυμένων τιμών.</p>	 <p style="text-align: center;">O R . 3</p>
<p>Σχετική υγρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>RH_{avg}=40,8\%</math> <math>RH_{max}=57,9\%</math>  <math>RH_{min}=28,7\%</math>                      Η σχετική υγρασία ήταν χαμηλότερη από την ενδεικνυόμενη τιμή σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων.</p>	 <p style="text-align: center;">O R . 3</p>
<p>Εναλλαγές αέρα ανά ώρα: Τα επίπεδα εναλλαγών αέρα ήταν χαμηλότερα από τις 20 ACH.</p>	<p>Παρεχόμενος αέρας: 15 ACH                      Εξαρχόμενος αέρας: 10 ACH</p>

ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 4	
<p>Γενικές πληροφορίες:                      Η χρονική διάρκεια των μετρήσεων ήταν 7 ημέρες.                      Το χειρουργείο διαθέτει διάπρητους διαχύτες για την παροχή εισερχόμενου αέρα και 8 παροχές εξόδου αέρα.                      Το χειρουργείο λειτουργεί καθημερινά από τις 8:00 έως τις 16:00 και οι συνθήκες λειτουργίας ρυθμίζονται από το ιατρικό προσωπικό, εκτός των αλλαγών αέρα που προσαρμόζονται από το τεχνικό προσωπικό.</p>	 <p>χειρουργείο 4</p>
<p>Θερμοκρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>T_{avg}=24,5</math> <math>T_{max}=26,6</math>  <math>T_{min}=21,3</math> βαθμοί κελσίου.                      Κατά το 15% της χρονικής διάρκειας των μετρήσεων η θερμοκρασία κυμαινόταν μεταξύ των ενδεικνύμενων τιμών.</p>	
<p>Σχετική υγρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>RH_{avg}=36,8\%</math> <math>RH_{max}=53,8\%</math>  <math>RH_{min}=25,9\%</math>                      Η σχετική υγρασία ήταν χαμηλότερη από την ενδεικνύμενη τιμή σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων.</p>	
<p>Εναλλαγές αέρα ανά ώρα: Τα επίπεδα εναλλαγών αέρα ανά ώρα ήταν χαμηλότερα από τις 20 ACH.</p>	<p>Παρεχόμενος αέρας: 10,5 ACH                      Εξερχόμενος αέρας: 10 ACH</p>

**B.2.7-E: ΑΝΑΛΥΣΗ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ**

Τα χειρουργεία έχουν κάποια λειτουργικά προβλήματα, που οφείλονται κυρίως στη λανθασμένη χρήση του HVAC συστήματος.

- Οι AHUs δεν έχουν εφεδρικό σύστημα λειτουργίας.
- Οι παροχές εισόδου του φρέσκου αέρα είναι πολύ κοντά τοποθετημένες με τις παροχές εξόδου του σηπτικού αέρα και σε περιοχή με φτωχό εξαερισμό, με αποτέλεσμα ο εξερχόμενος αέρας να μπορεί να εισχωρήσει στις παροχές εισόδου.
- Η εσωτερική θερμοκρασία που επικρατεί είναι κοντά στις ενδεικνύμενες τιμές, όμως η σχετική υγρασία είναι χαμηλότερη από την επιθυμητή.
- Οι AHUs δε λειτουργούν τη νύχτα, όταν στα χειρουργεία δε γίνονται επεμβάσεις.
- Τα επίπεδα εξαερισμού είναι ανεπαρκή, γιατί οι παροχές εξόδου του αέρα δε λειτουργούν σωστά, είτε γιατί ο ανεμιστήρας δεν έχει το κατάλληλο μέγεθος.
- Οι σωληνώσεις των AHUs δεν είναι εύκολα προσβάσιμες για το συχνό και σωστό καθαρισμό τους.
- Τα χειρουργεία είναι εξοπλισμένα με ξεχωριστούς θερμοστάτες, αλλά αυτοί δε λειτουργούν σωστά και οι εργαζόμενοι χρησιμοποιούν τους κεντρικούς ON/OFF διακόπτες για να ελέγξουν τις εσωτερικές συνθήκες.
- Τα επίπεδα θορύβου είναι υψηλά και προέρχονται από τους εργαζόμενους που βρίσκονται σε βοηθητικούς χειρουργικούς χώρους.

**ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

- Επανασχεδιασμός των AHUs, ώστε να αυξηθούν τα επίπεδα εξαερισμού μέχρι την ελάχιστη ενδεικνύμενη τιμή.
- Επανατοποθέτηση των AHUs, ώστε αν χρειαστεί μία AHU να εξυπηρετεί αποκλειστικά ένα χειρουργείο.
- Επισκευή των ξεχωριστών συστημάτων ελέγχου ώστε να γίνουν λειτουργικά.
- Εγκατάσταση εφεδρικής AHU για κάθε χειρουργείο, σύμφωνα με τους κανονισμούς.
- Λειτουργία των AHUs ακόμα και τις ώρες που δε χρησιμοποιούνται τα χειρουργεία, όπως τις βραδινές ώρες.
- Επανατοποθέτηση των παροχών εισόδου-εξόδου του αέρα.
- Οργάνωση και επάνδρωση του τεχνικού τμήματος που επιμελείται τη λειτουργία και τη συντήρηση των χειρουργικών εγκαταστάσεων.
- Εναλλαγή της λειτουργίας των AHUs ώστε να επιτρέπεται η τακτική τους συντήρηση.
- Καλύτερη οργάνωση της διάταξης του χώρου και για τα βοηθητικά δωμάτια.

**B.2.8 ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 8**

<b>ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 8</b>	
Γενικά	Δημόσιο νοσοκομείο με πέντε κτίρια, τέσσερα εκ των οποίων επικοινωνούν. Υπάρχουν δεκατρία χειρουργεία στο νοσοκομείο και τα περισσότερα βρίσκονται στο κυρίως κτίριο.
Έτος κατασκευής: Αριθμός χειρουργείων: 13 Αριθμός κλινών: 500 Αριθμός εργαζομένων: 1.508	Συνολική επιφάνεια: 21.500 m <sup>2</sup> . Ετήσιος αριθμός ασθενών: μη διαθέσιμος Πληρότητα κλινών: 70% Αριθμός τεχνικών υπαλλήλων: 40
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας: Ηλεκτρισμός: μη διαθέσιμο θερμική: 247 kwh/ m <sup>2</sup>	
Σύστημα θέρμανσης:	Κεντρικά συστήματα θέρμανσης για ολόκληρο το νοσοκομείο. Η θέρμανση παρέχεται μέσω κεντρικών λεβήτων πετρελαίου. Υπάρχουν επίσης λέβητες ατμού χαμηλής πίεσης για παραγωγή ατμού. Κεντρικά HVAC συστήματα εξυπηρετούν τα χειρουργεία.
Σύστημα ψύξης:	Κεντρικά HVAC συστήματα μαζί με διαχειριζόμενες μονάδες αέρα για τα χειρουργεία. Κάποια γραφεία και εργαστήρια διαθέτουν κλιματιστικά σώματα.
Εξαερισμός:	Κεντρικά HVAC συστήματα συμπεριλαμβανομένης AHU για τα χειρουργεία. Οι υπόλοιποι χώροι αερίζονται με φυσικό τρόπο.
Φωτισμός:	Λάμπες φθορίου και λάμπες ειδικής λειτουργίας
Σχόλια:	Ένα μεγάλο νοσοκομείο που εξυπηρετεί μεγάλο αριθμό ασθενών και διενεργεί και έκτακτες επεμβάσεις σε καθημερινή βάση.

**B.2.8-A: Γενικές πληροφορίες χειρουργείων**

Παρακάτω φαίνονται πως διατάσσονται τα χειρουργεία.

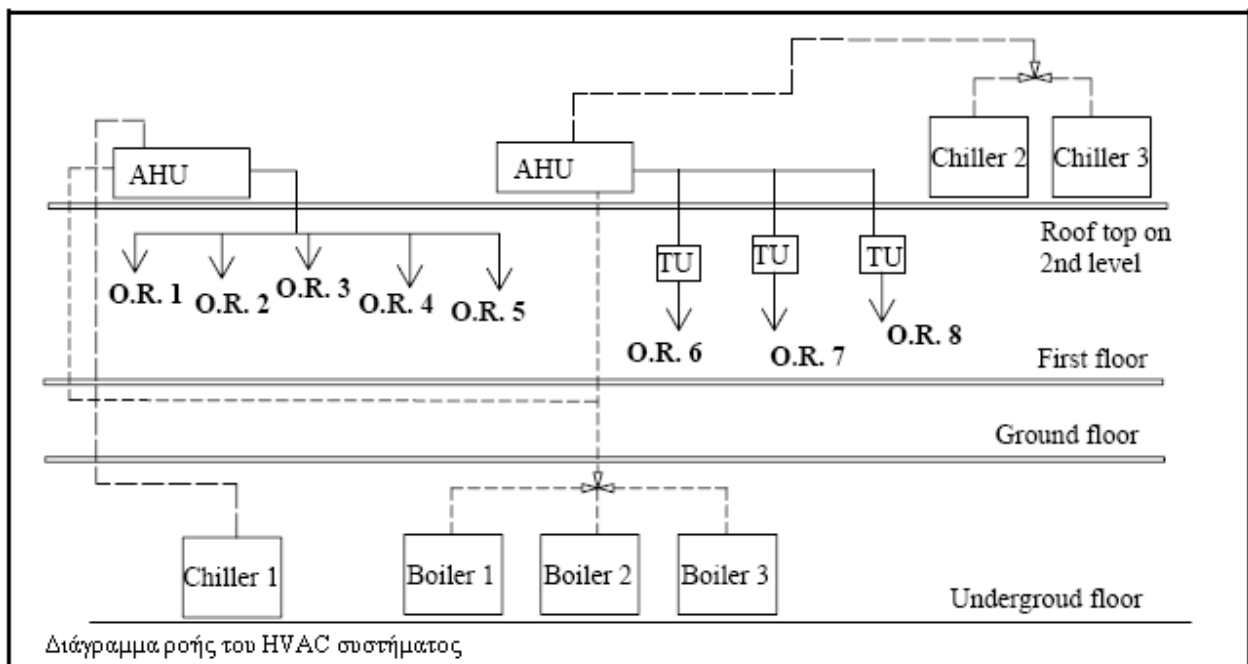




Τοποθεσία: 8 χειρουργεία στο δεύτερο και 2 στον έκτο όροφο του κυρίως κτιρίου. 3 χειρουργεία βρίσκονται σε άλλα κτίρια του νοσοκομείου	Αριθμός χειρουργείων: 13
Αριθμός ιατρών: 170	Αριθμός υπολοίπου ιατρικού προσωπικού: 28
Ωράριο λειτουργίας: 8:00 – 16:00 Μερικές φορές έως τις τελευταίες απογευματινές ώρες	Εφημερία κάθε τέσσερις ημέρες
Συνολική επιφάνεια χειρουργείων: 218 m <sup>2</sup>	Συνολικός όγκος χειρουργείων: 654 m <sup>3</sup>
Περιγραφή	Τα οκτώ χειρουργεία (ORs) του δευτέρου ορόφου αριθμούνται από το 1 έως το 8 όπως φαίνεται και στη σχηματικά διάταξη. Στο ίδιο κτίριο υπάρχουν και δύο επιπλέον χειρουργεία για ειδικές χειρουργικές επεμβάσεις. Τρία ακόμα χειρουργεία βρίσκονται σε άλλα κτίρια του νοσοκομείου. Τα δεδομένα αυτά αφορούν τα 8 χειρουργεία κυρίως κτιρίου. Τα χειρουργεία 1,2,3,4 και 5 χρησιμοποιούνται για επεμβάσεις γενικής φύσεως. Τα χειρουργεία 6,7 και 8 είναι εξοπλισμένα με εκσυγχρονισμένο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό και καινούριο HVAC σύστημα. Τα χειρουργεία αυτά χρησιμοποιούνται για έκτακτες επεμβάσεις.
Σχόλια	Στα χειρουργεία προβλήματα παρουσιάζονται με τα επίπεδα εξαερισμού.

### B.2.8 -B: HVAC ΣΥΣΤΗΜΑ

Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα ροής του HVAC συστήματος κλιματισμού.



### ΜΟΝΑΔΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΕΡΑ-ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ

Οι μονάδες διαχείρισης αέρα (AHUs) για τα οκτώ χειρουργεία είναι τοποθετημένες στο δεύτερο και τρίτο όροφο του κτιρίου, όπως φαίνεται και στην προηγούμενη εικόνα. Υπάρχουν δύο AHUs που χρησιμοποιούνται για τα οκτώ χειρουργεία, πίνακας B.2.8-1. Μία άλλη μονάδα εξυπηρετεί τα χειρουργεία του έκτου ορόφου..

Πίνακας Β.2.8-1: Τεχνικά χαρακτηριστικά των AHUs

OR	Χαρακτηριστικά της AHU	Παροχή εισόδου/εξόδου αέρα (m <sup>3</sup> /h)	Περιγραφή
1 2 3 4 5	Κοινή για τα χειρουργεία 1 έως 5	4.000/4.000	Η AHU βρίσκεται στο δεύτερο όροφο του κτιρίου και διαθέτει φίλτρα τριών τύπων(B <sub>2</sub> , C και S), θερμαντικά, ψυκτικά, μεταθερμαντικά στοιχεία, ενώ δεν υπάρχει υγραντήρας. Η παροχή εισόδου του αέρα γίνεται από τον τοίχο μέσω ενός διαχύτη τετραγωνικής διατομής. Ο εσωτερικός αέρας εξέρχεται μέσω ενός επίσης διαχύτη τετραγωνικής διατομής και μεταφέρεται σε παρακείμενο διάδρομο, και από εκεί εξάγεται στο περιβάλλον.
6 7 8	Κοινή για τα χειρουργεία 6 έως 8	3.037/1.518	Η AHU βρίσκεται στο δεύτερο όροφο του κτιρίου και διαθέτει φίλτρα τριών τύπων(B <sub>2</sub> , C και S), θερμαντικά, ψυκτικά, μεταθερμαντικά στοιχεία, ενώ υπάρχει και ένας ηλεκτρικός υγραντήρας. Η είσοδος του αέρα γίνεται από την οροφή μέσω ενός διάτρητου διαχύτη. Ο αέρας εξέρχεται μέσω δύο ανοιγμάτων σε κάθε χειρουργείο, τα οποία βρίσκονται σε δύο γωνίες του δωματίου, κοντά στο δάπεδο.

## ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

- Οι AHUs δεν περιλαμβάνουν εξοικονομητή για ανάκτηση θερμότητας.
- Οι υπολογιζόμενες κλίμακες εξαερισμού των AHUs δεν υπερβαίνουν τις 10 ACH για κάθε ένα από τα χειρουργεία σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων. Δε
- Κάθε χειρουργείο διαθέτει εξοπλισμό καθαρισμού.
- Οι παροχές εξόδου του αέρα στα χειρουργεία 1 έως 5 είναι ανοίγματα ενσωματωμένα στον τοίχο και μεταφέρουν τον αέρα σε ένα κοινό διάδρομο, και από εκεί ο αέρας μεταφέρεται στον εξωτερικό χώρο μέσω ενός εξαεριστήρα. Οι θέσεις των ανοιγμάτων για τη διέξοδο του αέρα επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ των χειρουργείων και είναι πιθανό να αναμιγνύεται ο καθαρός αέρας του ενός με το σπητικό αέρα του άλλου χειρουργείου.
- Όλες οι μονάδες επεξεργασίας αέρα διαθέτουν γαλβανισμένους αεραγωγούς με τετραγωνική διατομή.
- Δεν υπάρχει ανακύκλωση του αέρα και τα συστήματα χρησιμοποιούν 100% φρέσκο αέρα.

## ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Τρεις λέβητες πετρελαίου χρησιμοποιούνται για να τροφοδοτούν τις AHUs και τα μεταθερμαντικά στοιχεία των μονάδων, όπως φαίνεται στον πίνακα Β.2.8-2.

Πίνακας Β.2.8-2: Τεχνικά χαρακτηριστικά των λεβήτων

Χειρουργεία	Τύπος λέβητα	Περιγραφή
1 έως 8	Λέβητας 1: 2.300.000 kcal/h Λέβητας 2: 4.500.000 kcal/h Λέβητας 3: 4.500.000 kcal/h	Βρίσκονται στο λεβητοστάσιο στο μέσο της αυλής του νοσοκομείου σε απόσταση περίπου 45 μ. μακριά από τις AHUs. Οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες.

#### ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ:

- Το ζεστό νερό τροφοδοτείται από τους λέβητες προς τα βοηθητικά δωμάτια των χειρουργείων και χρησιμοποιείται από το προσωπικό για τον καθαρισμό των χεριών τους και την αποστείρωση των εργαλείων πριν τη χειρουργική επέμβαση.
- Ο υγραντήρας αποτελείται από ηλεκτρικές αντιστάσεις.

#### ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ

Τρία ψυγεία χρησιμοποιούνται για να τροφοδοτούν τις AHUs, όπως φαίνεται στον πίνακα B.2.8-3. Ένα ψυγείο εξυπηρετεί τα χειρουργεία 1 έως 5 και δύο ψυγεία εξυπηρετούν τα χειρουργεία 6 έως 8.

Πίνακας B.2.8-3: Τεχνικά χαρακτηριστικά των ψυγείων

χειρουργεία	Τύπος ψυγείου	Περιγραφή
1 έως 5	Ψυγείο 1: 480.000 Btu/h	Βρίσκεται στο λεβητοστάσιο στο μέσο της αυλής του νοσοκομείου σε απόσταση περίπου 45 μ. μακριά από τις AHUs. Οι σωλήνες διανομής του νερού είναι μονωμένες.
6 έως 8	Ψυγείο 2: 240.000 Btu/h Ψυγείο 3: 240.000 Btu/h	Βρίσκονται στην οροφή του δεύτερου επιπέδου, δίπλα στα χειρουργεία, περίπου 10 μ. μακριά από τις AHUs. Οι σωλήνες διανομής του νερού είναι μονωμένες.

#### ΑΛΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Τοπικά κλιματιστικά σώματα υπάρχουν σε κάθε ένα χειρουργείο σε περίπτωση ανάγκης, παρόλο που αυτό αντιβαίνει στους κανονισμούς. Τα οκτώ κλιματιστικά σώματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για θέρμανση και για ψύξη.

#### ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

- Κάθε χειρουργείο είναι εξοπλισμένο με ξεχωριστούς θερμοστάτες και συστήματα ελέγχου λειτουργίας (ON/OFF). Το ιατρικό προσωπικό έχει πρόσβαση στα συστήματα ελέγχου και μπορεί να ρυθμίζει τις εσωτερικές συνθήκες. Όμως παρά τις ρυθμίσεις, οι εσωτερικές συνθήκες δε βελτιώνονται γιατί η παρεχόμενη ισχύς των μονάδων δεν μπορεί να καλύψει τα απαιτούμενα φορτία ψύξης και θέρμανσης.
- Οι AHUs δε λειτουργούν τη νύχτα, όταν τα χειρουργεία είναι εκτός υπηρεσίας
- Οι ανεμιστήρες των AHUs διαθέτουν αναστροφέα και το σύστημα εξαερισμού μπορεί να λειτουργεί συνεχώς(δηλαδή οι ανεμιστήρες μπορούν να ρυθμιστούν στη χαμηλότερη ταχύτητα όταν τα χειρουργεία δε λειτουργούν και στην υψηλότερη όταν βρίσκονται σε λειτουργία). Παρόλα αυτά, το σύστημα κλείνει όταν τα χειρουργεία δε λειτουργούν.
- Όλα τα βασικά εξαρτήματα των HVAC συστημάτων συντηρούνται μία ή δύο φορές το χρόνο. Τα φίλτρα πρώτου επιπέδου B<sub>2</sub> αντικαθίστανται κάθε μήνα, τα φίλτρα δεύτερου επιπέδου C, αντικαθίστανται κάθε τρεις μήνες, ενώ τα φίλτρα τρίτου επιπέδου S αντικαθίστανται κάθε χρόνο.

- Το προσωπικό του τεχνικού τμήματος προβαίνει σε απαραίτητες επισκευές, με τη συνεργασία κάποιας τεχνικής εταιρίας.

**ΣΧΟΛΙΑ**

- Οι εσωτερικές θερμικές συνθήκες δεν είναι ικανοποιητικές και η ατμόσφαιρα είναι αποπνικτική.

**B.2.8-Γ: ΦΩΤΙΣΜΟΣ**

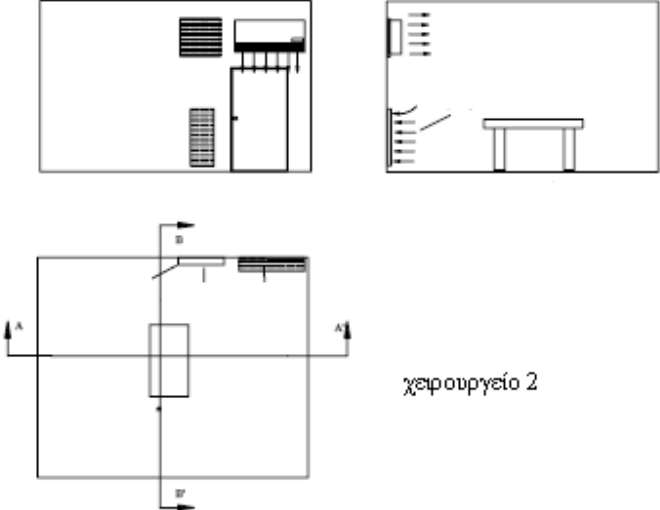
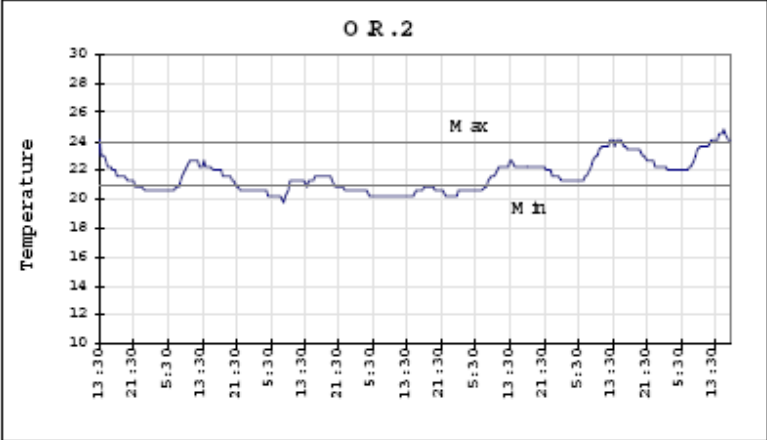

Όλοι οι χειρουργικοί χώροι διαθέτουν λάμπες φθορισμού για γενικό φωτισμό και τυπικές λάμπες χειρουργείων, όπως φαίνεται και στον πίνακα B.2.8-4.

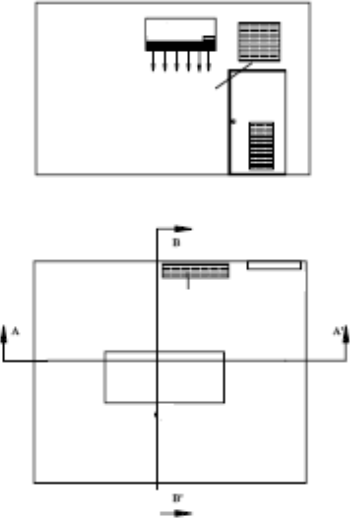
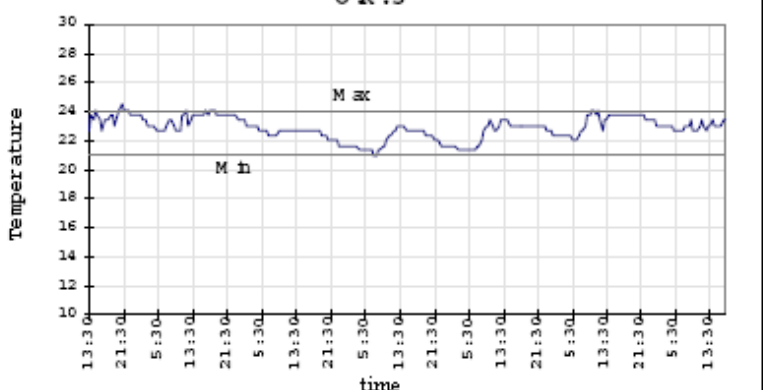
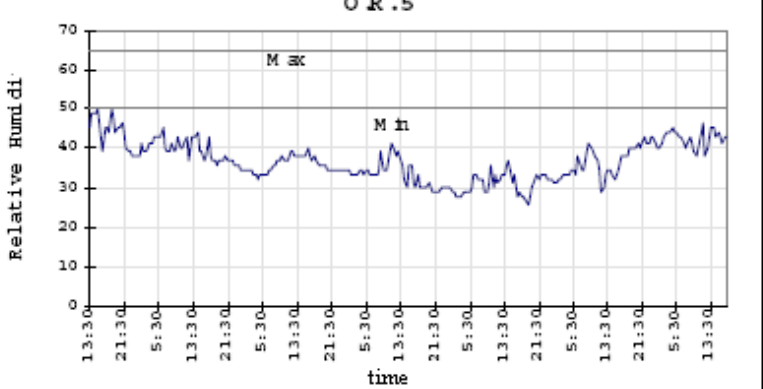
Πίνακας B.2.8-4: Τεχνητός φωτισμός και φυσικός φωτισμός.

Χειρουργεία	Συνολική ισχύς από γενικό φωτισμό(Watt)	Ισχύς τυπικών λαμπτήρων (Watt)	Φυσικός φωτισμός
1	648	455	όχι
2	1.008	450	-/-
3	1.008	450	-/-
4	576	350	-/-
5	864	315	-/-
6	1.008	610	-/-
7	1.008	450	-/-
8	-	-	-/-

**B.2.8-Δ: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ**

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα χειρουργεία 2 και 5 και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες.

ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 2	
<p>Γενικές πληροφορίες:                      Η χρονική διάρκεια των μετρήσεων ήταν 7 ημέρες.                      Το χειρουργείο διαθέτει μία παροχή εισόδου του αέρα και μία παροχή εξόδου. Υπάρχει επίσης και κλιματιστικό σώμα.                      Το χειρουργείο λειτουργεί καθημερινά από τις 8:00 έως τις 15:30 και οι συνθήκες λειτουργίας του συστήματος ρυθμίζονται από το ιατρικό προσωπικό.</p>	 <p style="text-align: right;">χειρουργείο 2</p>
<p>Θερμοκρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη θερμοκρασία που καταγράφηκαν είναι:</p> <p><math>T_{avg} = 21.6^{\circ}\text{C}</math>   <math>T_{max} = 24.8^{\circ}\text{C}</math>  <math>T_{min} = 19.8^{\circ}\text{C}</math>.</p> <p>Κατά το 54% της χρονικής διάρκειας των μετρήσεων η θερμοκρασία κυμαινόταν μεταξύ των ενδεικνυμένων τιμών.</p>	
<p>Σχετική υγρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας που καταγράφηκαν είναι:</p> <p><math>RH_m = 35.7\%</math>   <math>RH_{max} = 48.5\%</math>  <math>RH_{min} = 24.4\%</math></p> <p>Η σχετική υγρασία ήταν σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων χαμηλότερη από τις ενδεικνυόμενες τιμές.</p>	
<p>Εναλλαγές αέρα ανά ώρα: Τα επίπεδα εναλλαγών αέρα ανά ώρα ήταν πολύ χαμηλότερα από τις 20 ACH.</p>	<p>Παρεχόμενος αέρας: 6,6 ACH                      Εξερχόμενος αέρας: περίπου 0</p>
<p>Σχόλια: Τα επίπεδα εναλλαγών ήταν πολύ χαμηλά και μπορούν να επιφέρουν σοβαρές επιπλοκές.</p>	

ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 5	
<p>Γενικές πληροφορίες;                      Η χρονική διάρκεια των μετρήσεων ήταν 7 ημέρες.                      Το χειρουργείο διαθέτει μία παροχή εισόδου του αέρα και μία παροχή εξόδου. Υπάρχει επίσης και ένα κλιματιστικό σώμα.                      Το χειρουργείο λειτουργεί καθημερινά από τις 8:00 έως τις 15:30 και οι συνθήκες λειτουργίας του συστήματος ρυθμίζονται από το ιατρικό προσωπικό.</p>	 <p style="text-align: right;">χειρουργείο 5</p>
<p>Θερμοκρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>T_{avg}=22,8</math> <math>T_{max}=24,5</math>  <math>T_{min}=20,9</math> βαθμοί κελσίου.                      Η θερμοκρασία κυμαίνεται σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων μεταξύ των ενδεικνυμένων τιμών.</p>	
<p>Σχετική υγρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>RH_{avg}=36,8\%</math> <math>RH_{max}=50,1\%</math>  <math>RH_{min}=25,9\%</math>                      Η σχετική υγρασία σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων κυμαίνεται σε χαμηλότερες τιμές από τις ενδεικνυμένες.</p>	
<p>Εναλλαγές αέρα ανά ώρα: Τα επίπεδα εναλλαγών αέρα ανά ώρα ήταν χαμηλότερα από τις 20 ACH</p>	<p>Παρεχόμενος αέρας: 4,6 ACH                      Εξαρχόμενος αέρας: 1,3 ACH</p>
<p>Σχόλια: Τα επίπεδα εναλλαγών ήταν πολύ χαμηλά και μπορεί να επιφέρουν σοβαρές επιπλοκές.</p>	

**B.2.8-E: ΑΝΑΛΥΣΗ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ**

Τα χειρουργεία έχουν κάποια σοβαρά προβλήματα, που οφείλονται κυρίως στα χαμηλά επίπεδα εξαερισμού, στο φτωχό φωτισμό και γενικότερα στη λανθασμένη χρήση του HVAC συστήματος. Τα κυριότερα προβλήματα περιλαμβάνουν:

- Τα επίπεδα εξαερισμού ήταν πολύ χαμηλά και η ατμόσφαιρα αποπνικτική.
- Οι AHUs δε λειτουργούν τη νύχτα, όταν τα χειρουργεία είναι εκτός υπηρεσίας.
- Υπάρχει μόνο μία παροχή εισόδου και μία παροχή εξόδου, οι οποίες βρίσκονται στον τοίχο και είναι πολύ κοντά τοποθετημένες η μία στην άλλη. Το σημείο που διασταυρώνονται οι παροχές δεν είναι επαρκές σε εξαερισμό και αποτυγχάνουν να παρέχουν την απαιτούμενη ποσότητα αέρα. Ακόμα ο εξερχόμενος αέρας μπορεί να εισέρχεται στις παροχές εισόδου και έτσι να αναμιγνύεται ο φρέσκος με το σηπτικό αέρα.
- Οι AHUs δε διαθέτουν εφεδρικό σύστημα και η χρήση κλιματιστικών αντιβαίνει με τους κανονισμούς.
- Μόνο μία AHU εξυπηρετεί τα πέντε χειρουργεία και δεν μπορεί να καλύψει τα θερμικά και ψυκτικά φορτία.
- Τα επίπεδα θορύβου είναι πολύ υψηλά, καθώς το δωμάτιο ξεκούρασης του προσωπικού είναι πολύ κοντά στο χειρουργείο.
- Οι χειρουργικοί χώροι γενικής χρήσεως και ειδικά τα βοηθητικά δωμάτια είναι πολύ στενόχωρα.

**ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

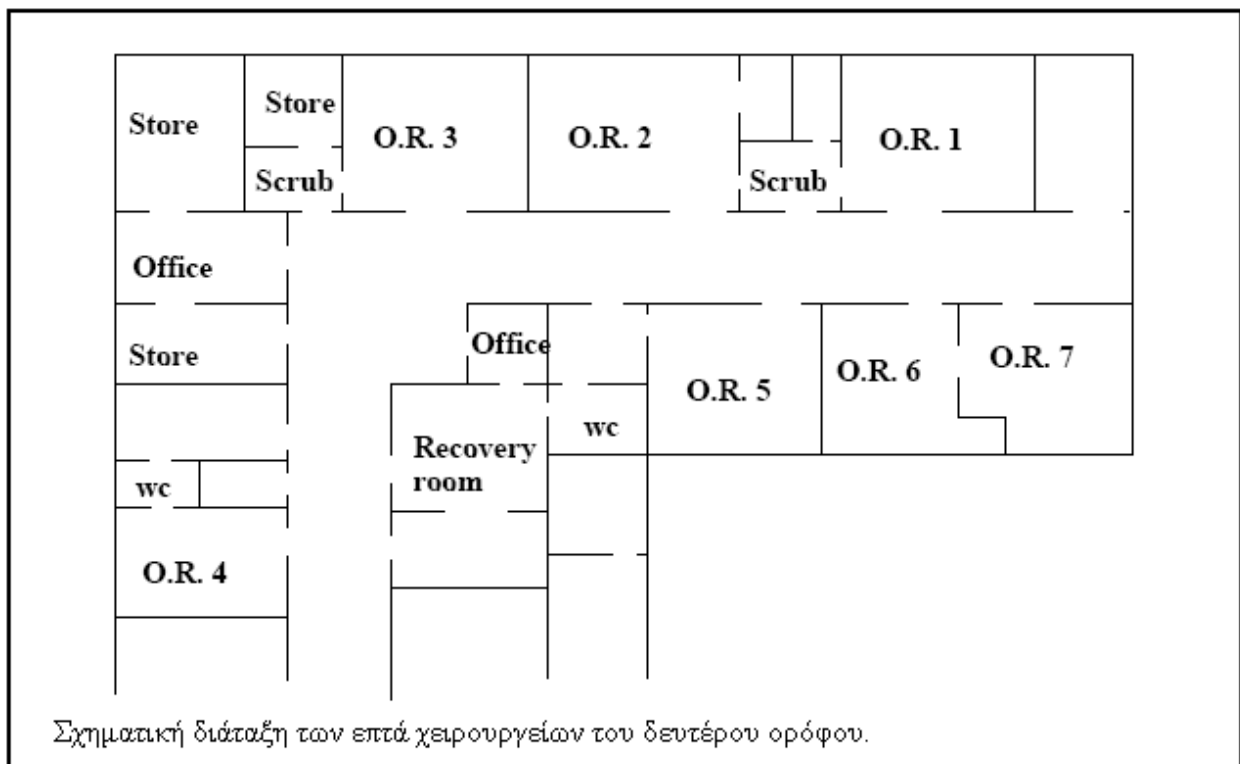
- Επανασχεδιασμός των AHUs, ώστε να εξαλειφθεί η ανάγκη χρησιμοποίησης κλιματιστικών σωμάτων.
- Απομάκρυνση των κλιματιστικών σωμάτων από τους χειρουργικούς χώρους.
- Επανατοποθέτηση των AHUs, ώστε αν χρειαστεί μία AHU να εξυπηρετεί αποκλειστικά ένα ή δύο χειρουργεία και να καλύπτει έτσι τα θερμικά και ψυκτικά φορτία.
- Εγκατάσταση ενός εξοικονομητή στις AHUs για ανάκτηση θερμότητας και εξοικονόμηση ενέργειας.
- Εγκατάσταση εφεδρικής AHU για κάθε χειρουργείο, σύμφωνα με τους κανονισμούς.
- Εγκατάσταση ενός αναστροφέα για χαμηλή ταχύτητα παροχής αέρα, ώστε να εξοικονομείται ενέργεια κατά τη διάρκεια της νύχτας.
- Λειτουργία των AHUs ακόμα και τις ώρες που δε χρησιμοποιούνται τα χειρουργεία, όπως τις βραδινές ώρες.
- Επανατοποθέτηση των παροχών εισόδου-εξόδου του αέρα.
- Οργάνωση και επάνδρωση του τεχνικού τμήματος που επιμελείται τη λειτουργία και τη συντήρηση των χειρουργικών εγκαταστάσεων.
- Εγκατάσταση συστημάτων καθαρισμού σε κάθε χειρουργείο.
- Εναλλαγή της λειτουργίας των AHUs ώστε να επιτρέπεται η τακτική τους συντήρηση.
- Καλύτερη οργάνωση της διάταξης του χώρου και για τα βοηθητικά δωμάτια.

B.2.9 ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 9

<b>ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 9</b>	
Γενικά	Δημόσιο νοσοκομείο που αποτελείται από τρία κτίρια τα οποία επικοινωνούν μεταξύ τους. Τα χειρουργεία βρίσκονται όλα στο δεύτερο όροφο του κυρίως κτιρίου.
Έτος κατασκευής: 1958 Αριθμός χειρουργείων: 7 Αριθμός κλινών: 350 Αριθμός εργαζομένων: μη διαθέσιμος	Συνολική επιφάνεια: 26.000 m <sup>2</sup> . Ετήσιος αριθμός ασθενών: μη διαθέσιμος Πληρότητα κλινών: 75% Αριθμός τεχνικών υπαλλήλων: 32
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας: Ηλεκτρισμός: 96,1 kwh/ m <sup>2</sup> θερμική: 247 kwh/ m <sup>2</sup>	
Σύστημα θέρμανσης:	Κεντρικά HVAC συστήματα για ολόκληρο το νοσοκομείο, τα οποία τροφοδοτούνται από λέβητες πετρελαίου. Τα κεντρικά HVAC συστήματα εξυπηρετούν τα χειρουργεία.
Σύστημα ψύξης:	Κεντρικά HVAC συστήματα μαζί με διαχειριζόμενες μονάδες αέρα για τα χειρουργεία. Κάποια γραφεία και εργαστήρια διαθέτουν κλιματιστικά σώματα.
Εξαερισμός:	Κεντρικά HVAC συστήματα συμπεριλαμβανομένης AHU για τα χειρουργεία. Οι υπόλοιποι χώροι αερίζονται με φυσικό τρόπο.
Φωτισμός:	Λάμπες φθορίου και λάμπες ειδικής λειτουργίας
Σχόλια:	Ένα μεγάλο νοσοκομείο που εξυπηρετεί μεγάλο αριθμό ασθενών και διενεργεί και έκτακτες επεμβάσεις σε καθημερινή βάση. Ένα από τα προβλήματα είναι οι φτωχές εσωτερικές θερμικές συνθήκες.

B.2.9-A: Γενικές πληροφορίες χειρουργείων

Παρακάτω φαίνονται πως διατάσσονται τα χειρουργεία.

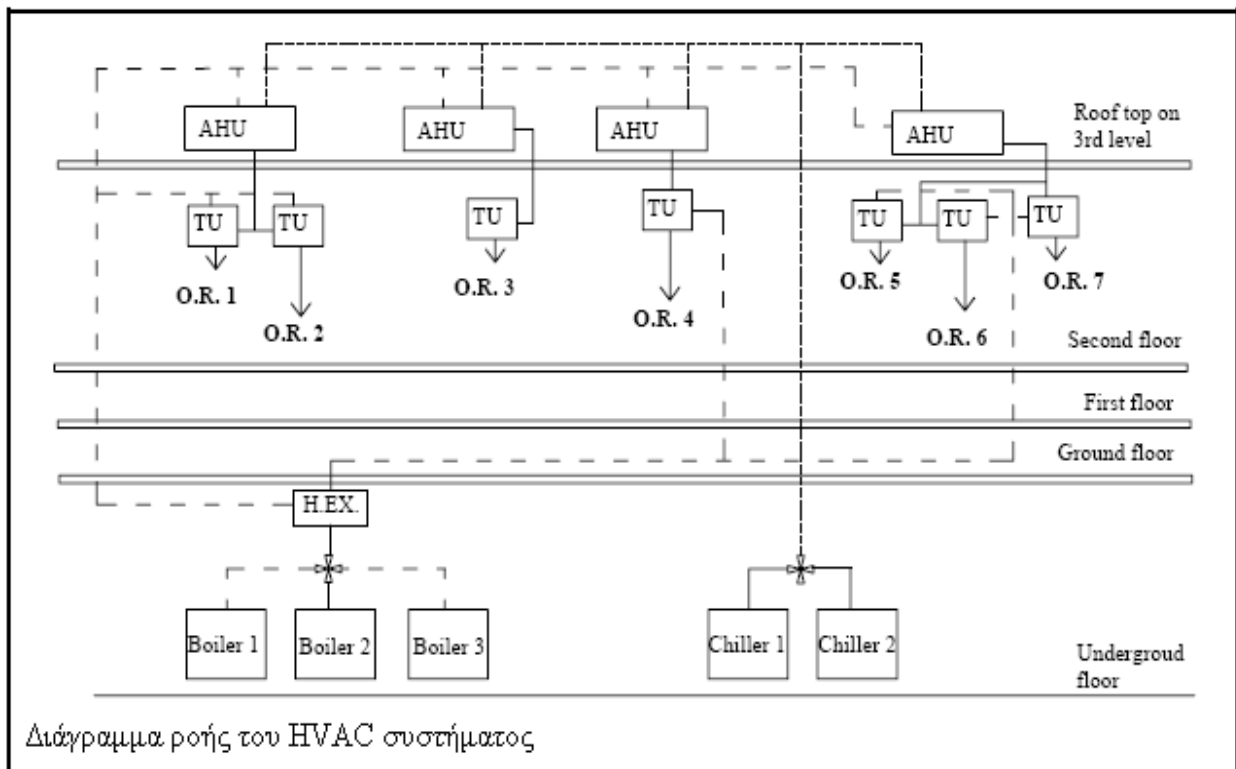




Τοποθεσία: 7 χειρουργεία στο δεύτερο όροφο του κυρίως κτιρίου	Αριθμός χειρουργείων: 7
Αριθμός ιατρών: 50	Αριθμός υπολοίπου ιατρικού προσωπικού: 48
Ωράριο λειτουργίας: 8:00 – 16:00 Μερικές φορές έως τις τελευταίες απογευματινές ώρες	Εφημερία κάθε δύο ημέρες
Συνολική επιφάνεια χειρουργείων: 200 m <sup>2</sup>	Συνολικός όγκος χειρουργείων: 600 m <sup>3</sup>
Περιγραφή	Τα επτά χειρουργεία (ORs) του δευτέρου ορόφου αριθμούνται από το 1 έως το 7 όπως φαίνεται και στη σχηματικά διάταξη. Οι άλλες περιοχές περιλαμβάνουν βοηθητικά δωμάτια, αποδυτήρια, δωμάτια ανάρρωσης κ.λ.π. Τα χειρουργεία αυτά χρησιμοποιούνται για διάφορους τύπους επεμβάσεων.
Σχόλια	Η κατασκευή του κτιρίου που στεγάζει τους χειρουργικούς χώρους είναι παλιά. Οι μονάδες διαχείρισης αέρα αντικαταστάθηκαν το 1995, αλλά παρουσιάζουν προβλήματα στη λειτουργία τους.

### B.2.9 -B: HVAC ΣΥΣΤΗΜΑ

Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα ροής του HVAC συστήματος κλιματισμού.



### ΜΟΝΑΔΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΕΡΑ-ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ

Οι μονάδες διαχείρισης αέρα (AHUs) για τα επτά χειρουργεία είναι τοποθετημένες στην ταράτσα του τρίτου ορόφου του κτιρίου, όπως φαίνεται και στην προηγούμενη εικόνα. Υπάρχει μία AHU για κάθε ένα από τα χειρουργεία 3 και 4, μία μονάδα κοινή για τα χειρουργεία 1,2 και μία μονάδα για τα χειρουργεία 5,6 και 7, όπως φαίνεται στον πίνακα B.2.9-1. Μετά από τις AHUs ακολουθούν οι τερματικές μονάδες (TU).

Πίνακας Β.2.9-1: Τεχνικά χαρακτηριστικά των AHUs

OR	Χαρακτηριστικά της AHU	Παροχή εισόδου αέρα (m <sup>3</sup> /h)	Περιγραφή
1 2	Κοινή για τα χειρουργεία 1 και 2	6.930	Η AHU βρίσκεται στον τρίτο όροφο του κυρίως κτιρίου και διαθέτει φίλτρα τριών τύπων(B <sub>2</sub> , C και S), θερμαντικά, ψυκτικά, μεταθερμαντικά στοιχεία και έναν υγραντήρα. Το μεταθερμαντικό στοιχείο και ο υγραντήρας βρίσκονται στην τερματική μονάδα. Η παροχή εισόδου του αέρα γίνεται από την οροφή μέσω διάτρητων παροχών. Η έξοδος του αέρα γίνεται μέσω οκτώ ανοιγμάτων τετραγωνικής διατομής, τέσσερα κοντά στο δάπεδο και τέσσερα κοντά στην οροφή.
3		4.000	Η AHU βρίσκεται στον τρίτο όροφο του κυρίως κτιρίου και διαθέτει φίλτρα τριών τύπων(B <sub>2</sub> , C και S), θερμαντικά, ψυκτικά, μεταθερμαντικά στοιχεία και έναν υγραντήρα. Το μεταθερμαντικό στοιχείο και ο υγραντήρας βρίσκονται στην τερματική μονάδα. Η παροχή εισόδου του αέρα γίνεται από την οροφή μέσω διάτρητων παροχών. Η έξοδος του αέρα γίνεται μέσω οκτώ ανοιγμάτων τετραγωνικής διατομής, τέσσερα κοντά στο δάπεδο και τέσσερα κοντά στην οροφή.
4		5.135	Η AHU βρίσκεται στον τρίτο όροφο του κυρίως κτιρίου και διαθέτει φίλτρα τριών τύπων(B <sub>2</sub> , C και S), θερμαντικά, ψυκτικά, μεταθερμαντικά στοιχεία και έναν υγραντήρα. Το μεταθερμαντικό στοιχείο και ο υγραντήρας βρίσκονται στην τερματική μονάδα. Η παροχή εισόδου του αέρα γίνεται από την οροφή μέσω διάτρητων παροχών. Η έξοδος του αέρα γίνεται μέσω οκτώ ανοιγμάτων τετραγωνικής διατομής, τέσσερα κοντά στο δάπεδο και τέσσερα κοντά στην οροφή.
5 6 7	Κοινή για τα χειρουργεία 5,6 και 7	5.390	Η AHU βρίσκεται στον τρίτο όροφο του κυρίως κτιρίου και διαθέτει φίλτρα τριών τύπων(B <sub>2</sub> , C και S), θερμαντικά, ψυκτικά, μεταθερμαντικά στοιχεία και έναν υγραντήρα. Το μεταθερμαντικό στοιχείο και ο υγραντήρας βρίσκονται στην τερματική μονάδα. Η παροχή εισόδου του αέρα γίνεται από την οροφή μέσω διάτρητων παροχών. Η έξοδος του αέρα γίνεται μέσω οκτώ ανοιγμάτων τετραγωνικής διατομής, τέσσερα κοντά στο δάπεδο και τέσσερα κοντά στην οροφή.

## ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

- Οι AHUs δεν περιλαμβάνουν εξοικονομητή για ανάκτηση θερμότητας.
- Οι υπολογιζόμενες κλίμακες εξαερισμού των AHUs δεν υπερβαίνουν τις 20 με 25 ACH για κάθε ένα από τα χειρουργεία σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων. Δεν υπάρχει ανακύκλωση του αέρα και τα συστήματα εξαερισμού χρησιμοποιούν 100% φρέσκο αέρα. Η πίεση του αέρα μέσα στα φίλτρα είναι υπολογιζόμενη από μανόμετρα ώστε να υπολογίζεται σωστά η πτώση πίεσης μέσα στα φίλτρα.

- Δεν υπάρχει εξοπλισμός καθαρισμού στα χειρουργεία.
- Όλες οι μονάδες επεξεργασίας αέρα διαθέτουν γαλβανισμένους αεραγωγούς με τετραγωνική διατομή.

### ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Τρεις λέβητες ατμού χρησιμοποιούνται για να τροφοδοτούν τις AHUs και τα μεταθερμαντικά στοιχεία των μονάδων, όπως φαίνεται στον πίνακα Β.2.9-2. Υπάρχουν επίσης λέβητες που εξυπηρετούν και το υπόλοιπο νοσοκομείο.

Πίνακας Β.2.9-2: Τεχνικά χαρακτηριστικά των λεβήτων

Χειρουργεία	Τύπος λέβητα	Περιγραφή
1 έως 8	Λέβητας 1: 5.000 kg/h Λέβητας 2: 5.000 kg/h Λέβητας 3: 5.000 kg/h	Βρίσκονται σε ένα ανεξάρτητο εξωτερικό χώρο, περίπου 40 μ. μακριά από τις AHU. Οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες και είναι έκθετες στο εξωτερικό περιβάλλον. Η πίεση λειτουργίας είναι 8 bar.

### ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ:

- Το ζεστό νερό τροφοδοτείται από τους λέβητες ατμού μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας και παρέχεται προς τα βοηθητικά δωμάτια των χειρουργείων και χρησιμοποιείται από το προσωπικό για τον καθαρισμό των χεριών τους και την αποστείρωση των εργαλείων πριν τη χειρουργική επέμβαση.
- Ο υγραντήρας αποτελείται από ηλεκτρικές αντιστάσεις.

### ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ

Δύο ψυγεία χρησιμοποιούνται για να τροφοδοτούν τις AHUs, όπως φαίνεται στον πίνακα Β.2.9-3.

Πίνακας Β.2.9-3: Τεχνικά χαρακτηριστικά των ψυγείων

χειρουργεία	Τύπος ψυγείου	Περιγραφή
1 έως 7	Ψυγείο 1: 80.000 Btu/h Ψυγείο 2: 80.000 Btu/h	Βρίσκονται στο υπόγειο του κεντρικού κτιρίου, περίπου 30 μ. μακριά από τις AHUs. Οι σωλήνες διανομής του κρύου νερού είναι μονωμένες.

### ΑΛΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Τοπικά κλιματιστικά σώματα υπάρχουν στα χειρουργεία 2 και 3. Στο χειρουργείο 2 υπάρχουν δύο κλιματιστικά σώματα και στο χειρουργείο 3 μία μονάδα, για επιπλέον ψύξη το καλοκαίρι. Αυτό όμως αντιβαίνει στους κανονισμούς.

### ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

- Κάθε χειρουργείο είναι εξοπλισμένο με ξεχωριστούς θερμοστάτες και συστήματα ελέγχου λειτουργίας (ON/OFF). Όμως οι θερμοστάτες δε λειτουργούν σωστά και το ιατρικό προσωπικό δεν μπορεί να ρυθμίζει τις εσωτερικές συνθήκες.
- Οι AHUs δε λειτουργούν τη νύχτα, όταν τα χειρουργεία είναι εκτός υπηρεσίας.
- Όλα τα βασικά εξαρτήματα των HVAC συστημάτων συντηρούνται μία φορά το χρόνο. Τα φίλτρα πρώτου επιπέδου B<sub>2</sub> και τα φίλτρα δευτέρου επιπέδου C, αντικαθίστανται τέσσερις φορές το χρόνο. Τα φίλτρα τρίτου επιπέδου S, αντικαθίστανται μία φορά το χρόνο.

- Το προσωπικό του τεχνικού τμήματος προβαίνει σε απαραίτητες επισκευές, με τη συνεργασία κάποιας τεχνικής εταιρίας.

**ΣΧΟΛΙΑ**

- Οι εσωτερικές θερμικές συνθήκες δεν είναι ικανοποιητικές και η ατμόσφαιρα είναι αποπνικτική. Η θερμοκρασία το καλοκαίρι φτάνει συχνά, μέσα στα χειρουργεία, τους 30 °C, ενώ το χειμώνα η εσωτερική θερμοκρασία δεν είναι ικανοποιητική.

**B.2.9-Γ: ΦΩΤΙΣΜΟΣ**

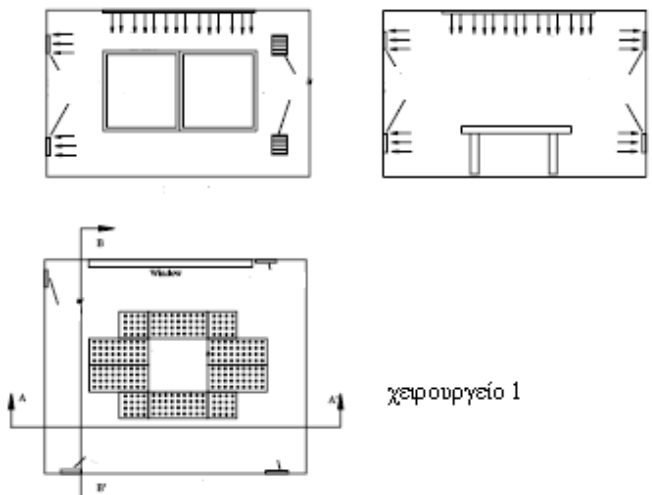
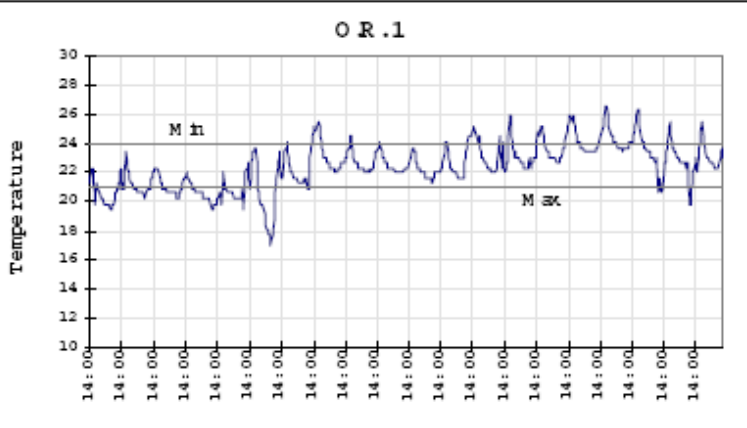
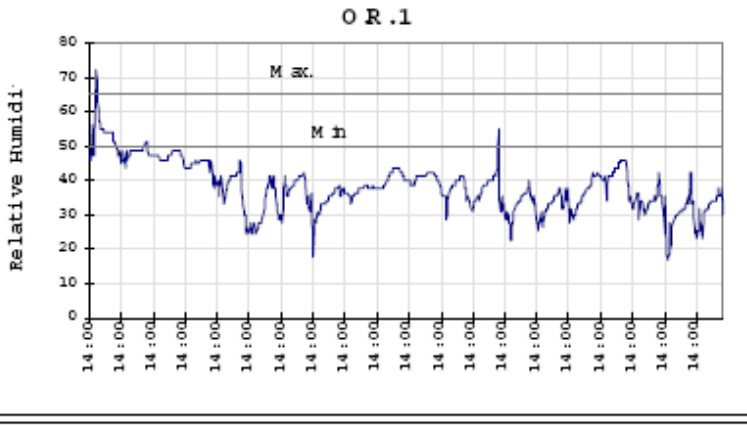
Όλοι οι χειρουργικοί χώροι διαθέτουν λάμπες φθορισμού για γενικό φωτισμό και τυπικές λάμπες χειρουργείων, όπως φαίνεται και στον πίνακα B.2.9-4.

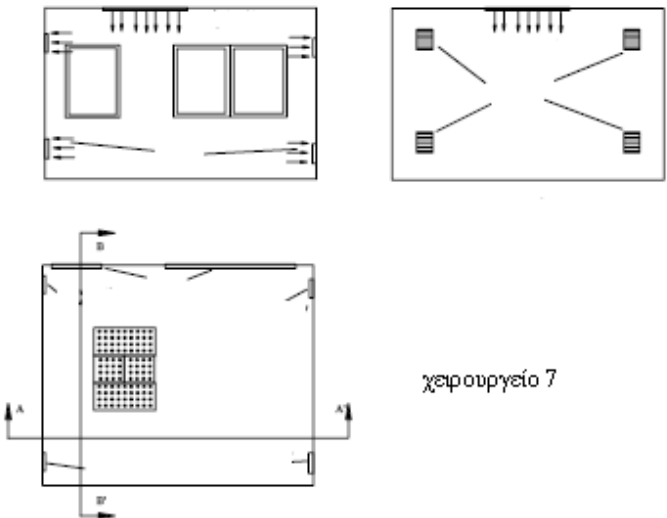
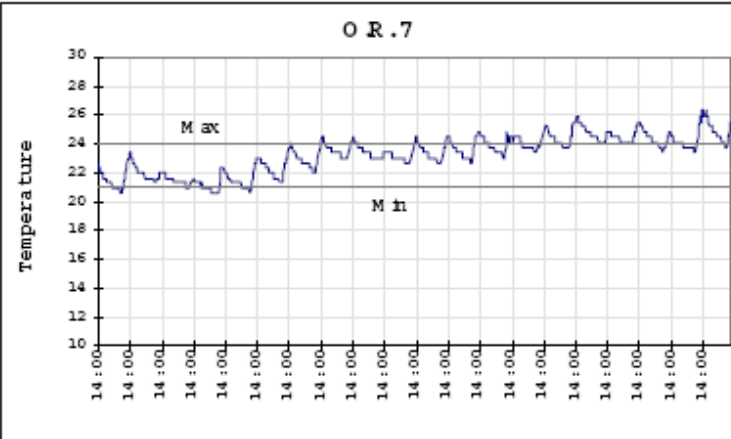
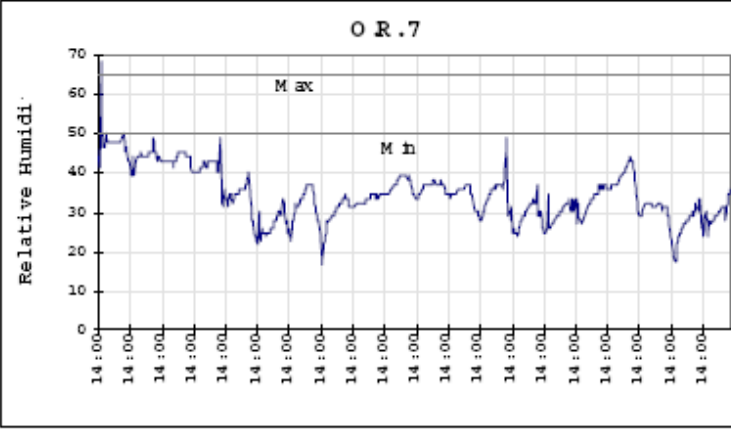
Πίνακας B.2.9-4: Τεχνητός φωτισμός και φυσικός φωτισμός.

Χειρουργεία	Συνολική ισχύς από γενικό φωτισμό(Watt)	Ισχύς τυπικών λαμπτήρων (Watt)	Φυσικός φωτισμός
1	280	350	ναι
2	280	510	-/-
3	280	510	-/-
4	280	350	-/-
5	280	280	-/-
6	280	250	-/-
7	280	280	-/-

**Β.2.9-Δ: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ**

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα χειρουργεία 1 και 7 και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες.

ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 1	
<p>Γενικές πληροφορίες:                      Η χρονική διάρκεια των μετρήσεων ήταν 20 ημέρες.                      Το χειρουργείο διαθέτει έξι διάτρητες παροχές εισόδου του αέρα και οκτώ παροχές εξόδου ενσωματωμένες στον τοίχο.                      Το χειρουργείο λειτουργεί καθημερινά από τις 8:00 έως τις 15:00 και οι συνθήκες λειτουργίας του συστήματος ρυθμίζονται από το τεχνικό προσωπικό.</p>	 <p style="text-align: right;">χειρουργείο 1</p>
<p>Θερμοκρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν είναι:</p> <p><math>T_{avg} = 22.4^{\circ}C</math>   <math>T_{max} = 26.6^{\circ}C</math>  <math>T_{min} = 17^{\circ}C</math>.</p> <p>Κατά το 60% της χρονικής διάρκειας των μετρήσεων η θερμοκρασία κυμαινόταν μεταξύ των ενδεικνυμένων τιμών.</p>	
<p>Σχετική υγρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας που καταγράφηκαν είναι:</p> <p><math>RH_{av} = 38.2\%</math>   <math>RH_{max} = 72.1\%</math>  <math>RH_{min} = 16.6\%</math></p> <p>Η σχετική υγρασία ήταν χαμηλότερη από τις ενδεικνυμένες τιμές, σχεδόν σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων.</p>	
<p>Εναλλαγές αέρα ανά ώρα: Τα επίπεδα εναλλαγών αέρα ήταν πολύ κοντά στις 20 ACH που επιβάλλουν οι κανονισμοί</p>	<p>Παρεχόμενος αέρας: 18,53 ACH                      Εξερχόμενος αέρας: 11,45 ACH</p>

ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 7	
<p>Γενικές πληροφορίες:                      Η χρονική διάρκεια των μετρήσεων ήταν 20 ημέρες.                      Το χειρουργείο διαθέτει τρεις διάτρητες παροχές εισόδου του αέρα και οκτώ παροχές εξόδου ενσωματωμένες στον τοίχο.                      Το χειρουργείο λειτουργεί καθημερινά από τις 8:00 έως τις 15:00 και οι συνθήκες λειτουργίας του συστήματος ρυθμίζονται από το τεχνικό προσωπικό.</p>	 <p>χειρουργείο 7</p>
<p>Θερμοκρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν ήταν:</p> <p><math>T_{avg} = 23.2^{\circ}\text{C}</math> <math>T_{max} = 26.3^{\circ}\text{C}</math>  <math>T_{min} = 20.6^{\circ}\text{C}</math>.</p> <p>Κατά το 60% της χρονικής διάρκειας των μετρήσεων η θερμοκρασία κυμαινόταν μεταξύ των ενδεικνυμένων τιμών.</p>	
<p>Σχετική υγρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας που καταγράφηκαν είναι:</p> <p><math>RH_m = 34.5\%</math> <math>RH_{max} = 68.4\%</math>  <math>RH_{min} = 16.7\%</math></p> <p>Η σχετική υγρασία ήταν χαμηλότερη από τις ενδεικνυμένες τιμές σχεδόν σε όλη τη χρονική διάρκεια των μετρήσεων.</p>	
<p>Εναλλαγές αέρα ανά ώρα: Τα επίπεδα εναλλαγών αέρα ήταν χαμηλότερα από τις 20 ACH.</p>	<p>Παρεχόμενος αέρας: 11 ACH                      Εξερχόμενος αέρας: 10 ACH</p>

**B.2.9-E: ΑΝΑΛΥΣΗ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ**

Τα χειρουργεία έχουν κάποια σοβαρά προβλήματα, που οφείλονται κυρίως στα χαμηλά επίπεδα εξαερισμού, στο φτωχό φωτισμό και γενικότερα στη λανθασμένη χρήση του HVAC συστήματος. Τα κυριότερα προβλήματα περιλαμβάνουν:

- Τα επίπεδα εξαερισμού ήταν πολύ χαμηλά και η ατμόσφαιρα αποπνικτική.
- Το σύστημα εξαερισμού παθαίνει συχνές βλάβες.
- Η εσωτερική θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή το καλοκαίρι και χαμηλή το χειμώνα.
- Οι AHUs δε λειτουργούν τη νύχτα, όταν τα χειρουργεία είναι εκτός υπηρεσίας.
- Οι παροχές εισόδου του φρέσκου αέρα είναι πολύ κοντά τοποθετημένες με τις παροχές εξόδου του σηπτικού αέρα και σε περιοχή με φτωχό εξαερισμό, με αποτέλεσμα ο εξερχόμενος αέρας να μπορεί να εισχωρήσει στις παροχές εισόδου.
- Οι AHUs δε διαθέτουν εφεδρικό σύστημα και η χρήση κλιματιστικών αντιβαίνει με τους κανονισμούς.
- Δύο από τις AHUs εξυπηρετούν περισσότερα από δύο χειρουργεία, γεγονός που αντιβαίνει με τους κανονισμούς.
- Το ιατρικό προσωπικό δεν μπορεί να ρυθμίσει τη θερμοκρασία, την υγρασία και τη ροή του αέρα, καθώς οι τοπικοί διακόπτες δε λειτουργούν.
- Η χρήση κλιματιστικών δεν ενδείκνυται και αντιβαίνει στους κανονισμούς.
- Τα επίπεδα θορύβου είναι πολύ υψηλά, καθώς το δωμάτιο ξεκούρασης του προσωπικού είναι πολύ κοντά στο χειρουργείο.
- Οι χειρουργικοί χώροι γενικής χρήσεως και ειδικά τα βοηθητικά δωμάτια είναι πολύ στενόχωρα.

**ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

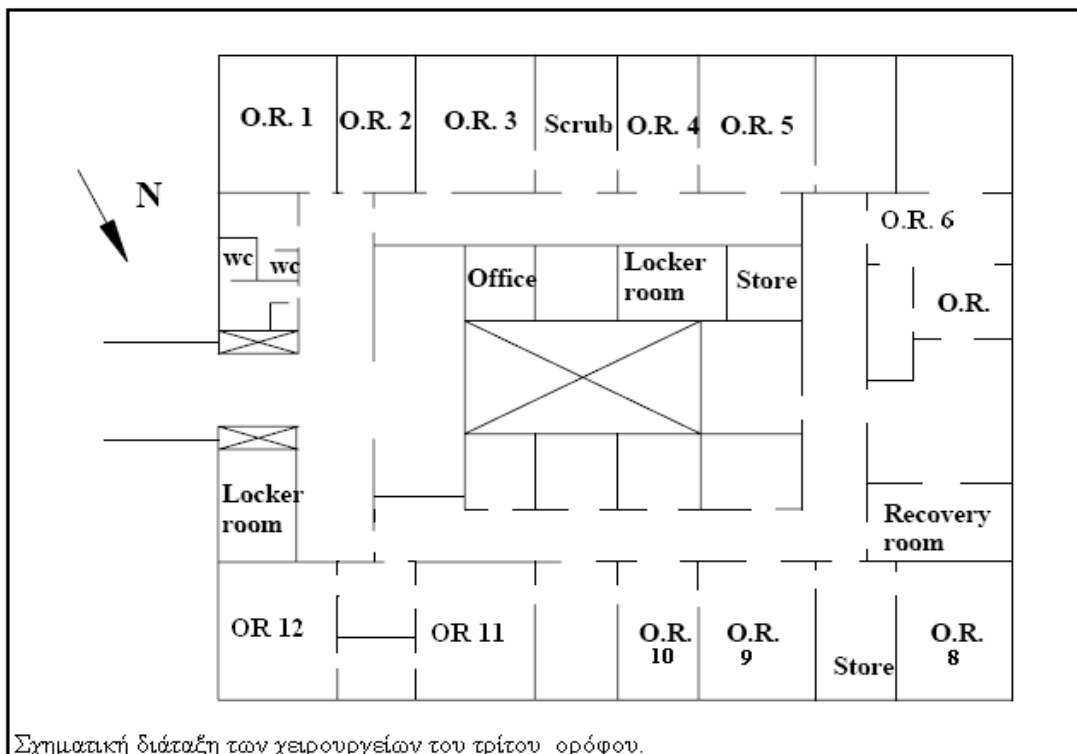
- Ανακαίνιση των χειρουργικών χώρων.
- Αφαίρεση των εξωτερικών παραθύρων.
- Επανασχεδιασμός των AHUs, ώστε να εξαλειφθεί η ανάγκη χρησιμοποίησης κλιματιστικών σωμάτων.
- Απομάκρυνση των κλιματιστικών σωμάτων από τους χειρουργικούς χώρους.
- Επανατοποθέτηση των AHUs, ώστε αν χρειαστεί μία AHU να εξυπηρετεί αποκλειστικά ένα ή δύο χειρουργεία και να καλύπτει έτσι τα θερμικά και ψυκτικά φορτία.
- Επαναπροσδιορισμός του μεγέθους της εγκατάστασης.
- Αναβάθμιση των AHUs για να μπορούν να παρέχουν τα επιθυμητά θερμικά και ψυκτικά φορτία.
- Εγκατάσταση ενός εξοικονομητή στις AHUs για ανάκτηση θερμότητας και εξοικονόμηση ενέργειας.
- Εγκατάσταση ανεξάρτητων συστημάτων ελέγχου για κάθε χειρουργείο, έτσι ώστε οι ρυθμίσεις όλων των εσωτερικών παραμέτρων να γίνονται από το ιατρικό προσωπικό, σύμφωνα με της εκάστοτε ανάγκες.
- Εγκατάσταση εφεδρικής AHU για κάθε χειρουργείο, σύμφωνα με τους κανονισμούς.
- Εγκατάσταση ενός αναστροφέα για χαμηλή ταχύτητα παροχής αέρα, ώστε να εξοικονομείται ενέργεια κατά τη διάρκεια της νύχτας.
- Λειτουργία των AHUs ακόμα και τις ώρες που δε χρησιμοποιούνται τα χειρουργεία, όπως τις βραδινές ώρες.
- Επανατοποθέτηση των παροχών εισόδου-εξόδου του αέρα.
- Οργάνωση και επάνδρωση του τεχνικού τμήματος που επιμελείται τη λειτουργία και τη συντήρηση των χειρουργικών εγκαταστάσεων.
- Εγκατάσταση συστημάτων καθαρισμού σε κάθε χειρουργείο.
- Καλύτερη οργάνωση της διάταξης του χώρου και για τα βοηθητικά δωμάτια.

## B.2.10 ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 10

ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 10	
Γενικά	Δημόσιο νοσοκομείο που αποτελείται από τέσσερα κτίρια τα οποία επικοινωνούν. Τα χειρουργεία χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες, ανάλογα με τη φύση της επέμβασης.
Έτος κατασκευής: 1930 Αριθμός χειρουργείων: 16 Αριθμός κλινών: 760 Αριθμός εργαζομένων: 2.300	Συνολική επιφάνεια: 44.000 m <sup>2</sup> . Ετήσιος αριθμός ασθενών: μη διαθέσιμος Πληρότητα κλινών: μη διαθέσιμη Αριθμός τεχνικών υπαλλήλων: 66
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας: Ηλεκτρισμός: 143 kwh/ m <sup>2</sup> θερμική: 108 kwh/ m <sup>2</sup>	
Σύστημα θέρμανσης:	Κεντρικά HVAC συστήματα για ολόκληρο το νοσοκομείο, τα οποία τροφοδοτούνται από λέβητες πετρελαίου. Τα κεντρικά HVAC συστήματα εξυπηρετούν μόνο τις δύο κατηγορίες χειρουργείων, ενώ τα υπόλοιπα θερμαίνονται από συμβατικό κεντρικό σύστημα θέρμανσης.
Σύστημα ψύξης:	Κεντρικά HVAC συστήματα μαζί με διαχειριζόμενες μονάδες αέρα για τις δύο κατηγορίες χειρουργείων. Τα υπόλοιπα δε διαθέτουν σύστημα ψύξης. Αρκετοί χώροι του νοσοκομείου είναι εξοπλισμένοι με τοπικά κλιματιστικά σώματα.
Εξαερισμός:	Κεντρικά HVAC συστήματα συμπεριλαμβανομένης AHU για τα χειρουργεία που είναι εξοπλισμένα με κλιματιστικές μονάδες. Οι υπόλοιποι χώροι αερίζονται με φυσικό τρόπο.
Φωτισμός:	Λάμπες φθορίου και λάμπες ειδικής λειτουργίας
Σχόλια:	Ένα μεγάλο νοσοκομείο που εξυπηρετεί μεγάλο αριθμό ασθενών και διενεργεί και έκτακτες επεμβάσεις σε καθημερινή βάση. Ένα από τα προβλήματα είναι οι φτωχές εσωτερικές θερμικές ανέσεις.

## B.2.10-A: Γενικές πληροφορίες χειρουργείων

Παρακάτω φαίνονται πως διατάσσονται τα χειρουργεία.

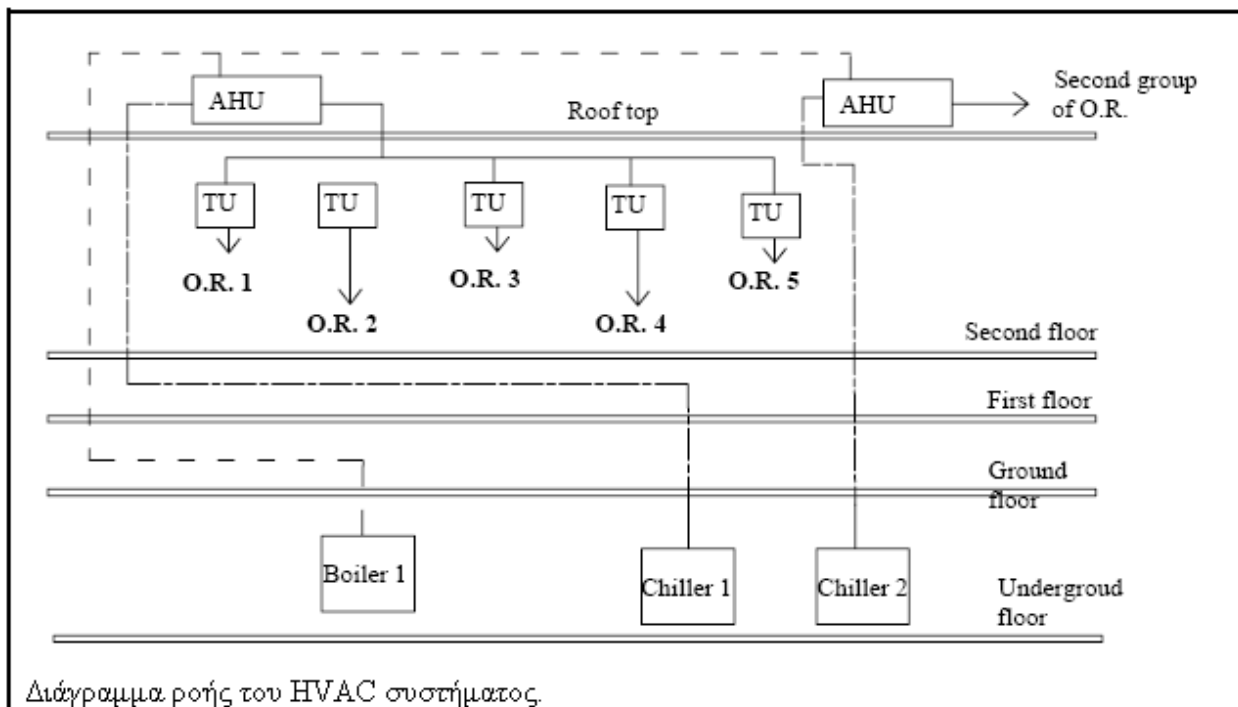




Τοποθεσία: 12 χειρουργεία στον τρίτο όροφο, δύο στον δεύτερο όροφο και πέντε στον πρώτο όροφο γειτνιάζοντος κτιρίου.	Αριθμός χειρουργείων: 19
Αριθμός ιατρών: 335	Αριθμός υπολοίπου ιατρικού προσωπικού: 75
Ωράριο λειτουργίας: 8:00 – 16:00 Μερικές φορές έως τις τελευταίες απογευματινές ώρες	Εφημερία κάθε δύο ημέρες
Συνολική επιφάνεια χειρουργείων: 173 m <sup>2</sup>	Συνολικός όγκος χειρουργείων: 520 m <sup>3</sup>
Περιγραφή	Μία κατηγορία χειρουργείων υποδεικνύεται στην επίπεδη διάταξη και αριθμούνται από το 1 έως το 5. Η επόμενη κατηγορία αποτελείται από επτά χειρουργεία, τα οποία χρησιμοποιούνται για εξειδικευμένες χειρουργικές επεμβάσεις. Οι μετρήσεις των θερμικών συνθηκών και ο έλεγχος του HVAC συστήματος πραγματοποιήθηκαν στην κατηγορία των πέντε χειρουργείων.
Σχόλια	Το κτίριο που στεγάζει τα χειρουργεία είναι παλιάς κατασκευής και χρειάζεται ανακαίνιση.

### B.2.10 -B: HVAC ΣΥΣΤΗΜΑ

Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα ροής του HVAC συστήματος κλιματισμού.



### ΜΟΝΑΔΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΕΡΑ-ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ

Μία διαχειριζόμενη μονάδα αέρα AHU εξυπηρετεί τα πέντε χειρουργεία που αριθμούνται στο παραπάνω διάγραμμα. Η μονάδα αυτή, είναι τοποθετημένη στην οροφή του κτιρίου και περιγράφεται στον πίνακα B.2.10-1. Μία άλλη μονάδα εξυπηρετεί τη δεύτερη κατηγορία χειρουργείων.

### Πίνακας B.2.10-1: Τεχνικά χαρακτηριστικά των AHUs

OR	Χαρακτηριστικά της AHU	Παροχή εισόδου αέρα (m <sup>3</sup> /h)	Περιγραφή
1-5	Κοινή για τα χειρουργεία 1 έως 5	μη διαθέσιμη	Η AHU βρίσκεται στην οροφή του κτιρίου και εγκαταστάθηκε το 1.972. Περιλαμβάνει μόνο φίλτρα πρώτου επιπέδου B <sub>2</sub> , θερμαντικό και ψυκτικό στοιχείο και έναν υγραντήρα, ο οποίος είναι εκτός λειτουργίας. Η είσοδος του αέρα σε κάθε χειρουργείο γίνεται μέσω δύο τετραγωνικών παροχών και ο εσωτερικός αέρας εξέρχεται μέσω ενός μονού ανοίγματος ενσωματωμένου στον τοίχο.

## ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

- Η μονάδα είναι παλιά και δε λειτουργεί αποδοτικά.
- Η AHU λειτουργεί μόνο τους καλοκαιρινούς μήνες.
- Το σύστημα δεν είναι εξοπλισμένο με φίλτρα C και S, γεγονός που είναι απαγορευτικό για τη λειτουργία μιας χειρουργικής μονάδας.
- Στα βοηθητικά δωμάτια και στο διάδρομο δεν υπάρχουν ανοίγματα για την είσοδο αντισηπτικού αέρα και αυτοί οι χώροι εξαερίζονται από τον αέρα των χειρουργείων. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες που τα ψυκτικά φορτία αυξάνονται δραστικά, η μονάδα δεν μπορεί να ανταποκριθεί στα φορτία και τελικά τα επίπεδα εξαερισμού είναι ανεπαρκή.
- Η μονάδα έχει μικρή ισχύ για μια τέτοια εγκατάσταση.
- Οι AHU δεν περιλαμβάνουν εξοικονομητή για ανάκτηση θερμότητας.
- Οι υπολογιζόμενες κλίμακες εξαερισμού της AHU είναι υπερβολικά χαμηλές σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων. Ως αποτέλεσμα, το ιατρικό προσωπικό χρησιμοποιεί παράθυρα για φυσικό αερισμό, αντιβαίνοντας στους κανονισμούς.
- Δεν υπάρχει ανακύκλωση του αέρα και το σύστημα χρησιμοποιεί 100% φρέσκο αέρα, ο οποίος δε φιλτράρεται σωστά.
- Υπάρχει εξοπλισμός καθαρισμού σε κάθε χειρουργείο.
- Όλες οι μονάδες επεξεργασίας αέρα διαθέτουν γαλβανισμένους αεραγωγούς με τετραγωνική διατομή.

## ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Ένας λέβητας πετρελαίου χρησιμοποιείται για να τροφοδοτεί την AHU των χειρουργείων, όπως φαίνεται στον πίνακα B.2.10-2. Όμως η AHU δε λειτουργεί κατά την περίοδο του χειμώνα και ο λέβητας χρησιμοποιείται για να τροφοδοτεί με ζεστό νερό τα θερμαντικά σώματα του συμβατικού συστήματος θέρμανσης.

Πίνακας B.2.10-2: Τεχνικά χαρακτηριστικά των λεβήτων

Χειρουργεία	Τύπος λέβητα	Περιγραφή
1 έως 5	Λέβητας 1: 1.200.000 kcal/h	Βρίσκονται στο υπόγειο του κτιρίου σε απόσταση περίπου 45 μ. από την AHU. Οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες.

## ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ:

- Το ζεστό νερό τροφοδοτείται από το λέβητα ατμού προς τα βοηθητικά δωμάτια των χειρουργείων και χρησιμοποιείται από το προσωπικό για τον καθαρισμό των χεριών τους και την αποστείρωση των εργαλείων πριν τη χειρουργική επέμβαση.

## ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ

Ένα ψυγείο χρησιμοποιείται για να τροφοδοτεί την AHU, όπως φαίνεται στον πίνακα Β.2.10-3.

Πίνακας Β.2.10-3: Τεχνικά χαρακτηριστικά των ψυγείων

χειρουργεία	Τύπος ψυγείου	Περιγραφή
1 έως 5	Ψυγείο 1: μη διαθέσιμη ισχύς	Βρίσκονται στο υπόγειο του κτιρίου σε απόσταση περίπου 45 μ. από την AHU. Οι σωλήνες μετάδοσης της θερμότητας είναι μονωμένες.

## ΑΛΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Συμβατική εγκατάσταση θέρμανσης με θερμαντικά σώματα χρησιμοποιείται το χειμώνα, παρόλο που αυτό αντιτίθεται στους κανονισμούς.

## ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

- Υπάρχει ένα κεντρικό σύστημα ελέγχου συστήματα ελέγχου λειτουργίας (ON/OFF) για την AHU. Συνεπώς το ιατρικό προσωπικό δεν μπορεί να ρυθμίζει τις εσωτερικές συνθήκες. Όλες οι ρυθμίσεις γίνονται από το προσωπικό τεχνικής εξυπηρέτησης.
- Οι AHUs δε λειτουργούν τη νύχτα, όταν τα χειρουργεία είναι εκτός υπηρεσίας.
- Οι παλιοί διακόπτες που εγκαταστάθηκαν στα χειρουργεία δε λειτουργούν. Υπάρχει ένας εσωτερικός θερμοστάτης, αλλά δεν είναι συνδεδεμένος με την AHU.
- Όλα τα βασικά εξαρτήματα των HVAC συστημάτων συντηρούνται μία φορά το χρόνο. Όμως οι σωλήνες διανομής του αέρα δεν καθαρίζονται ούτε αποστειρώνονται όπως επιβάλλουν οι κανονισμοί
- Τα φίλτρα εξαερισμού αντικαθίστανται μία φορά το χρόνο.
- Το προσωπικό του τεχνικού τμήματος προβαίνει σε απαραίτητες επισκευές, με τη συνεργασία κάποιας τεχνικής εταιρίας.

## ΣΧΟΛΙΑ

- Οι εσωτερικές θερμικές συνθήκες δεν είναι ικανοποιητικές και η ατμόσφαιρα είναι αποπνικτική, δημιουργώντας δυσφορία στους εργαζομένους. Το κτίριο είναι πολύ παλιό και η μόνωση δεν μπορεί πλέον να συγκρατήσει την υγρασία, με αποτέλεσμα να υπάρχει υγρασία στην οροφή των χειρουργείων.

Β.2.10-Γ: ΦΩΤΙΣΜΟΣ

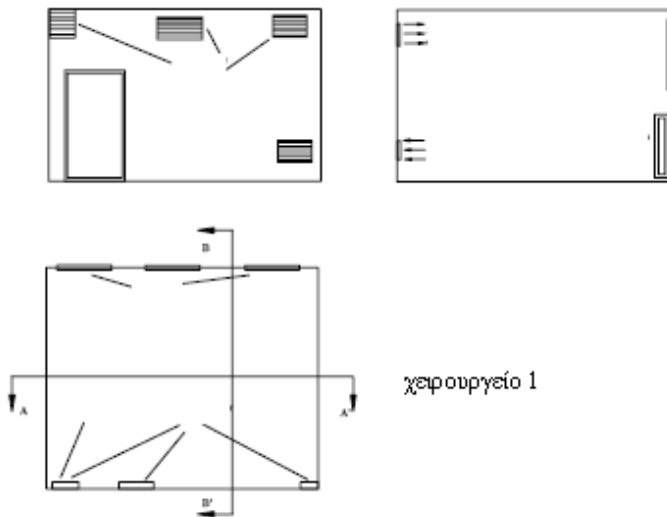
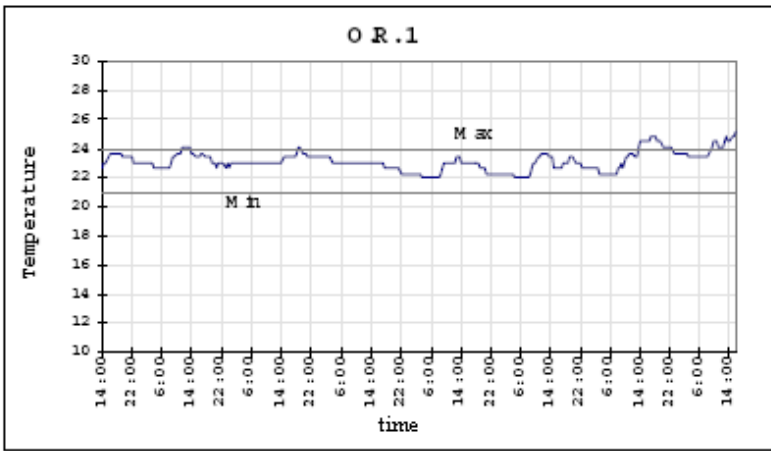
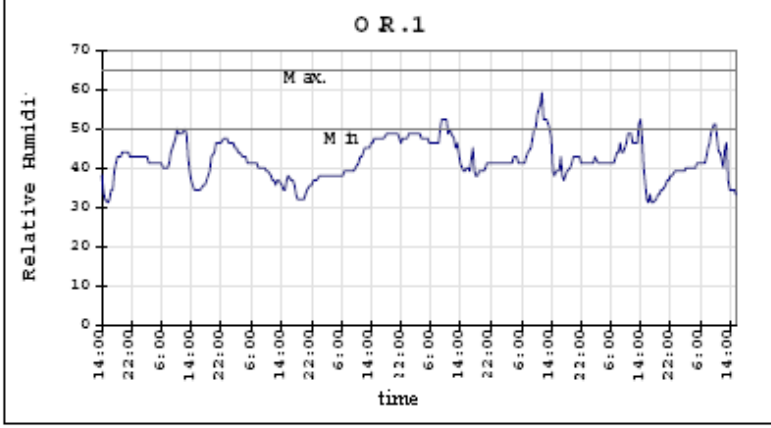
Όλοι οι χειρουργικοί χώροι διαθέτουν λάμπες φθορισμού για γενικό φωτισμό και τυπικές λάμπες χειρουργείων, όπως φαίνεται και στον πίνακα Β.2.10-4.

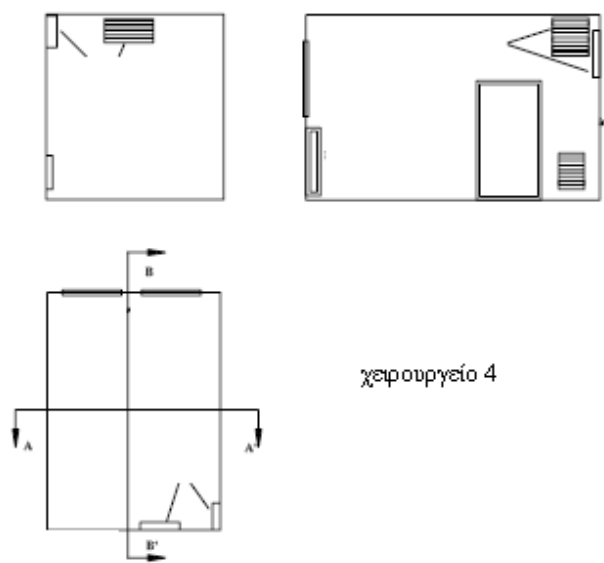
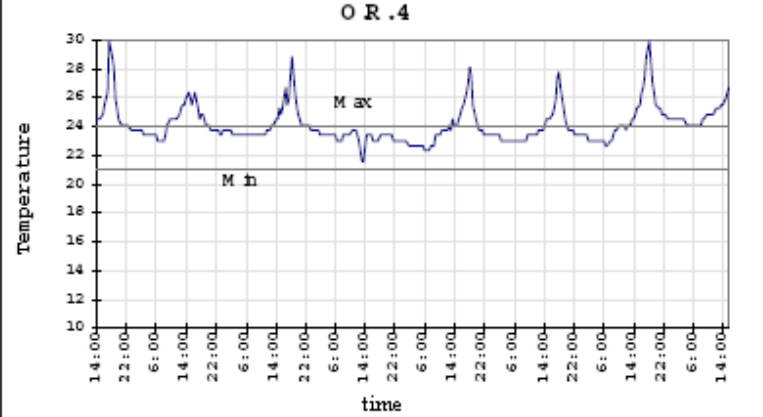
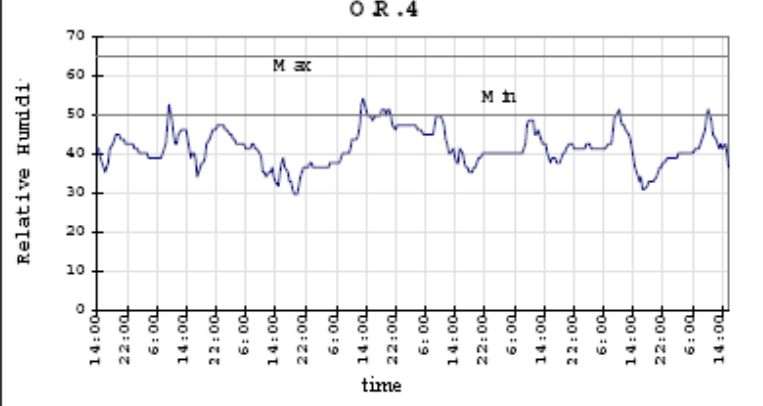
Πίνακας Β.2.10-4: Τεχνητός φωτισμός και φυσικός φωτισμός.

Χειρουργεία	Συνολική ισχύς από γενικό φωτισμό(Watt)	Ισχύς τυπικών λαμπτήρων (Watt)	Φυσικός φωτισμός
1	288	350	ναι
2	144	350	-/-
3	288	350	-/-
4	288	350	-/-
5	400	350	-/-

**B.2.10-Δ: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ**

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα χειρουργεία 1 και 4 και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες.

ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 1	
<p>Γενικές πληροφορίες:                      Η χρονική διάρκεια των μετρήσεων ήταν 8 ημέρες.                      Το χειρουργείο διαθέτει τρεις παροχές εισόδου του αέρα και μία παροχή εξόδου. Διαθέτει επίσης θερμαντικά σώματα.                      Το χειρουργείο λειτουργεί καθημερινά από τις 8:00 έως τις 16:00 και οι συνθήκες λειτουργίας του συστήματος ρυθμίζονται από το προσωπικό μέσω ενός διακόπτη ON/OFF.</p>	 <p>χειρουργείο 1</p>
<p>Θερμοκρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>T_{avg}=23,1</math> <math>T_{max}=25,2</math>  <math>T_{min}=22</math> βαθμοί κελσίου.                      Κατά το 88% της χρονικής διάρκειας των μετρήσεων η θερμοκρασία κυμαινόταν μεταξύ των ενδεικνυμένων τιμών.</p>	
<p>Σχετική υγρασία:                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>RH_{avg}=42,1\%</math> <math>RH_{max}=59,1\%</math>  <math>RH_{min}=31,3\%</math>                      Η σχετική υγρασία ήταν χαμηλότερη από τις ενδεικνυμένες τιμές σχεδόν σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων.</p>	
<p>Εναλλαγές αέρα ανά ώρα: Δεν υφίσταται εξαερισμός το Χειμώνα, το Φθινόπωρο και την Άνοιξη.</p>	<p>Παρεχόμενος αέρας: Η AHU είναι εκτός λειτουργίας.</p>

ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 4	
<p>Η χρονική διάρκεια των μετρήσεων ήταν 8 ημέρες.                      Το χειρουργείο διαθέτει δύο παροχές εισόδου και μία παροχή εξόδου του αέρα. Υπάρχουν επίσης και θερμαντικά σώματα.                      Το χειρουργείο λειτουργεί καθημερινά από τις 8:00 έως τις 16:00 και οι συνθήκες λειτουργίας ρυθμίζονται μόνο από το τεχνικό προσωπικό μέσω ενός διακόπτη ON/OFF.</p>	 <p style="text-align: center;">χειρουργείο 4</p>
<p><b>Θερμοκρασία:</b>                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>T_{avg}=24,1</math> <math>T_{max}=29,9</math>  <math>T_{min}=21,6</math> βαθμοί κελσίου.</p>	
<p><b>Σχετική υγρασία:</b>                      Ο μέσος όρος, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας που καταγράφηκαν είναι:  <math>RH_{avg}=41,5\%</math> <math>RH_{max}=53,9\%</math>  <math>RH_{min}=29,8\%</math>                      Η σχετική υγρασία ήταν χαμηλότερη από τις ενδεικνυόμενες τιμές σχεδόν σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων.</p>	
<p><b>Εναλλαγές αέρα ανά ώρα:</b>                      Εξαερισμός υφίσταται μόνο το καλοκαίρι</p>	<p>Παρεχόμενος αέρας: Η AHU είναι εκτός λειτουργίας.</p>

**B.2.10-E: ΑΝΑΛΥΣΗ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ**

Τα χειρουργεία έχουν κάποια σοβαρά προβλήματα, που οφείλονται κυρίως στα χαμηλά επίπεδα εξαερισμού, στο φτωχό φωτισμό και γενικότερα στη λανθασμένη χρήση του HVAC συστήματος. Τα κυριότερα προβλήματα περιλαμβάνουν:

- Τα επίπεδα εξαερισμού ήταν μηδενικά και η ατμόσφαιρα αποπνικτική. Το σύστημα λειτουργεί μόνο το καλοκαίρι και οι εργαζόμενοι είναι εκτεθειμένοι σε κίνδυνο λόγω του φτωχού εξαερισμού.
- Το σύστημα εξαερισμού παθαίνει συχνές βλάβες.
- Η εσωτερική θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή το καλοκαίρι και χαμηλή το χειμώνα.
- Υπάρχει μόνο μία AHU για πέντε χειρουργεία και δεν μπορεί να καλύψει τα απαιτούμενα φορτία
- Οι AHUs δε λειτουργούν τη νύχτα, όταν τα χειρουργεία είναι εκτός υπηρεσίας.
- Οι παροχές εισόδου του φρέσκου αέρα είναι πολύ κοντά τοποθετημένες με τις παροχές εξόδου του σηπτικού αέρα και σε περιοχή με φτωχό εξαερισμό, με αποτέλεσμα ο εξερχόμενος αέρας να μπορεί να εισχωρήσει στις παροχές εισόδου.
- Οι σωληνώσεις και οι παροχές αέρα είναι σκουριασμένες.
- Δεν υπάρχει παροχή αέρα στα βοηθητικά δωμάτια.
- Οι AHUs δε διαθέτουν εφεδρικό σύστημα και η χρήση θερμαντικών σωμάτων αντιβαίνει με τους κανονισμούς.
- Το ιατρικό προσωπικό δεν μπορεί να ρυθμίσει τη θερμοκρασία, την υγρασία και τη ροή του αέρα, καθώς δεν υπάρχουν τοπικοί διακόπτες άμεσης λειτουργίας.
- Η χρήση κλιματιστικών δεν ενδείκνυται και αντιβαίνει στους κανονισμούς.
- Τα επίπεδα θορύβου είναι πολύ υψηλά, καθώς το δωμάτιο ξεκούρασης του προσωπικού είναι πολύ κοντά στο χειρουργείο.

**ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

- Ανακαίνιση των χειρουργικών χώρων.
- Αφαίρεση των εξωτερικών παραθύρων.
- Επανασχεδιασμός της AHU, ώστε να εξαιρεθεί η ανάγκη χρησιμοποίησης θερμαντικών σωμάτων.
- Απομάκρυνση των κλιματιστικών σωμάτων από τους χειρουργικούς χώρους.
- Εγκατάσταση και άλλων AHUs ώστε μία μονάδα να εξυπηρετεί έως δύο το πολύ χειρουργεία.
- Λειτουργία ενός κεντρικού HVAC συστήματος για θέρμανση και ψύξη.
- Αναβάθμιση των AHUs για να μπορούν να παρέχουν τα επιθυμητά θερμικά και ψυκτικά φορτία.
- Εγκατάσταση ενός εξοικονομητή στις AHUs για ανάκτηση θερμότητας και εξοικονόμηση ενέργειας.
- Εγκατάσταση ανεξάρτητων συστημάτων ελέγχου για κάθε χειρουργείο, έτσι ώστε οι ρυθμίσεις όλων των εσωτερικών παραμέτρων να γίνονται από το ιατρικό προσωπικό, σύμφωνα με της εκάστοτε ανάγκες.
- Εγκατάσταση εφεδρικής AHU για κάθε χειρουργείο, σύμφωνα με τους κανονισμούς.
- Εγκατάσταση ενός αναστροφέα για χαμηλή ταχύτητα παροχής αέρα, ώστε να εξοικονομείται ενέργεια κατά τη διάρκεια της νύχτας.
- Εναλλαγή της λειτουργίας των AHUs, ώστε να επιτρέπεται η τακτική τους συντήρηση.
- Λειτουργία των AHUs ακόμα και τις ώρες που δε χρησιμοποιούνται τα χειρουργεία, όπως τις βραδινές ώρες.
- Επανατοποθέτηση των παροχών εισόδου-εξόδου του αέρα.
- Εγκατάσταση συστημάτων καθαρισμού σε κάθε χειρουργείο.
- Καλύτερη οργάνωση της διάταξης του χώρου και για τα βοηθητικά δωμάτια.

## **Γ.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΩΝ ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΜΟΥ**

Στο μέρος Γ παρουσιάζονται μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο νοσοκομείο 'Ευαγγελισμός'. Οι μετρήσεις αφορούν τους χώρους των χειρουργείων Νο 1,2,3,4,5,13 και 14. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι:

- CLASSIFICATION MEASUREMENTS σύμφωνα με ISO 14644 για χώρους C&D και GMP'S REVISION ANNEX-1 (m<sup>3</sup>) για χώρους A&B
- BAY VELOCITY TEST ελέγχου παροχών στομιών ή φίλτρων για προσδιορισμό της αλλαγής των χώρων ή τα όρια ταχυτήτων των HEPA σύμφωνα με ISO 14644 B4
- DIFFERENTIAL PRESSURE για τον έλεγχο της πτώσης πίεσης ΔΡ μεταξύ των χώρων.

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων τα χειρουργεία βρίσκονταν στην κατάσταση at rest, σύμφωνα με την οποία δεν βρίσκεται στο εσωτερικό του χειρουργείου κανένα μέλος του ιατρικού προσωπικού και δε διεξάγεται επέμβαση. Όμως βρίσκονται σε λειτουργία οι μονάδες και τα συστήματα κλιματισμού, ώστε να μπορούν να καταγραφούν οι απαραίτητες μετρήσεις.

Τα όργανα μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

1. MET ONE 2400
2. DWYER MARK III
3. TSI ACCUBALLANCE
4. TESTO 445

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι αποτυπωμένα στα αντίστοιχα σχέδια των χειρουργικών χώρων και παρατίθενται σε κάθε κεφάλαιο ξεχωριστά.

### **Γ.1.1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΟΧΩΝ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΑΕΡΑ**

Γενικά σε εγκαταστάσεις με τυρβώδη αναμεμειγμένη ροή ο όγκος ροής του αέρα και ο λόγος ροής του αέρα είναι τα κύρια υπό διερεύνηση χαρακτηριστικά. Σε μερικές περιπτώσεις η μέτρηση της ταχύτητας του φρέσκου αέρα σε ξεχωριστά τερματικά αέρα είναι απαραίτητη ώστε να καθοριστεί η ροή από κάθε τερματικό αέρα.

Όταν καθορίζονται οι απαιτήσεις στις οποίες θα πρέπει να ανταποκρίνεται η κατανομή της ταχύτητας του αέρα και συμπεραίνεται ότι συμβαδίζει με αυτές τις απαιτήσεις, θα πρέπει να τεκμηριωθούν τα παρακάτω (VDI 2083 § 5.3.1):

1. Η επιφάνεια μέτρησης στην οποία αυτές οι απαιτήσεις αναφέρονται.
2. Οι χρονικές μεταβολές που πρέπει να ληφθούν υπόψη και
3. Η ακρίβεια της μέτρησης που απαιτείται προς επίδειξη.

#### **Ταχύτητα παρεχόμενης ροής αέρα**

Όπου θεωρείται απαραίτητο να μετρηθεί η ταχύτητα της ροής του φρέσκου αέρα απευθείας συνίσταται η εξής διαδικασία:

Η μέτρηση πρέπει να πραγματοποιείται στο κάτω μέρος του φίλτρου. Το επίπεδο μέτρησης καθορίζεται σε μια απόσταση μεταξύ 150 και 300 mm από την επιφάνεια εξόδου από το φίλτρο και η οποία διαιρείται σε κυψελωτά πλέγματα με ίσα τμήματα επιφανειών. Η απόσταση μέτρησης προτιμάται να είναι στα 300 mm. Κάθε κυψελωτό πλέγμα πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο από 600 mm × 600 mm. Όπου απαιτούνται μεγαλύτερες επιφάνειες, αυτές θα πρέπει να συμφωνηθούν μεταξύ του χρήστη και του προμηθευτή (VDI 2083 § 5.3.2).

Οι μετρήσεις πρέπει να πραγματοποιούνται στο κέντρο κάθε κυψελωτού πλέγματος. Το επίπεδο μέτρησης θα πρέπει να τεκμηριωθεί.

Όπου οι μετρήσεις επαναλαμβάνονται συνίσταται η χρήση του ίδιου επιπέδου μέτρησης (VDI 2083 § 5.3.2). Η τυπική απόκλιση της μετρηθείσας ταχύτητας δε θα πρέπει να ξεπερνά το 20% τη καθορισμένη τιμή για κάθε τερματικό φίλτρο και η μέση τιμή για όλα τα τερματικά φίλτρα θα πρέπει να είναι  $\pm 20\%$  γύρω από την καθορισμένη τιμή (VDI 2083 § 5.3.2). Η τυπική απόκλιση λαμβάνεται χρησιμοποιώντας την παρακάτω εξίσωση:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

Όπου S είναι η τυπική απόκλιση,

Όπου n το πλήθος των τιμών των ταχυτήτων,

Όπου  $x_i$  είναι η ανεξάρτητη μετρημένη τιμή,

Όπου i είναι ο μετρητής.

Το λιγότερο κάθε 10 sec θα πρέπει να πραγματοποιούνται μετρήσεις σε κάθε σημείο και η μέση τιμή θα πρέπει να καταγράφεται.

Όπου το επίπεδο δεν μπορεί να διαιρεθεί σε κυψελωτά πλέγματα, επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί η μέση ταχύτητα του αέρα ροής βάσει της επιφάνειας, αντί της ταχύτητας του φρέσκου αέρα.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της ταχύτητας της ροής του αέρα μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό του όγκου ροής του αέρα σε εγκαταστάσεις με γραμμική ροή. Ο συνολικός όγκος ροής υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την εξίσωση (2)

$$Q_{st} = \sum (V_c \times A_c) \times 3600 \quad (2)$$

όπου  $Q_{st}$  είναι ο ολικός όγκος ροής του αέρα,  $V_c$  η ταχύτητα ροής στο κέντρο κάθε κυψέλης,  $A_c$  το εμβαδόν της εν λόγω επιφάνειας της κυψέλης.

Με το όργανο testo 417 είναι δυνατή η άμεση μέτρηση παροχής σε στόμια, ανεξαρτήτου διάστασης.

Το εύρος μέτρησης της ταχύτητας κυμαίνεται από 0,2 έως 1,0 m/s

### **Όγκος ροής αέρα σε εγκαταστάσεις με μη γραμμική ροή**

Ο όγκος ροής του φρέσκου αέρα σε εγκαταστάσεις με τυρβώδη αναμεμειγμένη ροή θα πρέπει να μετράται χρησιμοποιώντας ένα μετρητή ροής τύπου HOOD (όργανο TSI-ACCUBALANCE 8371 MD) ο οποίος λαμβάνει ολόκληρο τον αέρα από κάθε τερματικό φίλτρο ή διαχύτη φρέσκου αέρα (VDI 2083 § 5.3.3).

Ο όγκος ροής φρέσκου αέρα καθορίζεται χρησιμοποιώντας το μετρητή ροής τύπου HOOD TSI-ACCUBALANCE 8371 MD ή ως το γινόμενο της ταχύτητας της ροής του αέρα επί την αποδοτική επιφάνεια.

Το άνοιγμα εισαγωγής του συγκεκριμένου μετρητή θα πρέπει να περικλείει εντελώς το φίλτρο ή τη στροβιλώδη εξαγωγή και η μετωπική επιφάνεια του μετρητή θα πρέπει να τοποθετείται σφιχτά σε επίπεδη επιφάνεια, ώστε να αποφεύγεται η διαφυγή αέρα και κατ'επέκταση οι μη ακριβείς ενδείξεις του οργάνου. Εάν η στροβιλώδης εξαγωγή παραμείνει τοποθετημένη κατά τη διάρκεια της μέτρησης το HOOD θα πρέπει να περιλαμβάνει ένα αρκούντως αποδοτικό διορθωτή ροής για να μειωθούν οι στροβιλισμοί. Διαφορετικά η μετρηθείσα τιμή θα πρέπει να διορθωθεί χρησιμοποιώντας ένα διορθωτικό συντελεστή μη γραμμικής ροής. Ο υπολογισμός αυτού του διορθωτικού συντελεστή περιγράφεται συνήθως από τον κατασκευαστή της στροβιλώδους εξαγωγής (VDI 2083 § 5.3.3).

Στις περιπτώσεις όπου το αποτέλεσμα είναι το γινόμενο της ταχύτητας επί την επιφάνεια, το επίπεδο της μέτρησης χωρίζεται σε κυψελωτά πλέγματα ίσων επιφανειών. Η ταχύτητα της ροής του αέρα θα πρέπει να μετράται στο κέντρο της κάθε κυψέλης. Οι κυψέλες δε θα πρέπει να έχουν διαστάσεις μεγαλύτερες από 600 mm × 600 mm (VDI 2083 § 5.3.3).



Όταν καθορίζεται ο όγκος ροής του αέρα χρησιμοποιώντας την ταχύτητα, πρέπει να τοποθετείται ένα κάλυμμα το οποίο θα εσωκλείει το φίλτρο από την κάτω μεριά. Αυτό το κάλυμμα θα πρέπει να φτάνει τουλάχιστον ως την κατώτατη πλευρά του μετρητικού οργάνου. Ο όγκος ροής του αέρα σε κάθε τερματικό φίλτρο ή διαχύτη φρέσκου θα πρέπει να υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την εξίσωση (2). Για τη λήψη αντιπροσωπευτικής τιμής, η διάρκεια της μέτρησης είναι 10 sec σε κάθε σημείο της μέτρησης (VDI 2083 § 5.3.3).

#### **Μέτρηση όγκου ροής αέρα σε αεραγωγούς**

Εάν έχει τοποθετηθεί ογκομετρικός μετρητής όπως σωλήνας Venturi ή υπάρχει άνοιγμα στον αεραγωγό, ο όγκος ροής αέρα προσδιορίζεται χρησιμοποιώντας αυτό το μετρητή ροής με την προϋπόθεση ότι ο τελευταίος είναι διακριβωμένος (VDI 2083 § 5.3.4). Εναλλακτικά χρησιμοποιείται σωλήνας Pitot και μανόμετρο ή ανεμόμετρο. Ο αριθμός των σημείων μέτρησης καθορίζεται ανάλογα με τη διαδικασία (κεντροειδής άξονας ή τετριμμένη μέθοδος) όπως ορίζεται στο DIN EN 12599.

Ο όγκος ροής του κάθε τερματικού ή διαχύτη φρέσκου αέρα θα πρέπει να αξιολογείται όπως περιγράφηκε παραπάνω. Οι μετρήσεις πρέπει να διαρκούν το λιγότερο για 10 sec σε κάθε σημείο και να καταγράφεται η μέση τιμή αυτών (VDI 2083 § 5.3.4).

#### **Μετρήσεις ταχύτητας στο χώρο**

Οι μετρήσεις ταχύτητας στο χώρο στο σημείο μέτρησης του μικροσωματιδιακού φορτίου λαμβάνουν μέρος σε 1,20 m από το έδαφος ή στο επίπεδο του κλωβού, όπου αυτός υπάρχει. Σκοπός των μετρήσεων είναι ο έλεγχος παροχής στο χώρο και έμμεσα την αναγωγή για τις προδιαγραφές ως προς τις αλλαγές σε κάθε παραγωγικό χώρο.

Σε περίπτωση καθαρού χώρου που υπάρχει και LAF, για τον υπολογισμό των συνολικών εναλλαγών του αέρα αθροίζονται και αυτές που προκύπτουν από την παροχή αέρα του LAF.

Λοιπά όργανα ελέγχου ταχυτήτων και μέτρησης παροχών είναι :

- TA 35
- METONE 2400- Sensor AV 1012-D2-D205M
- TESTO 445 - Sensors AG 408, AG 409
- TESTO 417

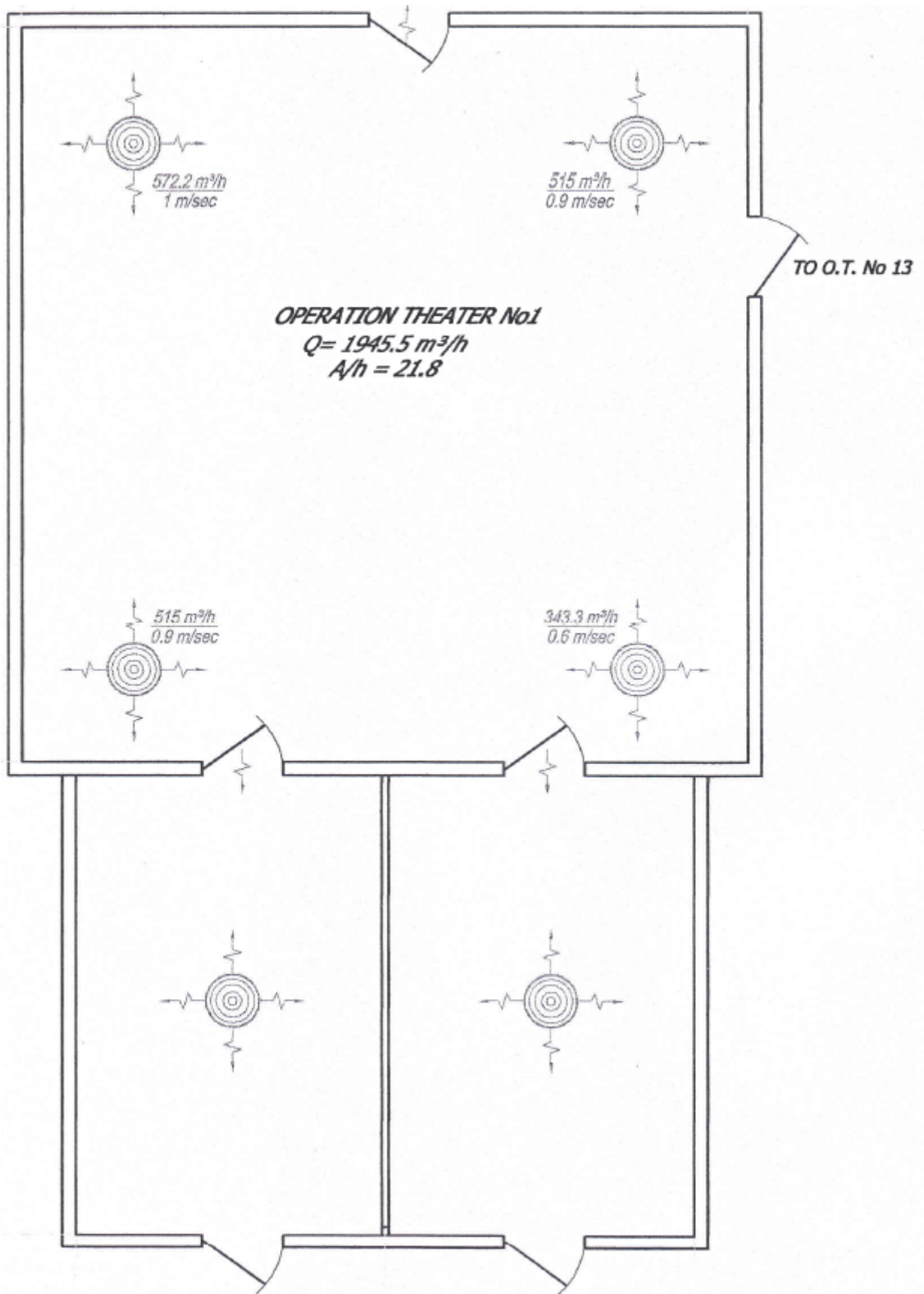
Ο υπολογισμός των εναλλαγών ανά χώρο, σύμφωνα με τους τύπους και σε συνδυασμό με τον αριθμό των στομιών είναι:

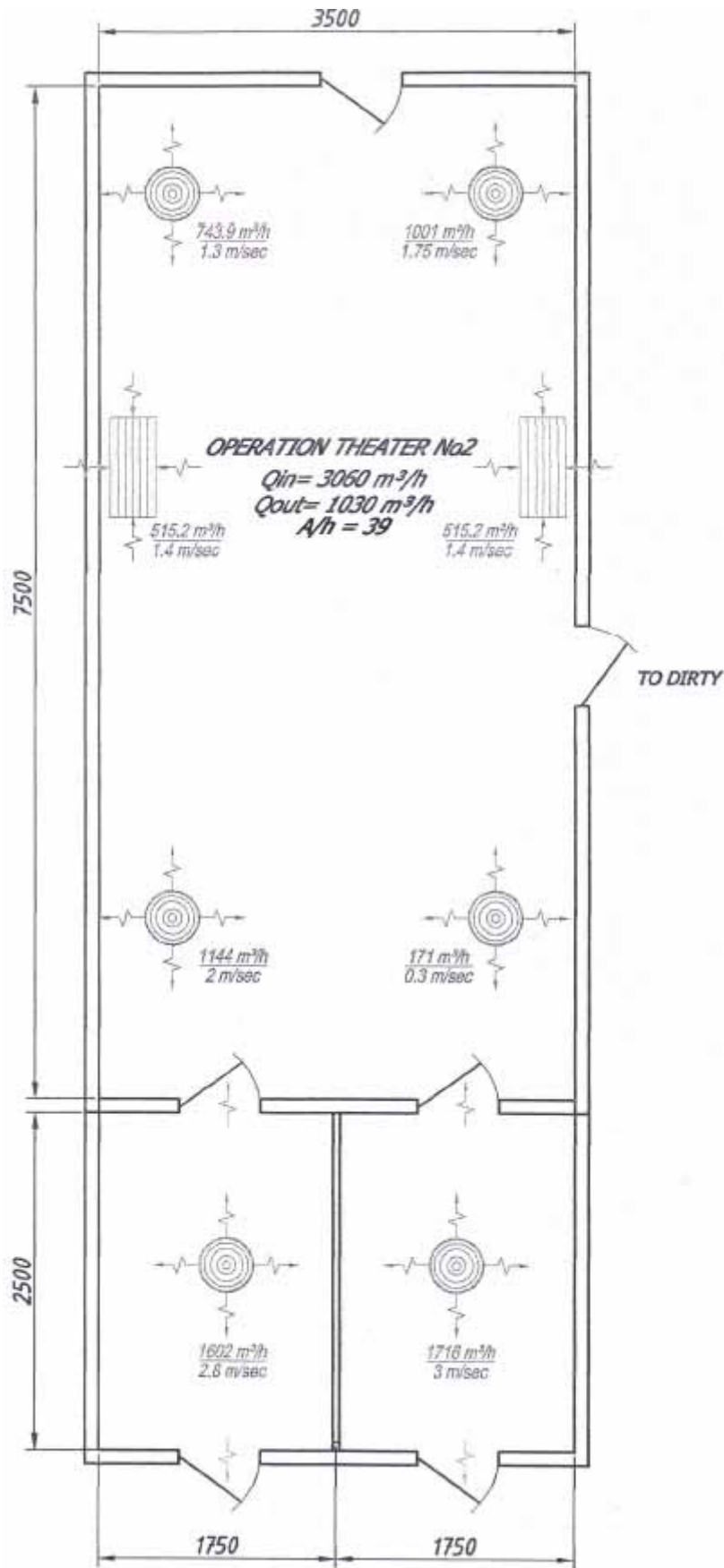
$$Q(\text{m}^3/\text{h})_{\text{στομίου}} = F \times U$$

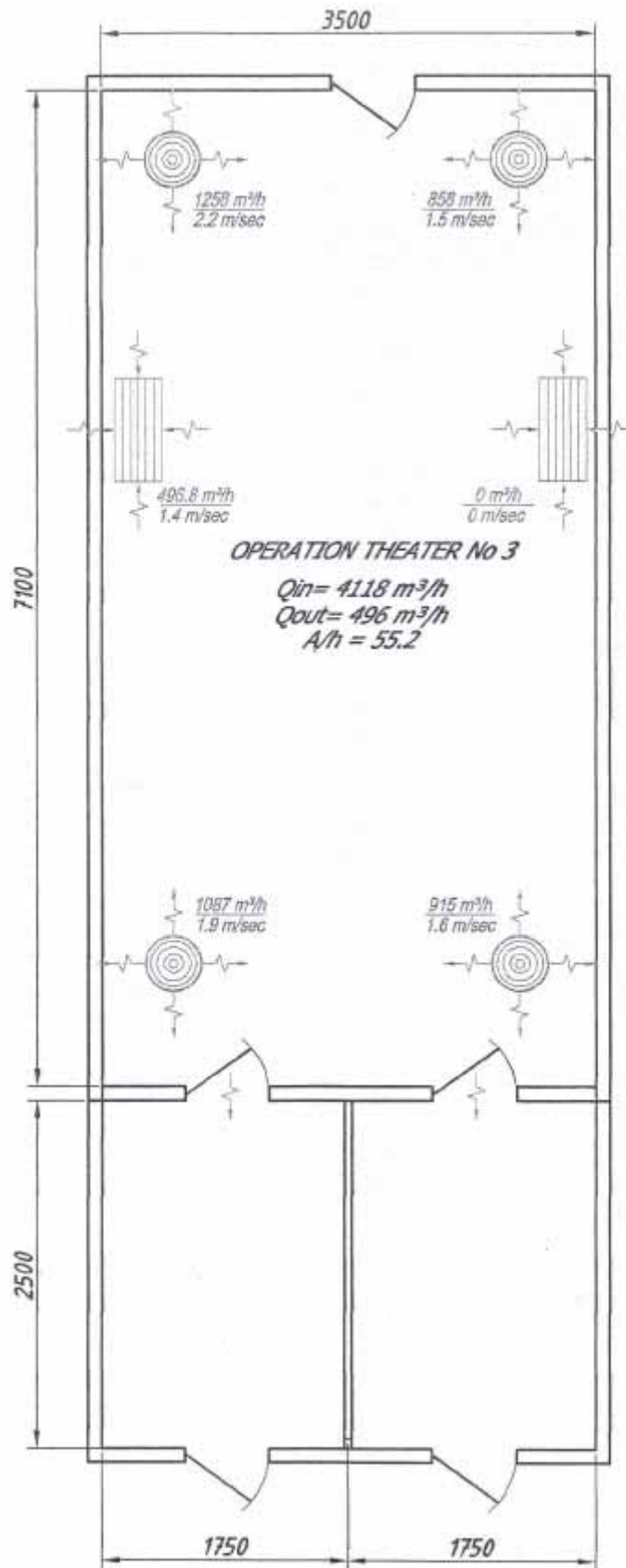
$$Q(\text{m}^3/\text{h})_{\text{χώρου}} = \Sigma(Q_{\text{στομίων χώρου}})$$

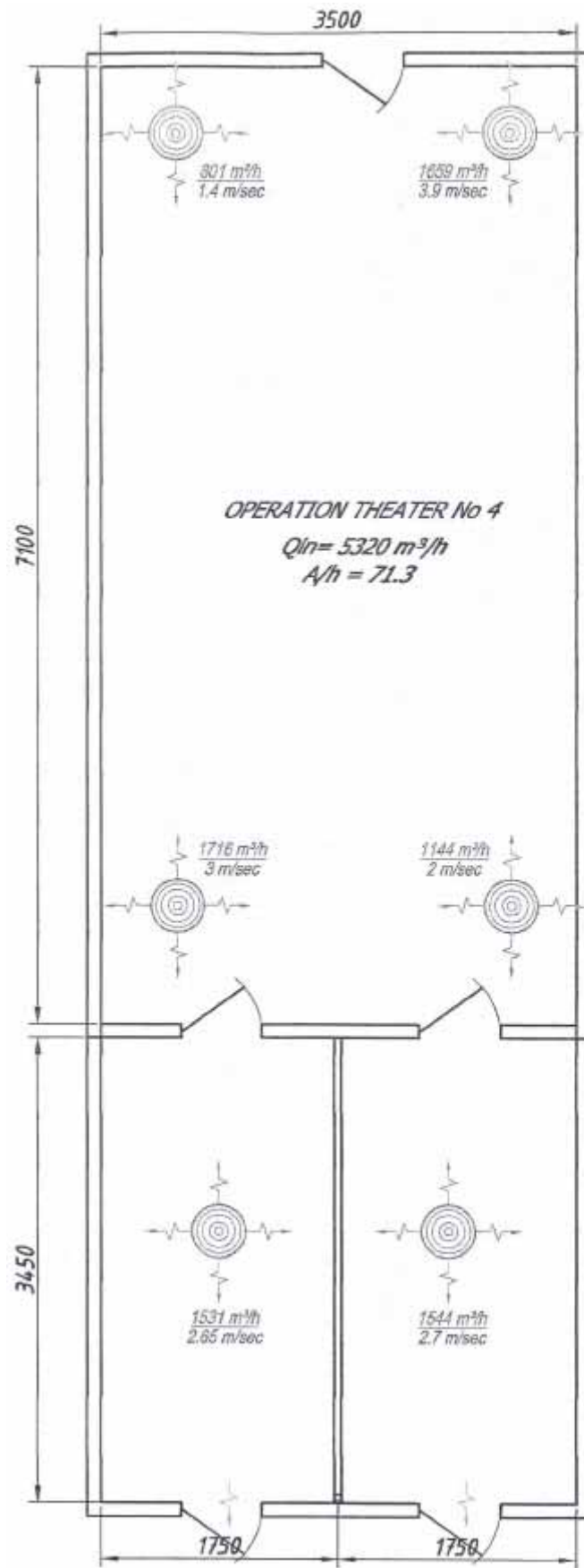
$$Q(\text{m}^3/\text{h})_{\text{χώρου}} = V(\text{όγκου χώρου}) = A/H \text{ (αλλαγές αέρα)}$$

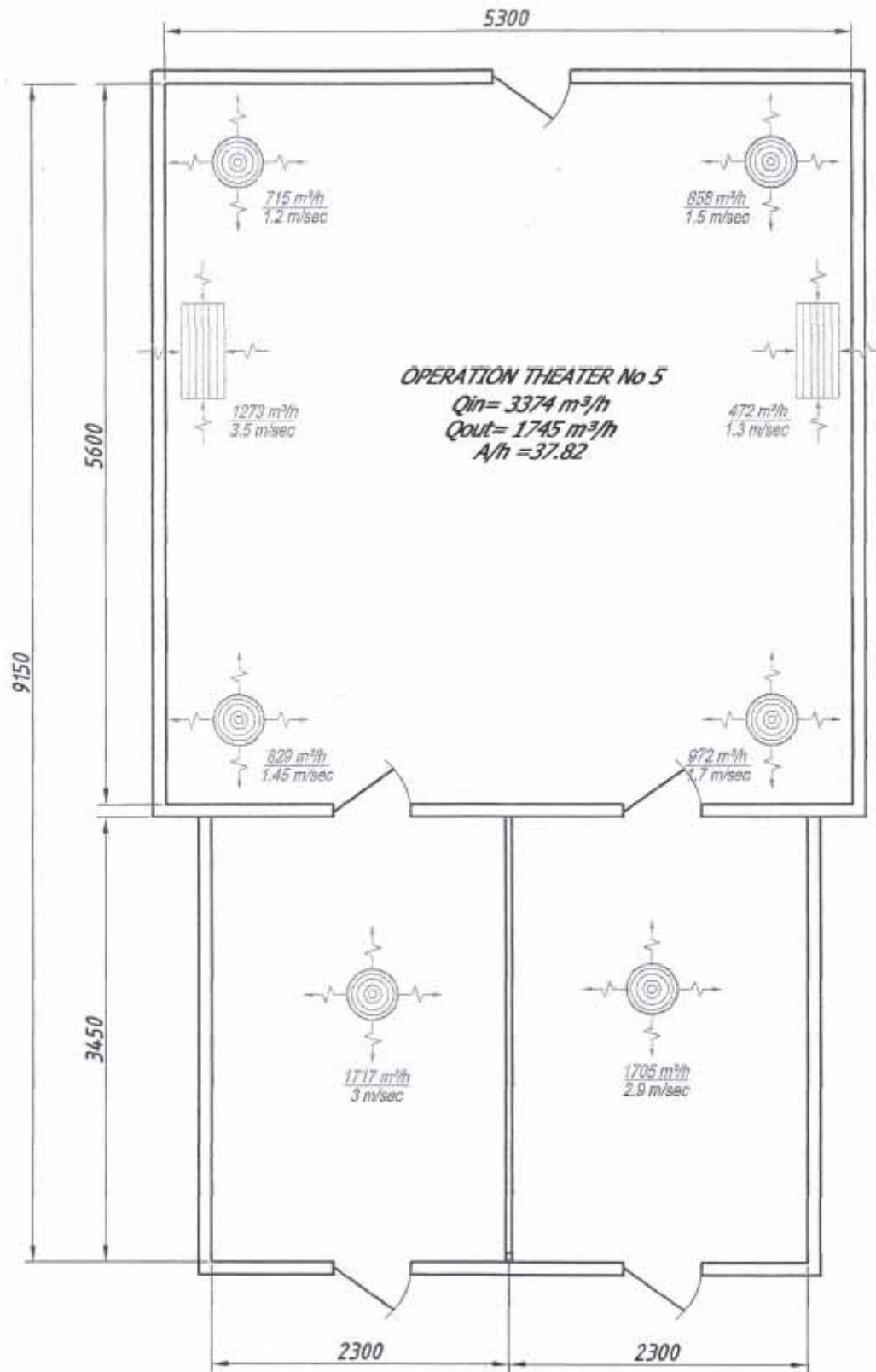
Παρακάτω παρουσιάζονται τα σχέδια των 7 ελεγχόμενων χειρουργείων και έχουν συνημμένα τα αποτελέσματα των μετρήσεων παροχών και ταχύτητας εισερχόμενου αέρα.

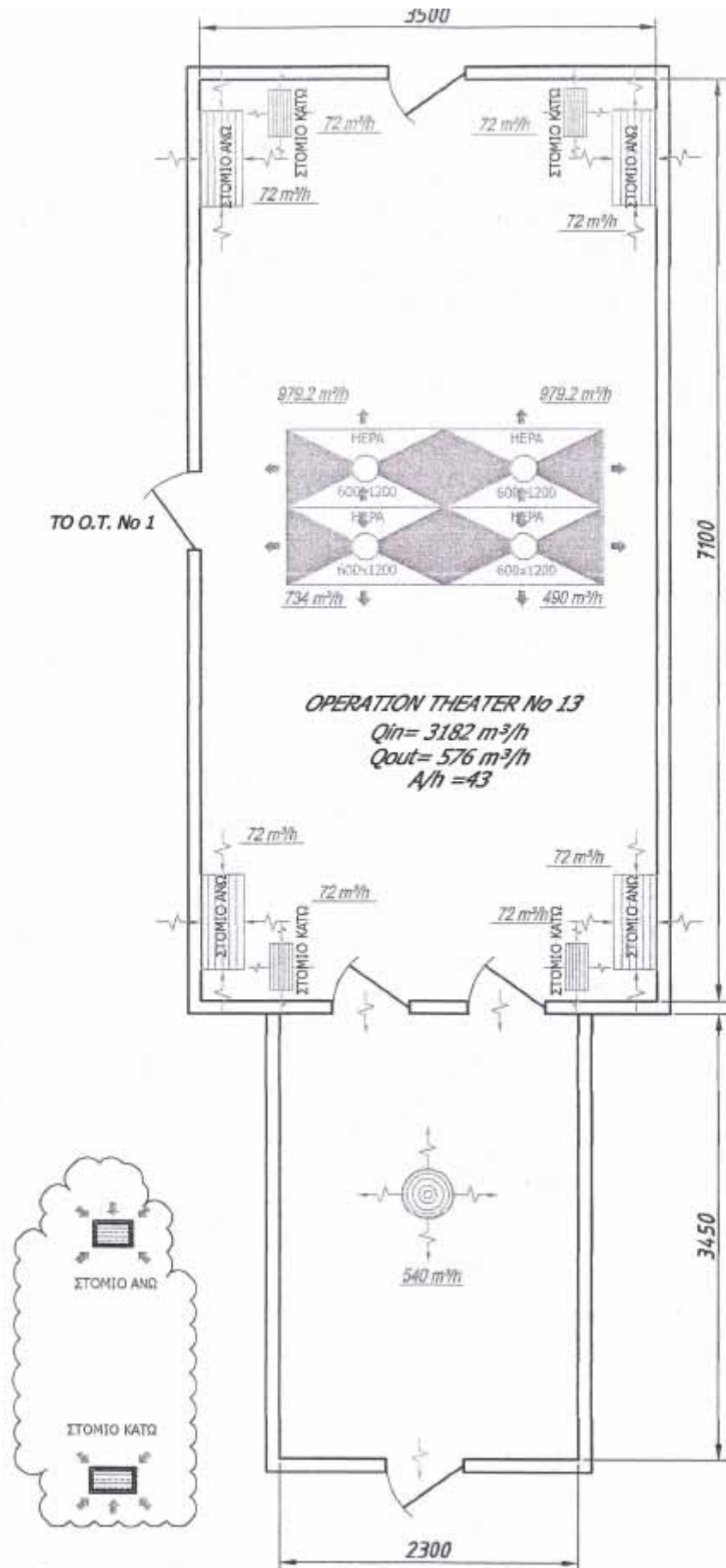


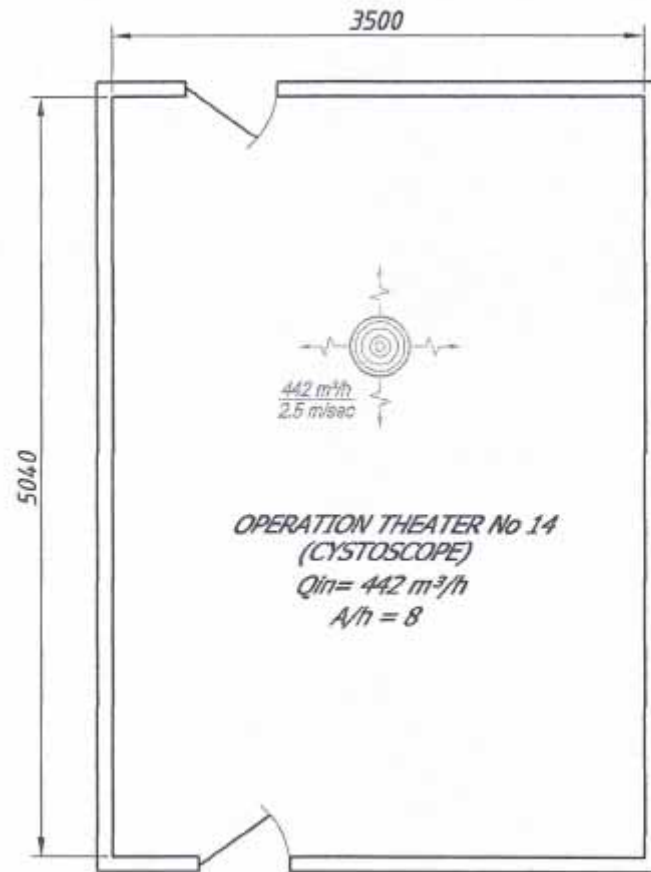














## Γ.1.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΡ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ ΟΡΓΑΝΩΝ

### **Έλεγχος διαφορικής πίεσης φίλτρων**

Αυτός ο έλεγχος έχει ως σκοπό τον καθορισμό της διαφοράς πίεσης στο φίλτρο αέρα. Η επιτρεπόμενη διαφορά πίεσης εξαρτάται από το επιτρεπόμενο φορτίο του φίλτρου και την πίεση του συστήματος αερισμού. Ο λόγος του αέρα ανακυκλοφορίας θα πρέπει να ρυθμιστεί πριν από την μέτρηση (VDI 2083 § 5.6.1).

### **Πρακτικός τρόπος μέτρησης**

Η μέτρηση πραγματοποιείται όπως καθορίζεται στο DIN EN 12599. Αντί του καθορισμού της διαφοράς πίεσης στο φίλτρο στην κατάσταση *as built*, μπορεί να υιοθετηθεί η δήλωση του κατασκευαστή. Καθορίζεται ο όγκος ροής αέρα που περνάει μέσα από το στοιχείο του φίλτρου αμέσως πριν ή αμέσως μετά τον καθορισμό της διαφοράς πίεσης στο φίλτρο αέρα, ώστε να είναι να είναι δυνατή μία σύγκριση αναφορικά με την αρχική διαφορά πίεσης ή προηγούμενες μετρήσεις (VDI 2083 § 5.6.2).

### **Έλεγχος διαφοράς πίεσης δωματίων**

Αυτός ο έλεγχος έχει ως σκοπό τον καθορισμό της διαφοράς πίεσης μεταξύ του δωματίου και του περιβάλλοντος και μεταξύ των ξεχωριστών ζωνών σε ένα χειρουργικό συγκρότημα. Ο αέρας ανακυκλοφορίας και οι ροές όγκων εξωτερικού αέρα θα πρέπει να έχουν ρυθμιστεί πριν τις μετρήσεις (VDI 2083 § 5.7.1).

### **Πρακτικός τρόπος μέτρησης**

Η διαφορά πίεσης μιας διαβαθμισμένης καθαρής ζώνης ή αλλιώς cleanroom, θα πρέπει να καθορίζεται ανάλογα με το γύρω περιβάλλον ένα δωμάτιο αναφοράς το οποίο βρίσκεται σε ατμοσφαιρική πίεση, ή μία διπλανή καθαρή ζώνη. Εντούτοις θα πρέπει να καταγράφεται έστω και μια φορά η διαφορά πίεσης συγκριτικά με το γύρω περιβάλλον, ή το δωμάτιο αναφοράς για να μπορεί να καθοριστεί η πτώση πίεσης (VDI 2083 § 5.7.2).

Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τις παρακάτω μετρήσεις είναι:

- TESTO 445- SENSOR AG 406
- DWYER MARK III 475 S

### **Διακρίβωση οργάνων**

Η βασική μέθοδος διακρίβωσης οργάνων πίεσης βασίζεται στο σημείο σύγκρισης με κάποιο διαβαθμισμένο όργανο στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας.

Οι διακριβώσεις για όργανα γίνονται είτε στο χώρο εφαρμογής των, όπου είναι και τοποθετημένα, είτε σε εργαστήριο. Στην πρώτη περίπτωση γίνεται παράλληλη σύνδεση των ακροφυσίων του ελεγχόμενου οργάνου με αυτά του διακριβωμένου. Στην δεύτερη περίπτωση με φορητή αντλία πεπιεσμένου αέρα της αρχικής και τελικής ένδειξης του οργάνου.

Οι μετρήσεις και για τις δύο περιπτώσεις γίνονται σε τρεις θέσεις:

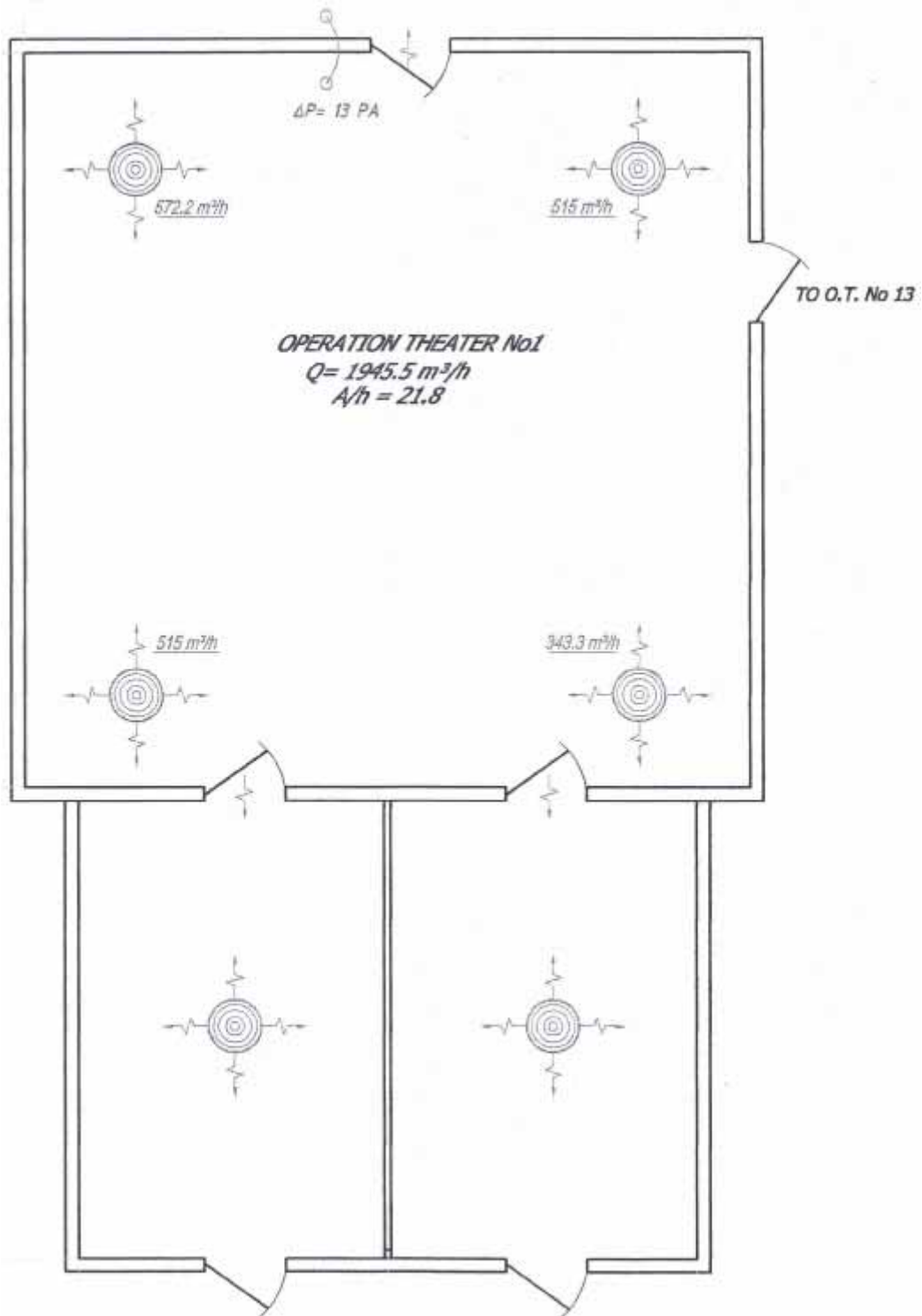
- Εν ηρεμία
- Στη μέση θέση πίεσης αέρα της αρχικής και τελικής ένδειξης του οργάνου
- Στη θέση λειτουργίας που παρουσιάζεται η μέγιστη τιμή υφιστάμενης ένδειξης, όταν το όργανο είναι εγκατεστημένο.

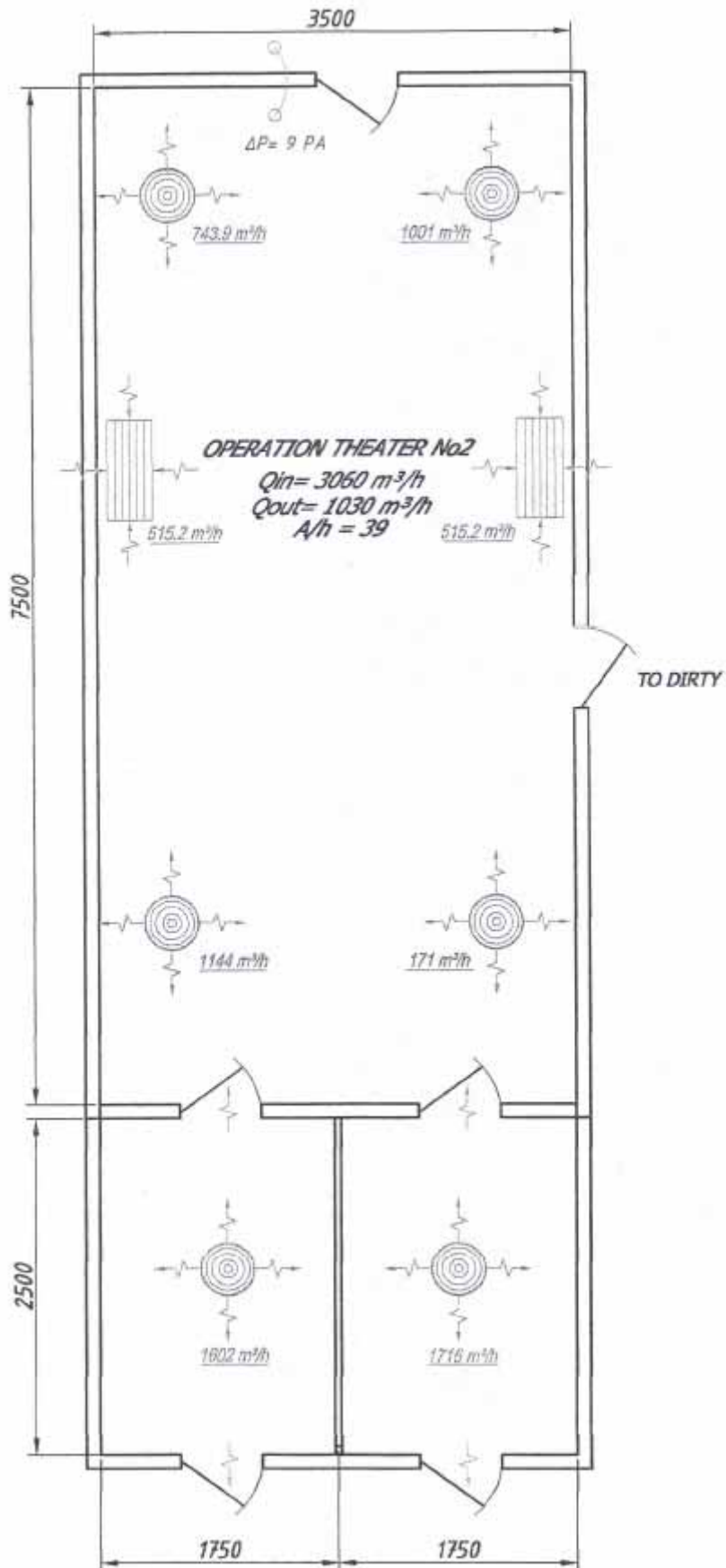
Η χρονική διάρκεια των μετρήσεων είναι κατά περίπτωση 5/10/15 sec. Ο αριθμός των μετρήσεων κυμαίνεται από 2 έως 6 ανά περίπτωση και εξαρτάται από τις απαιτήσεις του ενδιαφερόμενου. Άλλα χαρακτηριστικά των μετρήσεων είναι τα εξής:

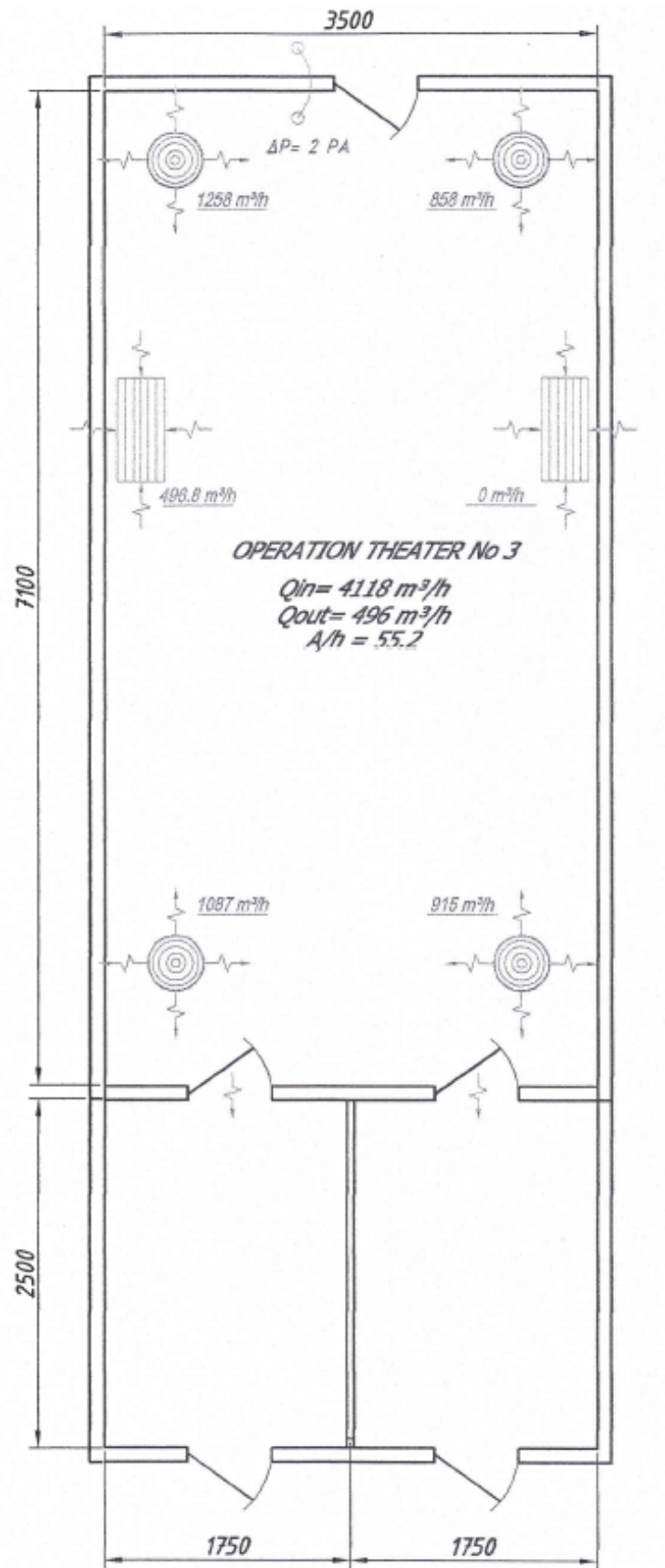
- Αποδοχή των μετρήσεων με βαθμό βεβαιότητας 95% της μετρηθείσας
- Απόκλιση σφάλματος κατά ένδειξη  $\pm 0,002\%$
- Οι μετρήσεις και η αποδοχή τους ισχύουν κατά τη διάρκεια του ελέγχου.

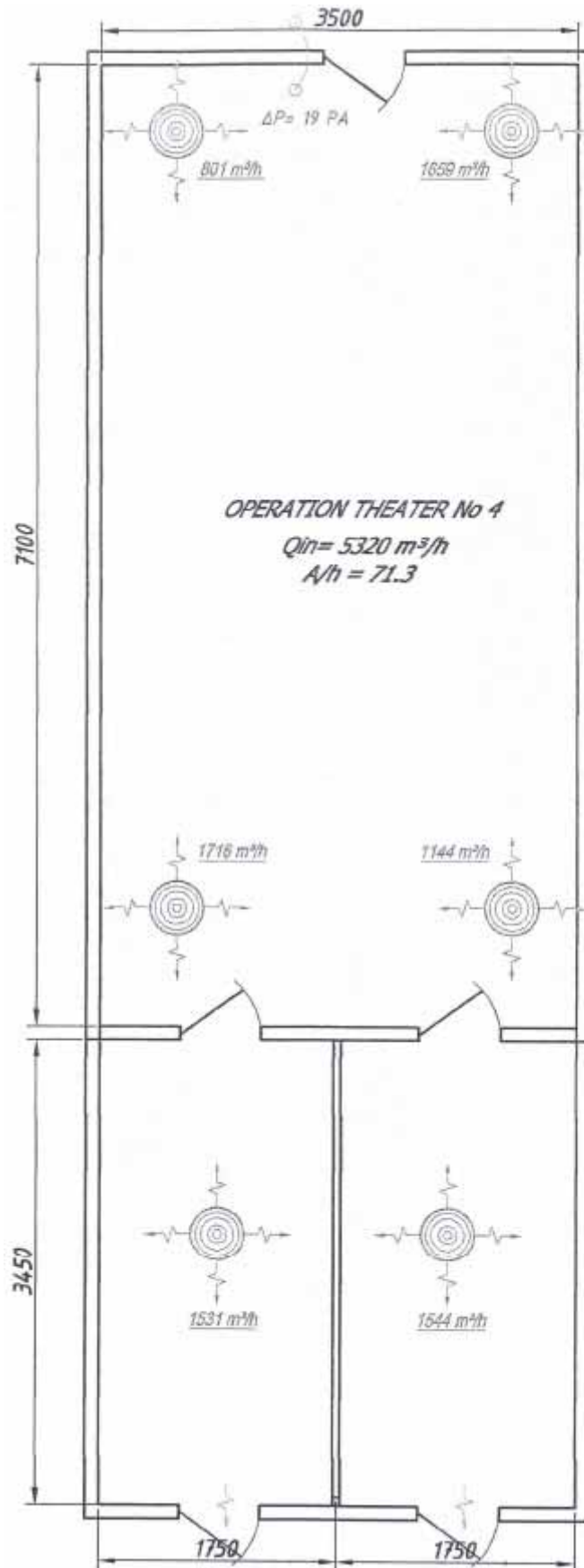
- Η τυπική αβεβαιότητα υπολογίζεται σύμφωνα με την οδηγία EAL Publication EAL-R2
- Συντελεστής  $K=2$  (δίνει 95% για κανονική κατανομή)

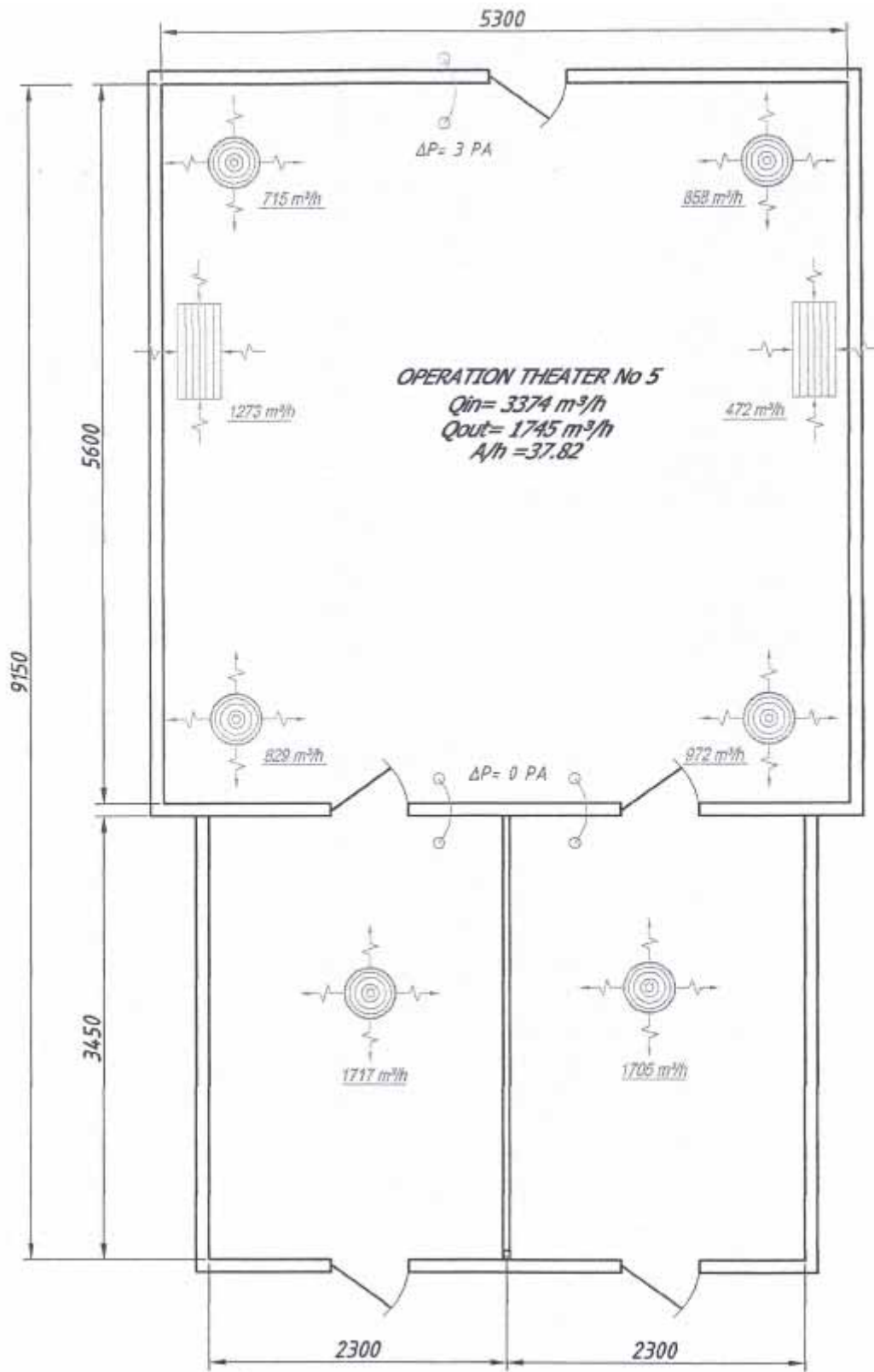
Παρακάτω παρουσιάζονται τα σχέδια των 7 ελεγχόμενων χειρουργείων και έχουν συνημμένα τα αποτελέσματα των μετρήσεων πτώσης πίεσης.

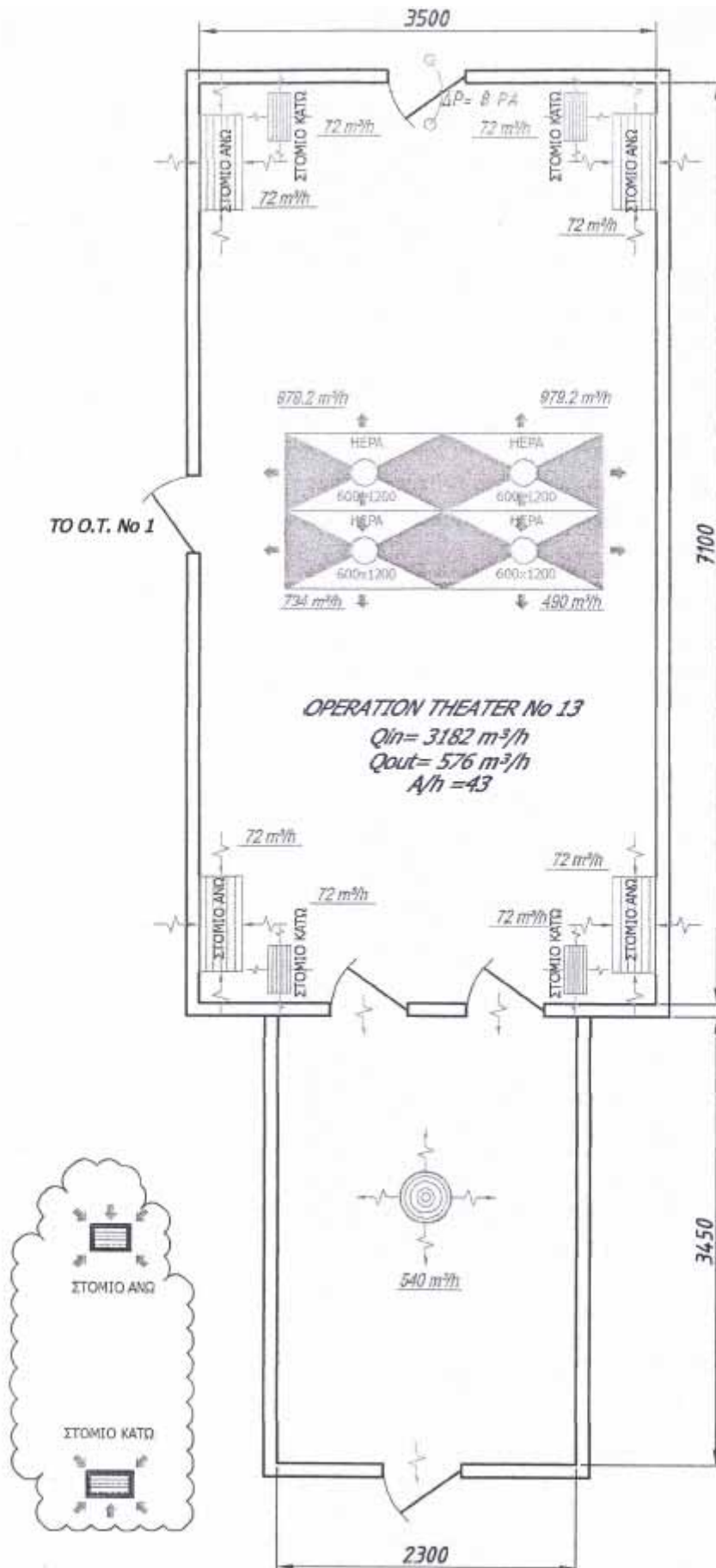


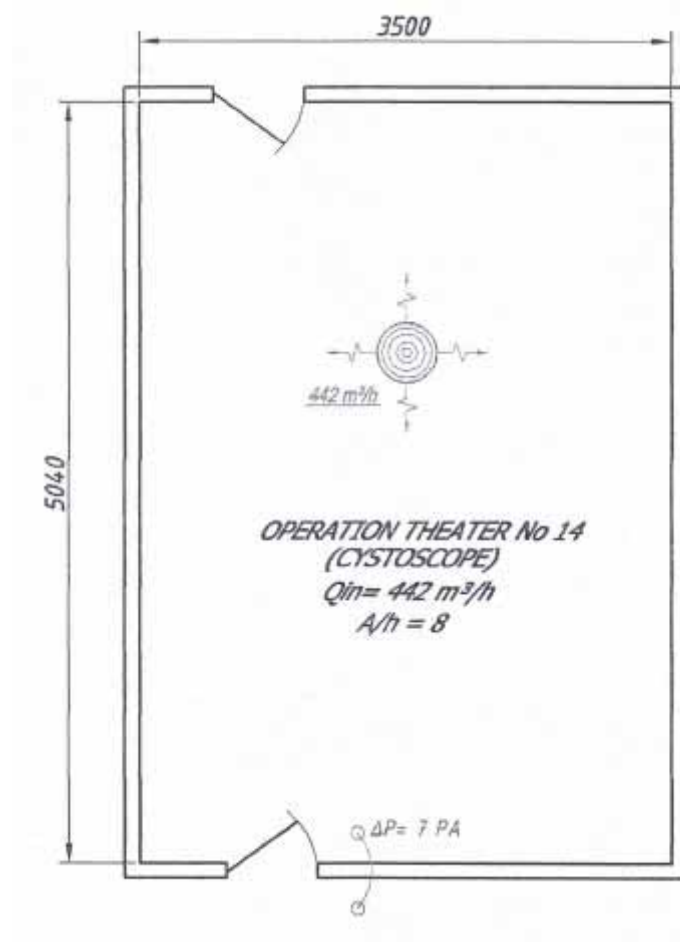














Γ.1.3 ΜΙΚΡΟΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΟ ΦΟΡΤΙΟ

Για την κατηγοριοποίηση των χειρουργικών χώρων σύμφωνα με το μικροσωματιδιακό τους φορτίο χρησιμοποιούνται οι κανονισμοί ISO 14644-1 και FED STDS 209E, όπως φαίνεται παρακάτω.

Πίνακας Γ.2-1: κλάση καθαρότητας κατά ISO 14644

ISO Αριθμός κλάσης	ISO 14644-1-1999(E) Μέγιστα όρια συγκέντρωσης (particles/m <sup>3</sup> ) για σωματίδια μεγέθους μεγαλύτερου ή ίσου από τα αναγραφόμενα στον πίνακα					
	0.1 mm	0.2 mm	0.3 mm	0.5 mm	1 mm	5 mm
ISO CLASS1	10	2				
ISO CLASS2	100	24	10	4		
ISO CLASS3	1000	237	102	35	8	
ISO CLASS4	10.000	2.370	1020	352	83	
ISO CLASS5	100.000	23.700	10.200	3.520	832	29
ISO CLASS6	1.000.000	237.000	102.000	35.200	8.320	293
ISO CLASS7				352.000	83.200	2.930
ISO CLASS8				3.520.000	832.000	29.300
ISO CLASS9				35.200.000	8.320.000	293.000

Τα παραπάνω όρια συγκέντρωσης είναι υπολογισμένα σύμφωνα με την εξίσωση:

Particles(P) = X+(t · V) όπου:

X είναι ο αριθμητικός μέσος και ισούται με το άθροισμα των μετρηθέντων σωματιδίων όλων των μετρήσεων προς τον αριθμό των μετρήσεων,

V είναι το μέτρο της διασποράς των μετρήσεων και δίνεται από τον τύπο:  $V=\sigma/n^{1/2}$  όπου:

n το σύνολο των μετρήσεων και σ η τυπική απόκλιση με

$$\sigma = \frac{\left[ (X_{e1} - X)^2 + (X_{e2} - X)^2 + (X_{en} - X)^2 + \dots \right]^{1/2}}{\sqrt{n-1}} \text{ και}$$

t είναι συντελεστής όπου εξαρτάται από τον αριθμό των σημείων που γίνονται οι μετρήσεις, δηλαδή:

Αριθμός σημείων μέτρησης	t
2	6,3
3	2,9
4	2,4
5	2,1
6	2,0
7	1,9
8	1,9
9	1,9

Εκτός από τον κανονισμό ISO 14644 συχνά εφαρμόζεται, για την κατηγοριοποίηση των αποστειρωμένων χώρων, και ο κανονισμός FED STDS 209E, ο οποίος παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα. Στον πίνακα αυτό αναλύεται η κατηγορία χώρου ανάλογα με τα σωματίδια ανά κυβικό πόδι (cf), τα οποία έχουν μέγεθος μεγαλύτερο ή ίσο από αυτό που αναγράφεται στον πίνακα. Το μέγεθος αφορά τη διάμετρο των σωματιδίων, η οποία μετράται σε μm.

Πίνακας Γ.2-2: Κλάση καθαρότητας κατά FED STDS 209E

κατηγορία	διάμετρος σωματιδίων σε $\mu\text{m}$				
	0,1	0,2	0,3	0,5	5,0
1	35	7,5	3	1	
10	350	75	30	10	
100		750	300	100	
1.000				1.000	7
10.000				10.000	70
100.000				100.000	700

Ακόμα κατά τη διάρκεια των ελέγχων για το μικροσωματιδιακό φορτίο των αποστειρωμένων χώρων, είναι μείζονος σημασίας ο καθορισμός του αριθμού των μετρήσεων καθώς και της χρονικής διάρκειας της δειγματοληψίας. Αυτές οι παράμετροι καθορίζονται από την κατηγορία του αποστειρωμένου χώρου. Για τον καθορισμό των παραμέτρων έχει ορισθεί ως μέγεθος αναφοράς, ο αριθμός των σωματιδίων με διάμετρο μεγαλύτερη ή ίση των  $0,5\mu\text{m}$ . Όλα αυτά συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας Γ.2-3: Μετρήσεις ανά κατηγορία χώρου

	Χρόνος (min)	κατηγορία	αριθμός μετρήσεων
0,5 $\mu\text{m}$	5	A	$\sqrt{F}$
	5	B	$\sqrt{F}$
	1	C	$\sqrt{F}$
	1	D	$\sqrt{F}$

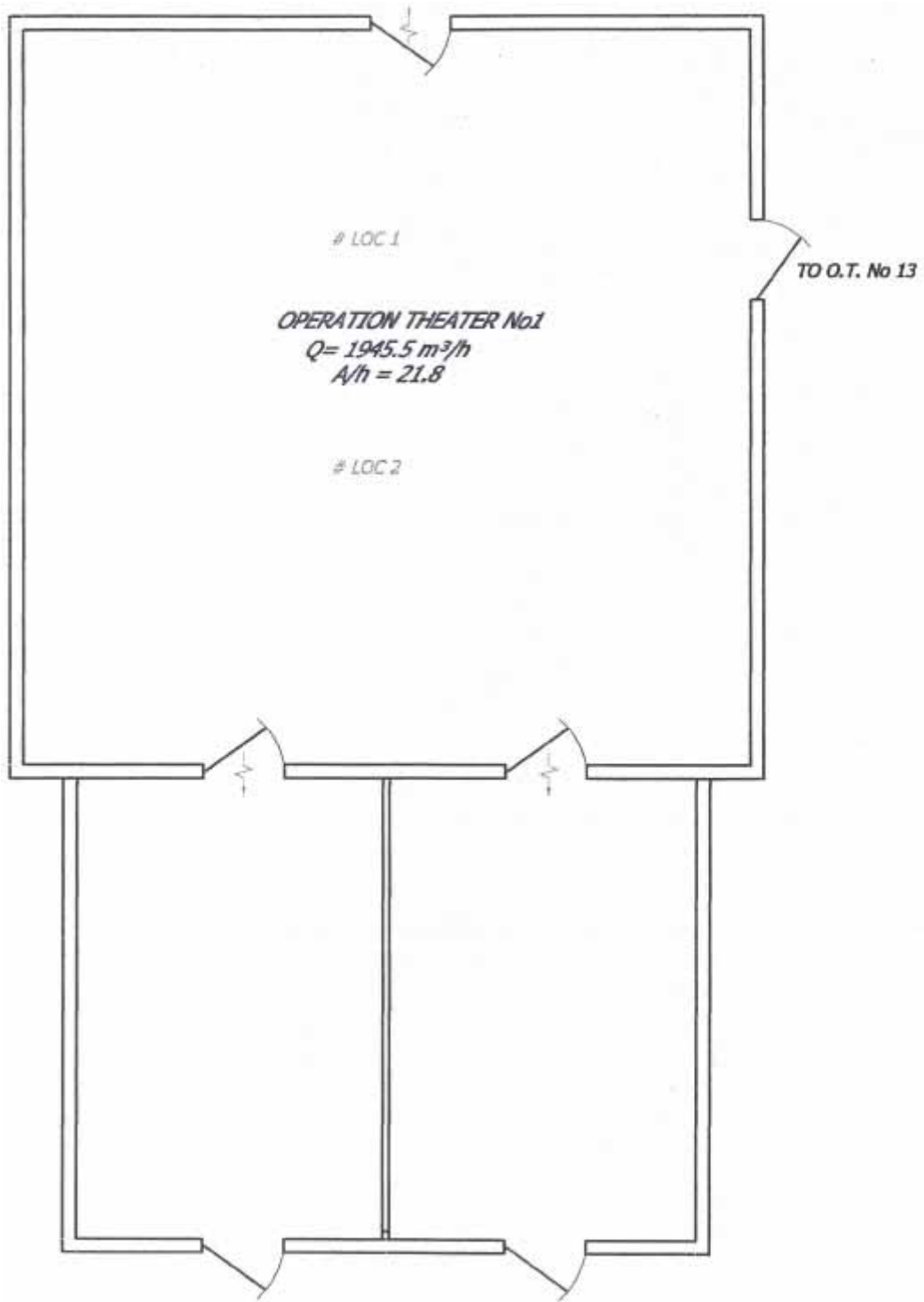
Όπου F είναι η επιφάνεια των αποστειρωμένων χώρων σε  $\text{m}^2$ , ενώ η παραπάνω κατηγοριοποίηση αφορά το μέγιστο αριθμό σωματιδίων ανά  $\text{m}^3$  και περιγράφεται στον πίνακα Γ.2-4.

Πίνακας Γ.2-4: Μέγιστος αριθμός σωματιδίων / $\text{m}^3$  μεγέθους ίσου ή μεγαλύτερου από:

Βαθμός	Μέγιστος επιτρεπόμενος αριθμός σωματιδίων / $\text{m}^3$ μεγέθους ίσου ή μεγαλύτερου από			
	Σε ηρεμία		Σε λειτουργία	
	0,5 mm	5 mm	0,5 mm	5 mm
A	3.500	0	3.500	0
B(a)	3.500	0	350.000	2.000
C(a)	350.000	2.000	3.500.000	20.000
D(a)	3.500.000	20.000	Μη καθορισμένος(c)	Μη καθορισμένος(c)

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε κάθε χειρουργείο μαζί με την κάτοψη των χειρουργικών χώρων. Στους πίνακες των μετρήσεων φαίνεται η χρονική διάρκεια αυτών των μετρήσεων, ο χρόνος δειγματοληψίας και το σημείο LOC που έγινε η εκάστοτε μέτρηση.

ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 1



06:29:53 LOC1 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	69214	67103
0,5 $\mu\text{m}$	22109	19174
1,0 $\mu\text{m}$	2935	2706
3,0 $\mu\text{m}$	229	115
5,0 $\mu\text{m}$	114	69
10 $\mu\text{m}$	45	

06:30:54 LOC1 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	88757	67347
0,5 $\mu\text{m}$	21410	18652
1,0 $\mu\text{m}$	2758	2512
3,0 $\mu\text{m}$	246	139
5,0 $\mu\text{m}$	107	56
10 $\mu\text{m}$	51	

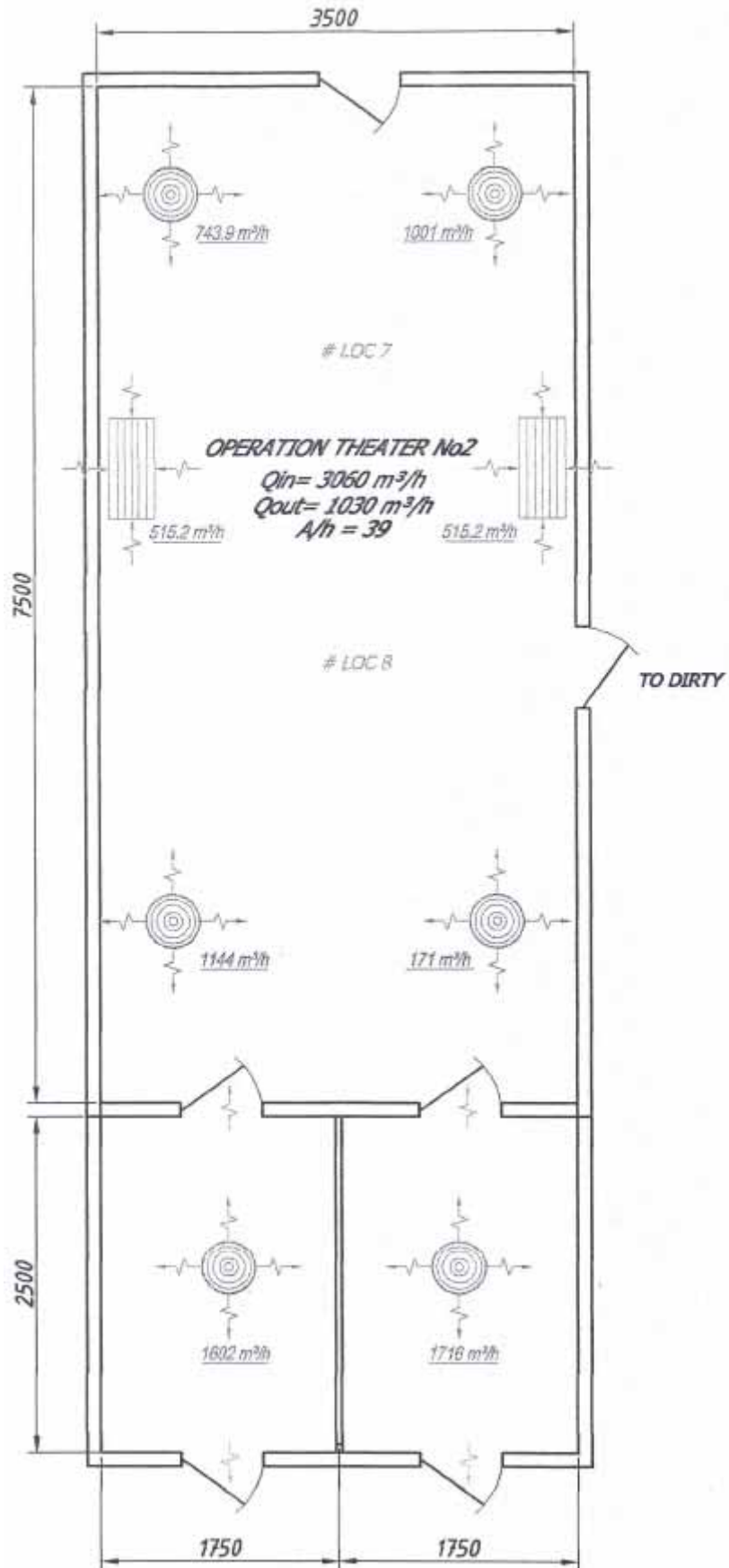
06:31:55 LOC1 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	91715	69295
0,5 $\mu\text{m}$	22420	19574
1,0 $\mu\text{m}$	2846	2607
3,0 $\mu\text{m}$	239	128
5,0 $\mu\text{m}$	111	67
10 $\mu\text{m}$	44	

06:33:14 LOC2 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	93421	70338
0,5 $\mu\text{m}$	23003	19739
1,0 $\mu\text{m}$	3344	3076
3,0 $\mu\text{m}$	268	150
5,0 $\mu\text{m}$	118	69
10 $\mu\text{m}$	49	

06:34:15 LOC2 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	94213	71080
0,5 $\mu\text{m}$	23133	20018
1,0 $\mu\text{m}$	3115	2860
3,0 $\mu\text{m}$	255	132
5,0 $\mu\text{m}$	123	56
10 $\mu\text{m}$	67	

06:35:16 LOC2 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	93309	70194
0,5 $\mu\text{m}$	23115	19908
1,0 $\mu\text{m}$	3207	2974
3,0 $\mu\text{m}$	233	126
5,0 $\mu\text{m}$	107	64
10 $\mu\text{m}$	43	

ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 2



06:38:46 LOC7 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	65006	49369
0,5 $\mu\text{m}$	15637	14045
1,0 $\mu\text{m}$	1592	1541
3,0 $\mu\text{m}$	51	33
5,0 $\mu\text{m}$	18	13
10 $\mu\text{m}$	5	

06:39:47 LOC7 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	66389	50697
0,5 $\mu\text{m}$	15692	14158
1,0 $\mu\text{m}$	1534	1469
3,0 $\mu\text{m}$	65	47
5,0 $\mu\text{m}$	18	15
10 $\mu\text{m}$	3	

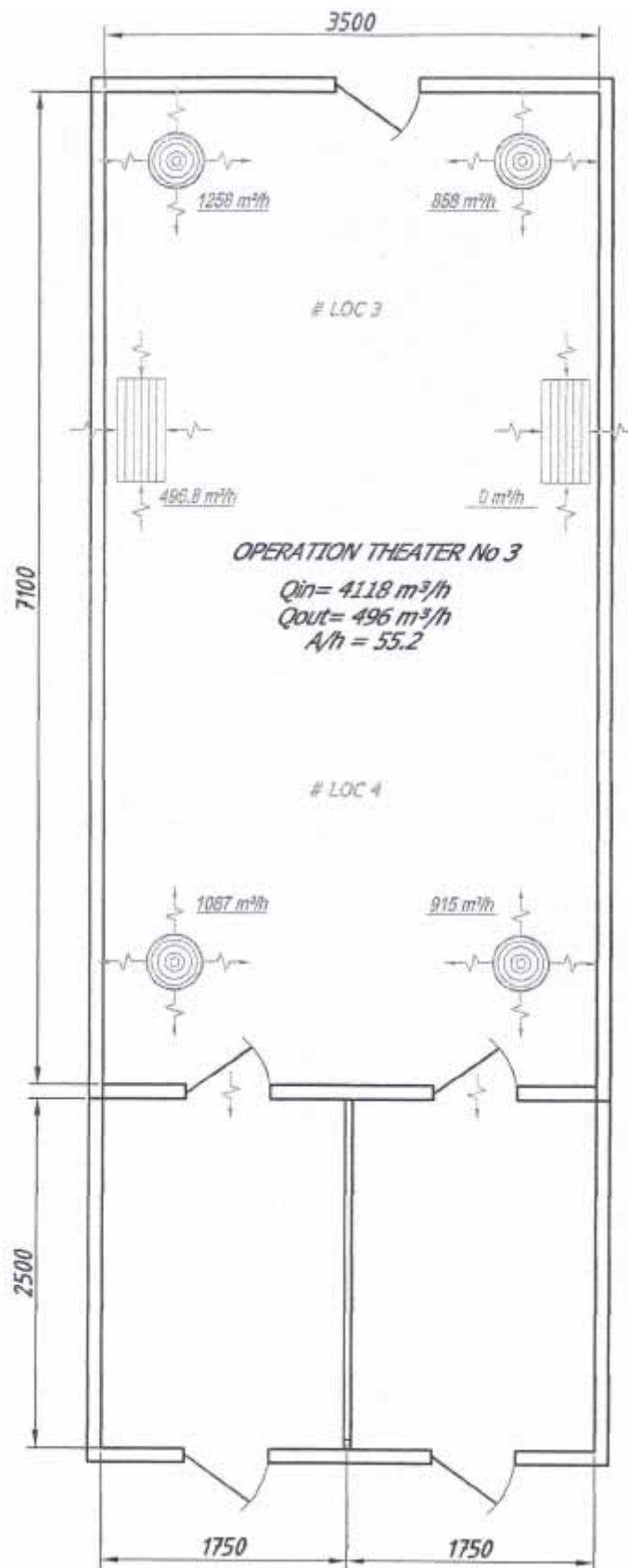
06:40:48 LOC7 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	66906	51400
0,5 $\mu\text{m}$	15506	14059
1,0 $\mu\text{m}$	1447	1381
3,0 $\mu\text{m}$	66	48
5,0 $\mu\text{m}$	18	13
10 $\mu\text{m}$	5	

06:42:07 LOC8 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	68774	52845
0,5 $\mu\text{m}$	15929	14401
1,0 $\mu\text{m}$	1526	1473
3,0 $\mu\text{m}$	55	39
5,0 $\mu\text{m}$	16	13
10 $\mu\text{m}$	3	

06:43:08 LOC8 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	69280	53318
0,5 $\mu\text{m}$	15962	14394
1,0 $\mu\text{m}$	1568	1501
3,0 $\mu\text{m}$	67	45
5,0 $\mu\text{m}$	22	8
10 $\mu\text{m}$	14	

06:44:09 LOC8 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	69653	53852
0,5 $\mu\text{m}$	15801	14339
1,0 $\mu\text{m}$	1462	1397
3,0 $\mu\text{m}$	65	40
5,0 $\mu\text{m}$	25	16
10 $\mu\text{m}$	9	

ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 3



06:47:30 LOC3 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	86124	66385
0,5 $\mu\text{m}$	19739	17918
1,0 $\mu\text{m}$	1821	1746
3,0 $\mu\text{m}$	75	50
5,0 $\mu\text{m}$	25	15
10 $\mu\text{m}$	10	

06:48:31 LOC3 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	88683	68125
0,5 $\mu\text{m}$	20558	18525
1,0 $\mu\text{m}$	2033	1932
3,0 $\mu\text{m}$	101	62
5,0 $\mu\text{m}$	39	29
10 $\mu\text{m}$	10	

06:49:32 LOC3 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	86078	66253
0,5 $\mu\text{m}$	19825	17837
1,0 $\mu\text{m}$	1988	1871
3,0 $\mu\text{m}$	117	77
5,0 $\mu\text{m}$	40	21
10 $\mu\text{m}$	19	

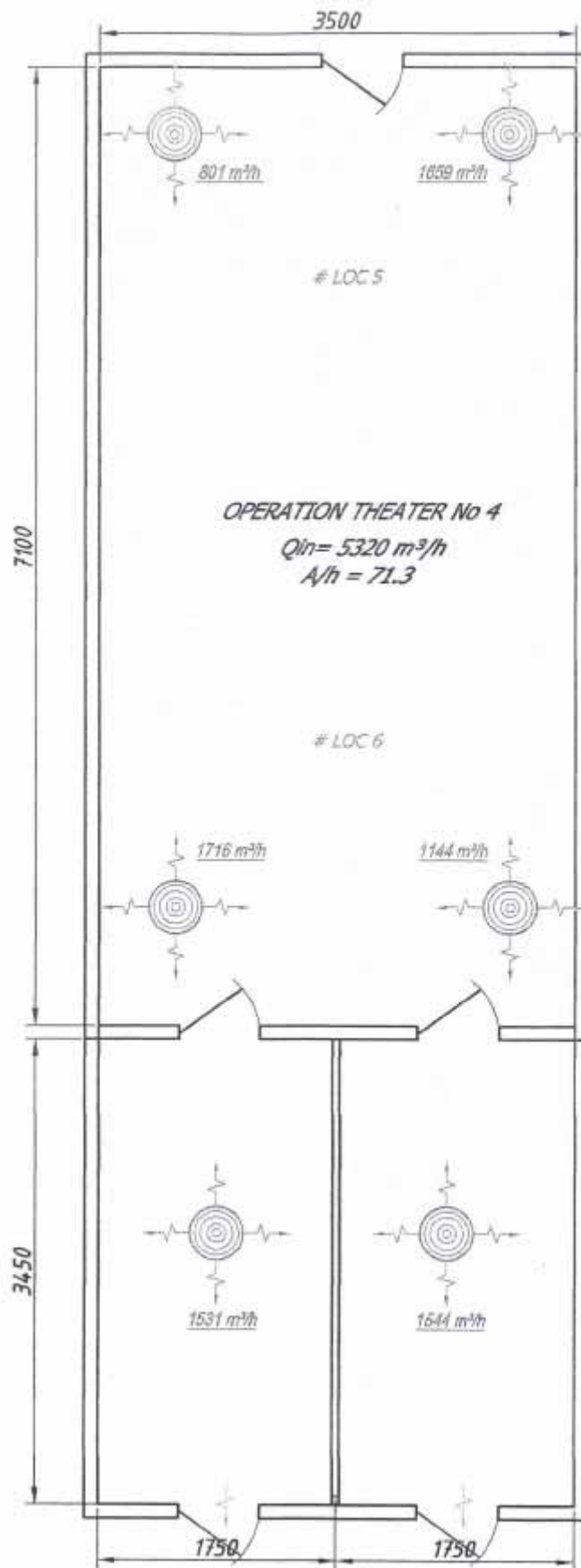
06:51:21 LOC4 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	85197	65903
0,5 $\mu\text{m}$	19294	17416
1,0 $\mu\text{m}$	1878	1798
3,0 $\mu\text{m}$	80	59
5,0 $\mu\text{m}$	21	11
10 $\mu\text{m}$	10	

06:52:22 LOC4 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	86533	66602
0,5 $\mu\text{m}$	19931	18025
1,0 $\mu\text{m}$	1906	1818
3,0 $\mu\text{m}$	88	56
5,0 $\mu\text{m}$	32	26
10 $\mu\text{m}$	6	

06:53:23 LOC4 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	86319	66755
0,5 $\mu\text{m}$	19564	17672
1,0 $\mu\text{m}$	1892	1797
3,0 $\mu\text{m}$	95	69
5,0 $\mu\text{m}$	26	20
10 $\mu\text{m}$	6	



ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 4



06:59:09 LOC5 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	77477	59815
0,5 $\mu\text{m}$	17662	15728
1,0 $\mu\text{m}$	1934	1830
3,0 $\mu\text{m}$	104	62
5,0 $\mu\text{m}$	42	28
10 $\mu\text{m}$	14	

07:00:10 LOC5 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	73771	57327
0,5 $\mu\text{m}$	16444	14853
1,0 $\mu\text{m}$	1591	1503
3,0 $\mu\text{m}$	88	55
5,0 $\mu\text{m}$	33	20
10 $\mu\text{m}$	13	

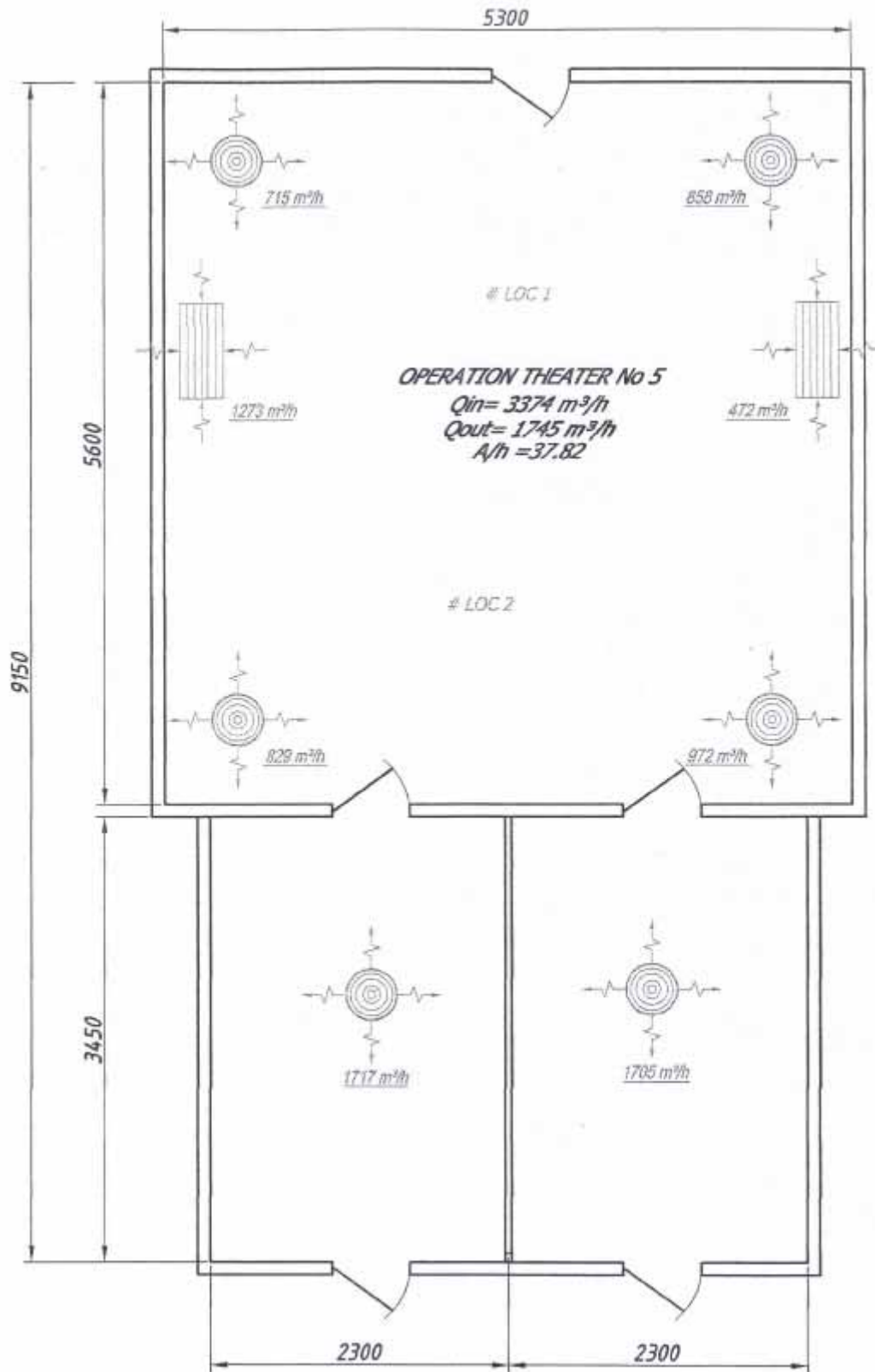
07:01:11 LOC5 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	69633	54062
0,5 $\mu\text{m}$	15571	14053
1,0 $\mu\text{m}$	1518	1444
3,0 $\mu\text{m}$	74	43
5,0 $\mu\text{m}$	31	21
10 $\mu\text{m}$	10	

07:02:35 LOC6 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	68474	52034
0,5 $\mu\text{m}$	16440	14220
1,0 $\mu\text{m}$	2220	2058
3,0 $\mu\text{m}$	162	94
5,0 $\mu\text{m}$	68	36
10 $\mu\text{m}$	32	

07:03:36 LOC6 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	67633	51263
0,5 $\mu\text{m}$	16370	14205
1,0 $\mu\text{m}$	2165	1992
3,0 $\mu\text{m}$	173	91
5,0 $\mu\text{m}$	82	52
10 $\mu\text{m}$	30	

07:04:37 LOC6 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	67007	50637
0,5 $\mu\text{m}$	16370	13929
1,0 $\mu\text{m}$	2441	2203
3,0 $\mu\text{m}$	238	124
5,0 $\mu\text{m}$	114	54
10 $\mu\text{m}$	60	

ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 5



07:07:18 LOC1 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	29517	22007
0,5 $\mu\text{m}$	7510	6405
1,0 $\mu\text{m}$	1105	1024
3,0 $\mu\text{m}$	81	52
5,0 $\mu\text{m}$	29	16
10 $\mu\text{m}$	13	

07:08:19 LOC1 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	27319	20697
0,5 $\mu\text{m}$	6622	5756
1,0 $\mu\text{m}$	866	814
3,0 $\mu\text{m}$	52	37
5,0 $\mu\text{m}$	15	9
10 $\mu\text{m}$	6	

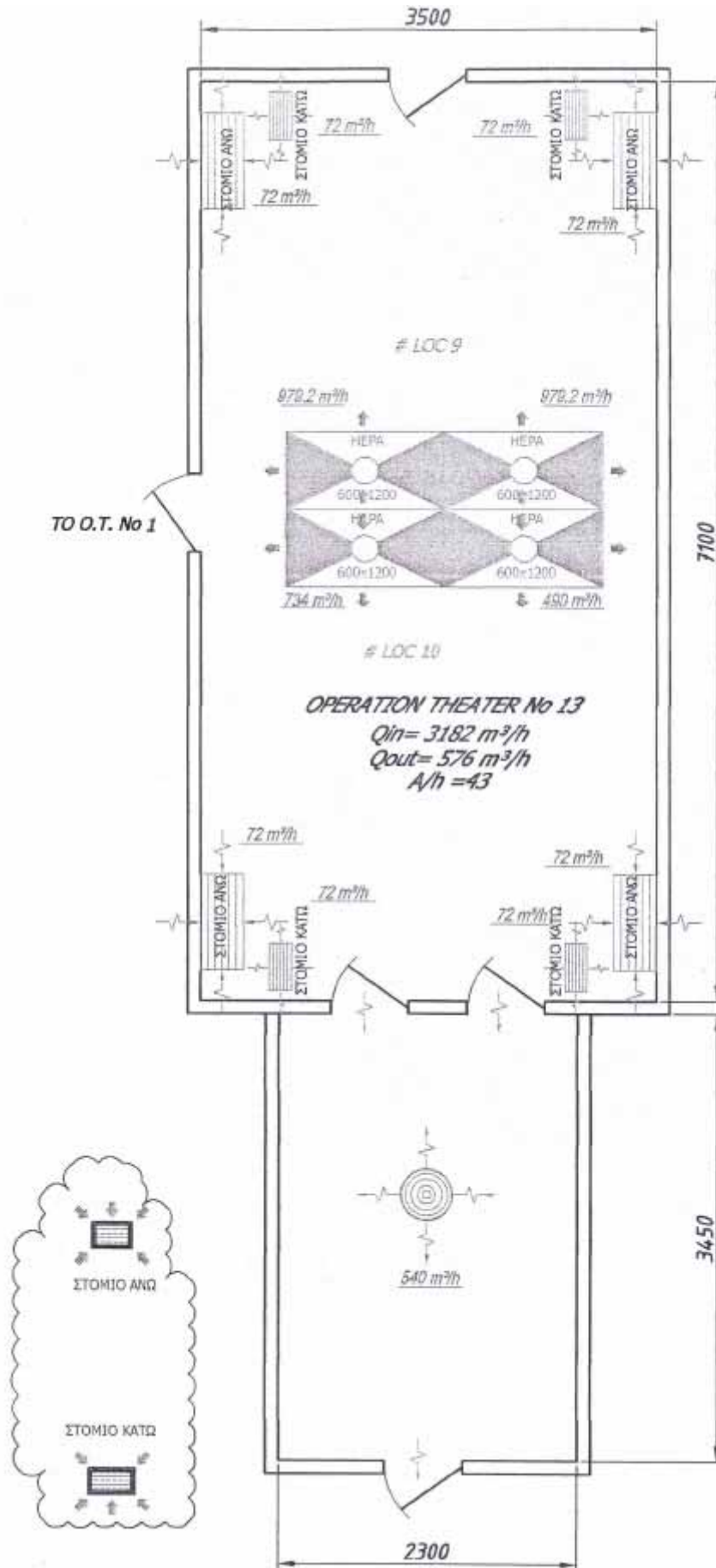
07:09:20 LOC1 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	25093	19175
0,5 $\mu\text{m}$	5918	5216
1,0 $\mu\text{m}$	702	657
3,0 $\mu\text{m}$	45	28
5,0 $\mu\text{m}$	17	10
10 $\mu\text{m}$	7	

07:11:12 LOC2 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	27064	19581
0,5 $\mu\text{m}$	7483	5941
1,0 $\mu\text{m}$	1542	1394
3,0 $\mu\text{m}$	148	88
5,0 $\mu\text{m}$	60	32
10 $\mu\text{m}$	28	

07:12:13 LOC2 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	33163	24941
0,5 $\mu\text{m}$	10222	8058
1,0 $\mu\text{m}$	2164	1914
3,0 $\mu\text{m}$	250	149
5,0 $\mu\text{m}$	101	41
10 $\mu\text{m}$	60	

07:13:14 LOC2 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	31273	23139
0,5 $\mu\text{m}$	8134	6690
1,0 $\mu\text{m}$	1444	1331
3,0 $\mu\text{m}$	113	63
5,0 $\mu\text{m}$	50	29
10 $\mu\text{m}$	21	

ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 13



07:27:01 LOC9 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	462248	339413
0,5 $\mu\text{m}$	122835	112655
1,0 $\mu\text{m}$	10180	9836
3,0 $\mu\text{m}$	344	223
5,0 $\mu\text{m}$	121	63
10 $\mu\text{m}$	58	

07:28:02 LOC9 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	436217	321072
0,5 $\mu\text{m}$	122835	105569
1,0 $\mu\text{m}$	10180	9232
3,0 $\mu\text{m}$	344	204
5,0 $\mu\text{m}$	140	83
10 $\mu\text{m}$	57	

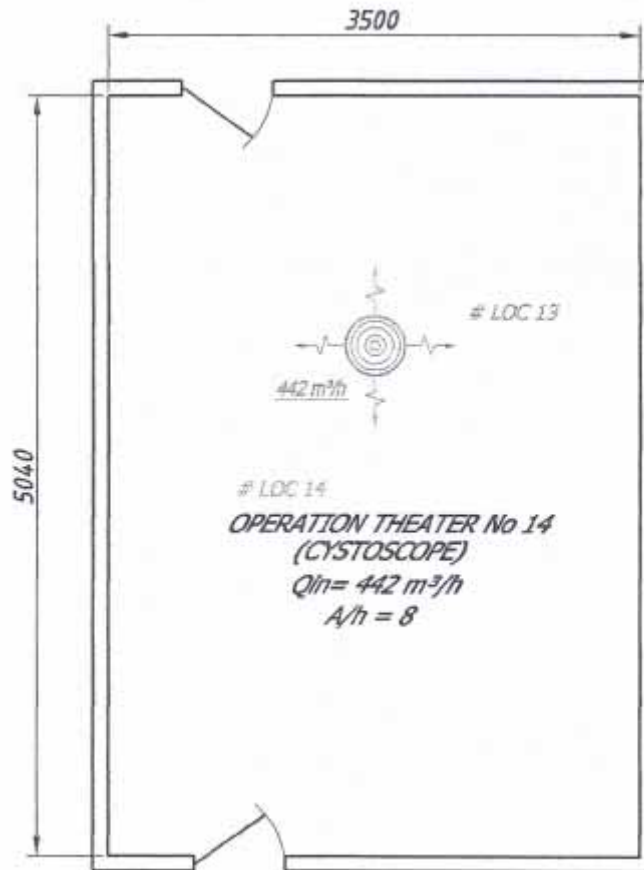
07:29:03 LOC9 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	480310	351295
0,5 $\mu\text{m}$	129015	119101
1,0 $\mu\text{m}$	9914	9669
3,0 $\mu\text{m}$	245	179
5,0 $\mu\text{m}$	66	51
10 $\mu\text{m}$	15	

07:30:21 LOC10 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	468589	342715
0,5 $\mu\text{m}$	125874	115997
1,0 $\mu\text{m}$	9877	9613
3,0 $\mu\text{m}$	264	190
5,0 $\mu\text{m}$	74	47
10 $\mu\text{m}$	27	

07:31:22 LOC10 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	493952	359570
0,5 $\mu\text{m}$	134382	124249
1,0 $\mu\text{m}$	10133	9897
3,0 $\mu\text{m}$	236	174
5,0 $\mu\text{m}$	62	48
10 $\mu\text{m}$	14	

07:32:23 LOC10 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 $\mu\text{m}$	483564	353251
0,5 $\mu\text{m}$	130313	120504
1,0 $\mu\text{m}$	9809	9577
3,0 $\mu\text{m}$	232	179
5,0 $\mu\text{m}$	53	42
10 $\mu\text{m}$	11	

**ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΟ 14**



07:37:10 LOC13 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 μm	45564	33580
0,5 μm	11984	9919
1,0 μm	2065	1904
3,0 μm	161	101
5,0 μm	60	33
10 μm	27	

07:38:11 LOC13 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 μm	49551	36572
0,5 μm	12979	10843
1,0 μm	2136	1940
3,0 μm	196	133
5,0 μm	63	45
10 μm	18	

07:39:12 LOC13 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 μm	44849	32313
0,5 μm	12536	10012
1,0 μm	2524	2276
3,0 μm	248	157
5,0 μm	91	54
10 μm	37	

07:40:30 LOC14 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 μm	68806	50897
0,5 μm	17909	14948
1,0 μm	2961	2709
3,0 μm	252	155
5,0 μm	97	60
10 μm	37	

07:41:31 LOC14 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 μm	70655	48906
0,5 μm	21749	18082
1,0 μm	3667	3362
3,0 μm	305	175
5,0 μm	136	72
10 μm	58	58

07:42:32 LOC14 period = 00:01:00		
size	cumulative	difference
0,3 μm	70201	50944
0,5 μm	19257	15878
1,0 μm	3379	3099
3,0 μm	280	169
5,0 μm	111	71
10 μm	40	

## ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

### **Παροχές-Ταχύτητες-Αλλαγές Αέρα**

Οι ταχύτητες αέρα στα περισσότερα χειρουργεία είναι υψηλές για τους συγκεκριμένους χώρους και η ροή τυρβώδης, γεγονός που σημαίνει ότι στο χειρουργικό τραπέζι δεν έχουμε γραμμική ροή και κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του ο συγκεκριμένος χώρος κρίνεται επισφαλής.

Οι παροχές αέρα είναι υψηλές και η παροχή μέσω των στομιών εισαγωγής περιφερειακή. Παρότι οι συνήθεις προδιαγραφές απαιτούν 25 A/H, στις αντίστοιχες περιπτώσεις είναι μεγαλύτερες από 37 εκτός του χειρουργείου 14 που είναι 8.

### **Σωματιδιακό φορτίο**

Το σωματιδιακό φορτίο στους χειρουργικούς χώρους εΐθισται να έχει στοιχεία προδιαγραφών CLASS D. Πράγματι τα περισσότερα χειρουργεία ανήκουν στην κατηγορία CLASS D. Αυτό όμως στην προκειμένη περίπτωση είναι σχετικό διότι λείπει ολοκληρωτικά η γραμμική ροή στη χειρουργική κλίνη και ο αέρας εισέρχεται χωρίς έλεγχο επιστροφής.

### **Υπερπίεσεις**

Όπως αποτυπώνεται και στα σχέδια, στις περισσότερες περιπτώσεις υπάρχει υπερπίεση στους χώρους, λόγω αυξημένης παροχής και ελάχιστης απαγωγής.

### **Συμπέρασμα**

Η λειτουργία του συστήματος κλιματισμού των χειρουργείων ακολουθεί μία ιδιόμορφη ροή αέρα, προσάγοντας απρόσκοπτα χωρίς γραμμική ροή και ανεξαρτήτως κανονισμών ποσότητα αέρα. Απαιτείται άμεσα η τοποθέτηση τουλάχιστον συστοιχίας φίλτρων HEPA, ο έλεγχος της ροής, της παροχής και της απαγωγής και γενικά μια τυπική μελέτη εφαρμογής στο σύνολο των χειρουργικών χώρων.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Σελλούντος Β.Η., **Θέρμανση και κλιματισμός**, Τόμος Α, εκδόσεις Δορυφόρος, Αθήνα, 1996
2. Σελλούντος Β.Η., **Καθαροί χώροι και Χειρουργεία**, Άρθρο, Τεχνικά, 2002
3. Μπούρκας Π., **Εφαρμογές σε Νοσοκομεία**, Εκδόσεις Ε.Μ.Π, 1996
4. Μπαλαράς Κ., Γαγλία Α., **Code of Good Practice**, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Αθήνα, 2004
5. Μπαλαράς Κ., Γαγλία Α., Δασκαλάκη Ε., **HVAC and indoor thermal conditions in hellenic hospitals operating rooms**, ASHRAE, Vol 108, Part 2, 2002
6. Καλάβριος Γ., **Έλεγχος Χειρουργείων**, σημειώσεις τεχνικού τμήματος νοσοκομείου Ευαγγελισμού, Αθήνα, 2007
7. Αργυρίου Α., Δασκαλάκη Ε., Γαγλία Α., **Energy Conversion & Management**, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Αθήνα, 1994
8. Ντόρβας Κ., **Χειρουργεία**, [www.cleanroom.gr](http://www.cleanroom.gr)
9. Streifel A.J., Marshall J.W., **Design, construction and operation of healthy buildings**, ASHRAE, Atlanta, 1998
10. Woods J.E., Reynolds G.L., Rasmussen R.W., **Ventilation Requirements in Hospital Operating Rooms**, ASHRAE, Vol. 92, Part 2A, 1986
11. Zamuner N., **Operating room environment with turbulent air flow**, ASHRAE, Vol 92, Part 2A, 1986
12. Grondzik W., **HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics**, ASHRAE, Atlanta, 2003
13. ASHRAE, **Ventilation for acceptable indoor air quality**, ASHRAE Standard 62, Atlanta, 1999
14. VDE Standard 0107, **Erection and testing of electrical installations in medically used rooms**, German Regulations, 1981