mgr inż. Radosław Lenarski
SAR PW Sp. z o.o.
Z-ca szefa serwisu ds.szpitalnictwa
i pomieszczeń czystych

www.sarserwis.pl

JAKOŚĆ POWIETRZA NA BLOKU OPERACYJNYM I W POMIESZCZENIACH ZABIEGOWYCH

Warszawa 03-05.06.2019

Jakość powietrza na bloku operacyjnym

- Rola instalacji wentylacji
- Mechanizmy przenoszenia mikroorganizmów drogą powietrzną
- Czystość powietrza w salach operacyjnych
- Sala Operacyjna – podstawowe wymagania
- Wpływ HVAC na bezpieczeństwo funkcjonalne Sali Operacyjnej
- Sala Zabiegowa – podstawowe wymagania
- Szczelność pomieszczenia
- Filtracja
- Ilość wymian
- Kaskada ciśnienia
- Monitorowanie parametrów pracy
- Prawidłowe projektowanie i wykonanie sal operacyjnych i zabiegowych
- Zagrożenia związane z eksploatacją

Wytyczne / DIN 1946-4 / ASHRAE 170-2017 / Norma Europejska

https://www.gov.pl/zdrowie/materialy-pomocnicze

Wytyczne projektowania, wykonania, odbioru i eksploatacji systemów wentylacji i klimatyzacji dla podmiotów wykonujących działalność leczniczą

Autorzy
dr inż. Anna Charkowska
mgr inż. Andrzej Różycki
mgr inż. Radosław Lenarski
mgr inż. Agata Sobierajska

STANDARD

ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2017
(Supersedes ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2013)
Includes ANSI/ASHRAE/ASHE addenda listed in Appendix C

Ventilation of Health Care Facilities

See Appendix C for approval dates by the ASHRAE Standards Committee, the ASHRAE Board of Directors, the ASHE Board of Directors, and the American National Standards Institute.

This Standard is under continuous maintenance by a Standing Standard Project Committee (SSPC) for which the Standards Committee has established a documented program for regular publication of addenda or revisions, including procedures for timely, documented, consensus action on requests for change to any part of the Standard. The change submittal form, instructions, and deadlines may be obtained in electronic form from the ASHRAE website (www.ashrae.org) or in paper form from the Senior Manager of Standards. The latest edition of an ASHRAE Standard may be purchased from the ASHRAE website (www.ashrae.org) or from ASHRAE Customer Service, 1791 Tullie Circle, NE, Atlanta, GA 30329-2305. E-mail: orders@ashrae.org. Fax: 678-539-2129. Telephone: 404-636-8400 (worldwide), or toll free 1-800-527-4723 (for orders in US and Canada). For reprint permission, go to www.ashrae.org/permissions.

© 2017 ASHRAE ISSN 1041-2336

ASHRAE ASHE American Society for Healthcare Engineering A personal membership group of the American Hospital Association ANSI www.ansi.org

CEN/TC 156/WG 18 **N 292**

CEN/TC 156/WG 18
Ventilation in hospitals

Email of secretary: frans.saurwalt@kropman.nl
Secretariat: NEN (Netherlands)

Working Draft Ventilation in hospitals - General requirements (April, 2018)

Document type:	Other committee document
Date of document:	2018-04-05
Expected action:	INFO
Background:	
Committee URL:	http://cen.iso.org/livelink/livelink/open/centc156wg18

CEN/TC156/WG18
Part 1: Ventilation in Hospitals – General requirements
Part 2: Ventilation in Hospitals – Operating Suits
Part 3: Ventilation in Hospitals – Isolation Rooms
Part 4: Ventilation in Hospitals – Sterilization Room

Rola instalacji wentylacji i klimatyzacji

- ✓ Zapewnienie komfortu cieplnego (temperatura, wilgotność, prędkość strugi powietrza),
- ✓ Zapewnienie odpowiedniej ilości powietrza (ilość powietrza, prędkość powietrza) o określonej czystości (czystość pyłowa, czystość mikrobiologiczna),
  - ✓ Zapewnienie powietrza o małej zawartości cząstek dla zapobiegania infekcji (czystość pyłowa, czystość mikrobiologiczna),
  - ✓ Zapewnienie właściwej kaskady ciśnienia (przepływ powietrza od strefy czystej do brudnej,
  - ✓ Rozcieńczanie chorobotwórczych aerozoli,
- ✓ Zapewnienie powietrza wolnego od zapachów,

Sale Operacyjne - Mierniki Funkcjonalności

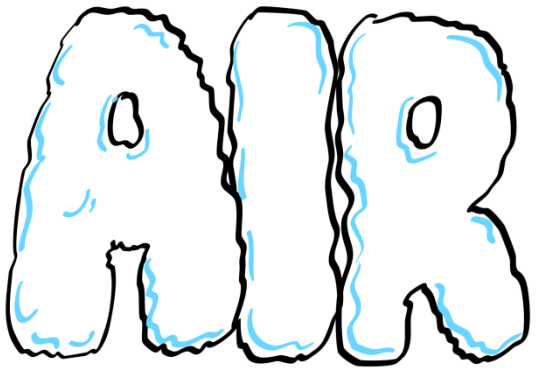
Załącznik B — Przykładowe parametry projektowe i przykładowe mierniki funkcjonalności dla pomieszczenia klasy S1

parametr	oznaczenie	wartość projektowa	miernik funkcjonalności	stan awarii niekrytycznej	stan awarii krytycznej
temperatura powietrza wewnętrznego	t_p	21 °C	18 ÷ 25 °C	$t_p > 25°C$ $16 °C < t_p < 18 °C$	$t_p > 28°C$ $t_p < 16°C$
temperatura powietrza nawiewanego	t_n	20 °C	17 ÷ 23 °C	$t_n > 23 °C$ $t_n < 17 °C$	$t_n > 25 °C$
wilgotność względna powietrza wewnętrznego	ϕ_p	50 %	30 ÷ 65 %	$\phi_p < 30 \%$ $\phi_p > 65 \%$	$\phi_p < 20 \%$ $\phi_p > 85 \%$
prędkość powietrza nawiewanego pod stropem laminarnym (S1a, S1b)	v	0,25 m/s	0,20 ÷ 0,30 m/s	$v_n < 0,18$ m/s	$v_n < 0,12$ m/s
nadciśnienie powietrza w sali operacyjnej względem pomieszczeń sąsiadujących	Δp	10 Pa	8 ÷ 12 Pa	Δp < 8 Pa	Δp < 4 Pa
czystość pyłowa powietrza	-	ISO 5	< 3520 cząstek pyłu/m³	> 3520 cząstek pyłu/m³	> 352 000 cząstek pyłu/m³
integralność filtrów wysokoskutecznych					uszkodzenie filtra
poziom ciśnienia akustycznego		48 dB(A)			> 55 dB(A)

*** - dotyczy cząstek pyłu o wymiarach ≥ 0,5 μm**

Mikroorganizmy przenoszone przez powietrze

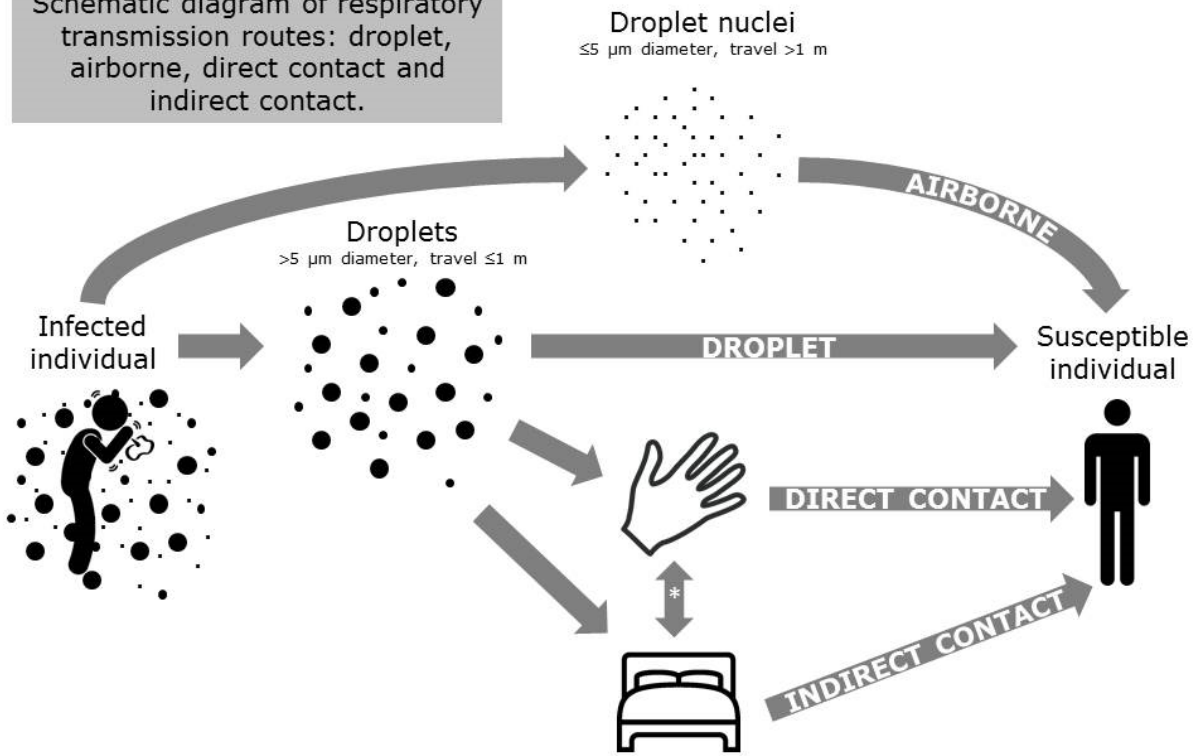
Występowanie	Grzyby	Bakterie	Wirusy
Stwierdzono liczne wystąpienia w obiektach służby zdrowia	Aspergillus Spp+ Mucorales (Rhzipuss Spp)	Mycobacterium Tuberculosis+ – prątki gruźlicy	Measles (rubecola) – odra Varicella (zoster) – ospa wietrzna
Stwierdzono okazjonalne wystąpienia w obiektach służby zdrowia	Acremonium Spp Fusarium Spp Pseudoallescheria boydii Scedosporium Spp. Sporothrix Capsuatum	Acinetobacter Spp. Bacillus Spp. Brucella Spp. Staphylococcus aureus Methicyllin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA) Streptococcus (grupa A)	Smallpox - ospa Influenza - grypa Respiratory syncytial virus Adenoviruses Norwalk-like
Brak raportów dotyczących wystąpienia w obiektach służby zdrowia ale jest możliwe ich przenoszenie poprzez powietrze.	Coccidioides immitis Cryptococcus Spp. Histoplasma Capsullattum	Coxiella Burnetti (Q fever)	Hanataviruses Lassa Virus Marburg Virus Ebola Virus Crimeran-Congo Virus
W trakcie badań	Pneumocystis carinii	BD	BD



CDC Guideline for Environmental Control Guildelines 2003

Mechanizmy przenoszenia mikroorganizmów przez powietrze

Schematic diagram of respiratory transmission routes: droplet, airborne, direct contact and indirect contact.



* Transmission routes involving a combination of hand & surface = indirect contact.

Definition of 'Droplet' and 'Droplet nuclei' from Annex C: Respiratory droplets, in Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings, Atkinson J., et al., Editors. 2009: Geneva.

© Jon Otter

Dawka ID50 – dawka patogenów, która spowoduje zarażenie 50% narażonej grupy osób (JTK/m³)

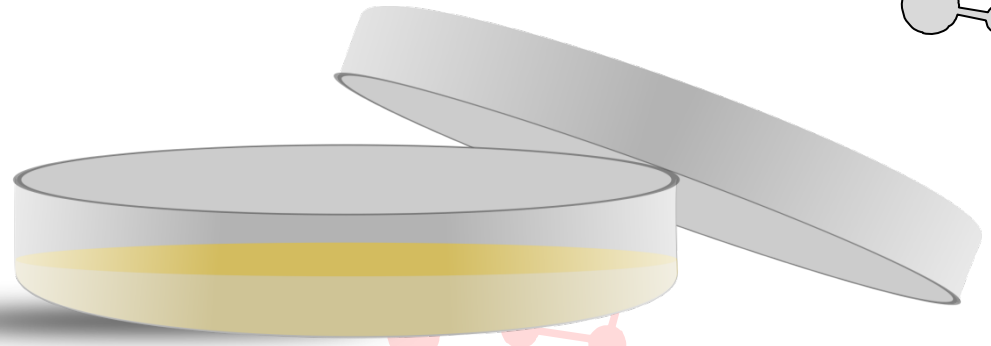
Dawka = czas ekspozycji x stężenie

Doses for Airborne Nosocomial Pathogens

Pathogen	Microbe	Infectious Dose ID_{50}
Adenovirus	Virus	150
Blastomyces dermatitidis	Fungal spore	11,000
Bordetella pertussis	Bacteria	(4)
Clostridium perfringens	Bacteria	10 per g of food
Coccidioides immitis	Fungal spore	100–1350
Coxsackievirus	Virus	67
Cryptococcus neoformans	Fungal yeast	1000
Histoplasma capsulatum	Fungal spore	10
Influenza A virus	Virus	20
Legionella pneumophila	Bacteria	<129
Mycobacterium tuberculosis	Bacteria	1–10
Mycoplasma pneumoniae	Bacteria	100
Neisseria meningitidis	Bacteria	110
Paracoccidioides	Fungal spore	8,000,000
Parvovirus B19	Virus	0.5 mL of serum
Respiratory syncytial virus	Virus	100–640
Rhinovirus	Virus	100
Rubella virus	Virus	10–60

Zalecenia odnośnie czystości powietrza

Czystość mikrobiologiczna i pyłowa Sal Operacyjnych



Zalecenia World Health Organization (WHO)

- ✓ Nie więcej niż 10 JTK /m³ bakterii,
- ✓ Brak grzybów,

Wytyczne projektowania, wykonania, odbioru i eksploatacji systemów wentylacji i klimatyzacji dla podmiotów wykonujących działalność leczniczą.

- ✓ ISO5 / ISO7 w trakcie pracy,
- ✓ <10 JTK /m³ dla bakterii,

Norma DIN 1946:2008 część 4

- ✓ ISO 5,
- ✓ < 10 JTK /m³ dla bakterii (po przeliczeniu z pomiaru na płytce Petriego),

Projekt normy europejskiej prEN 16244-2

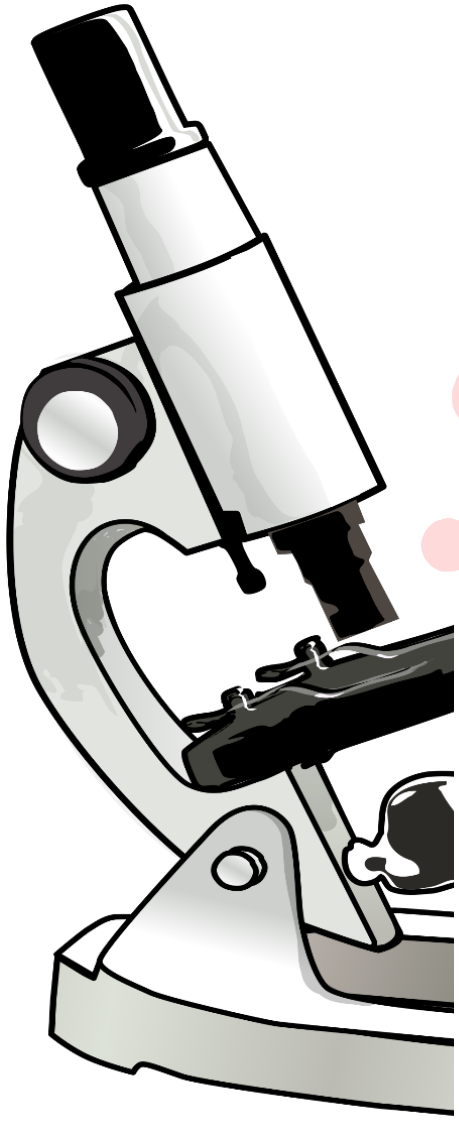
- ✓ ISO 5 w stanie spoczynku,

Porównanie z zalecanymi stężeniami w środowisku pracy

Propozycje zalecanych stężeń drobnoustrojów w powietrzu pomieszczeń opracowane przez Zespół Ekspertów ds. Czynników Biologicznych Międzyresortowej Komisji ds. Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń NDS i Natężeń NDN Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy.

Czynnik mikrobiologiczny	Wartości normatywne (wartości referencyjne)	
	Pomieszczenie robocze zanieczyszczone pyłem organicznym [jtk/1m³]	Pomieszczenia mieszkalne i użyteczności publicznej [jtk/1m³]
Bakterie mezofilne	100 000	**5 000**
Bakterie Gram-ujemne	20 000	200
Termofilne promieniowce	20 000	200
Grzyby	50 000	**5 000**
Czynniki z grupy 3 i 4 zgrożenia	0	0

Wybrane metody oceny czystości powietrza



Metoda sedymentacyjna

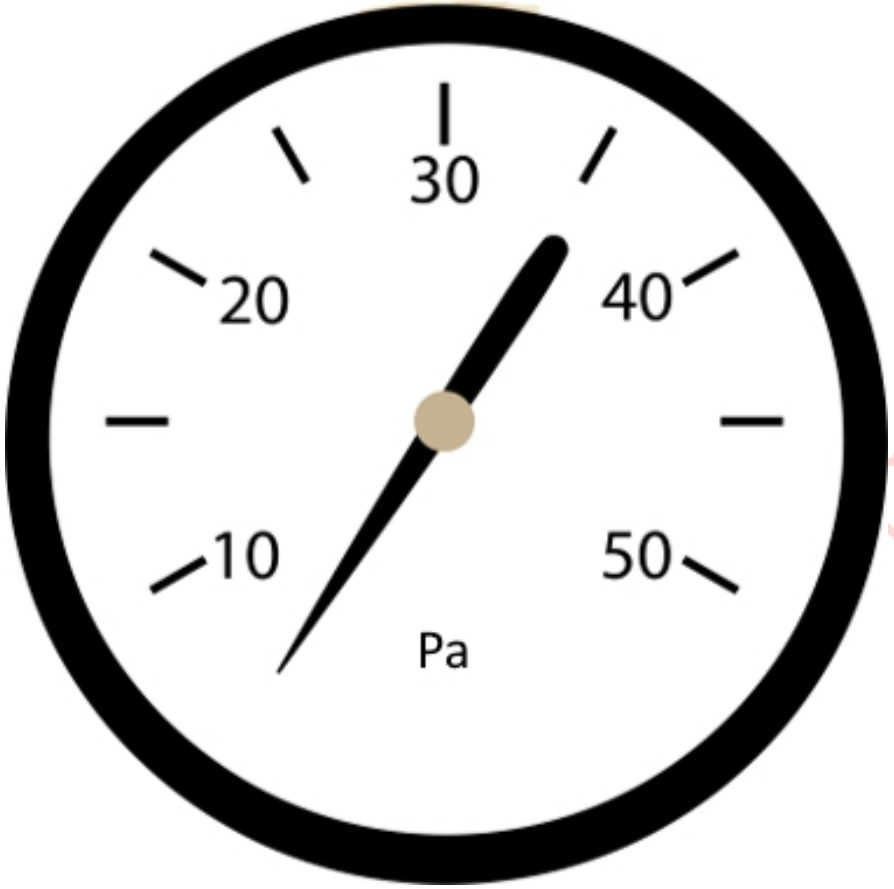
- ✓ Tania i ogólnodostępna,
- ✓ Służy głównie identyfikacji mikroorganizmów,
- ✓ Możliwość tylko szacunkowego przeliczenia na JTK/m^3,
- ✓ Na szalkę Petriego opadają głównie większe cząstki, mała wrażliwość na cząstki unoszące się w powietrzu,
- ✓ Wymaga laboratorium,
- ✓ Wyniki badań dostępne ze znacznym opóźnieniem,

Metoda zderzeniowa

- ✓ Wymaga laboratorium,
- ✓ Wyniki badań dostępne ze znacznym opóźnieniem,

Mechanizmy wpływające na czystość powietrza

Kaskada ciśnienia



Wentylacja / Strop laminarny

Liczba wymian [w/h]	Czas na usunięcie 99% zanieczyszczeń [min]
2	138
4	69
6	46
8	35
10	28
12	23
15	18
20	14
50	6
200	1

Filtracja powietrza

Szczelność struktury budowlanej pomieszczenia

Prawo Boyl'aMariotte'a

$$p \, x \, V = const$$

Prawo Bernoulliego

$$P_d = \frac{\rho \, x \, v^2}{2}$$

$$\rho = 1{,}2 \; {}^{kg}/_{m^3} \; ; \quad Pd \; (Pa) \; ; \quad v \; ({}^{m}/_{s})$$

$$v = \frac{q}{A}$$

$$P_d = \frac{\rho \, x \, {}^{q^2}/_{A^2}}{2}$$

$$P_d = 0{,}6 \, x \, {}^{q^2}/_{A^2}$$

$$q = \sqrt{{}^{1}/_{0{,}6}} \, x \, A \, x \, \sqrt{P_d}$$

$$q = 1{,}29 \, x \, A \, x \, \sqrt{P_d}$$

Współczynnik ze względu na kształt i wielkość otowu pomiędzy 0,6 a 0,75 = 0,66

$$q = 0{,}85 \, x \, A \, x \, \sqrt{P_d}$$

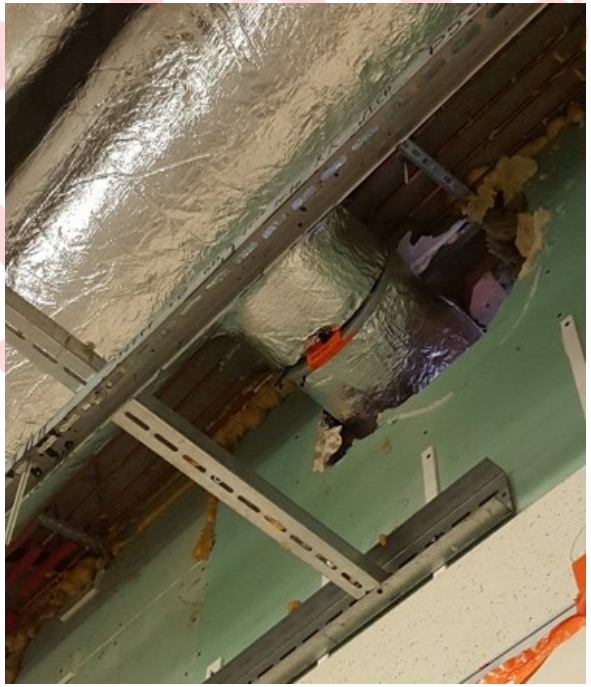
Przykład

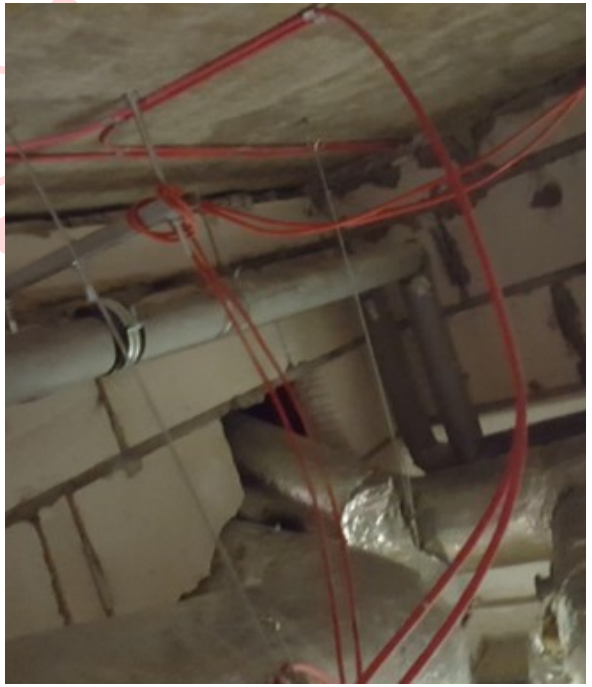
Dla nieszczelności wynoszących 100 cm^2 i róznicy ciśnienia między pomieszczenia = 16 Pa

$$q = 0{,}85 \, x \, 0{,}01 \, x \, \sqrt{16} \;\; {}^{m^3}/_{s}$$

$$Q = 3600 \, x \, 0{,}85 \, x \, 0{,}01 \, x \, \sqrt{16} \;\; {}^{m^3}/_{h}$$

$$Q = 122{,}4 \; {}^{m^3}/_{h}$$





Zastosowanie pomieszczenia

Istotne parametry dla układu HVAC - określenie

Istotne parametry dla układu HVAC - monitoring

Sala Operacyjna - System Klimatyzacji

Temperatura na sali:	22 st.C
Temperatura zadana:	21 st.C
Wilgotność na sali:	45%
Nadciśnienie:	14 Pa
Tryb:	Standardowy
Awarie:	Brak
Stan systemu:	OK

Sale Operacyjne - Wymagania

Sale Operacyjne - Wytyczne projektowania, wykonania, odbioru i eksploatacji systemów wentylacji i klimatyzacji dla podmiotów wykonujących działalność leczniczą

Klasa pomieszczenia		Zastosowanie (przykłady) *	Podstawowe wymagania dotyczące systemu nawiewu i wywiewu powietrza	Zalecany układ ciśnienia powietrza **
S1 Sale Operacyjne	**S1a**	- ortopedia i traumatologia narządu ruchu (złamania kończyn, protezy stawu biodrowego), - neurochirurgia (operacje kręgosłupa, operacje krwiaków wewnątrzczaszkowych) - transplantologia kliniczna (przeszczepy nerek, wątroby, serca) - kardiochirurgia (wszczepienie rozruszników, pomostowanie naczyń wieńcowych, leczenie wad serca) - chirurgia ogólna (operacje pęcherzyka żółciowego, wyrostka robaczkowego, przepuklin)	- laminarny strop nawiewny - obszar ściśle chroniony o powierzchni ≥ 9 m^2 - filtry wysokoskuteczne o klasie minimum H13 - prędkość strugi w odległości 0,30 m poniżej powierzchni wylotu powietrza ze stropu nawiewnego 0,20 - 0,30 m/s; na wysokości 1,20 m nad poziomem podłogi 0,18 - 0,25 m/s - minimalny wymagany strumień powietrza zewnętrznego 2400 m^3/h - strumień powietrza wywiewanego (usuwanego) musi zapewnić zbilansowanie zysków ciepła i wilgoci; nie powinien być mniejszy niż 50% nawiewanego strumienia powietrza zewnętrznego	Nadciśnienie w sali operacyjnej w odniesieniu do pomieszczeń sąsiadujących minimum 10 Pa
	S1b ograniczony obszar ściśle chroniony	- położnictwo i ginekologia (sale cięć cesarskich) - urologia (operacje kamicy dróg moczowych) - chirurgia szczękowo-twarzowa (operacje złamania kości twarzy, korekta zgryzu), - otorynolaryngologia (operacje zatok, przegrody nosowej), - okulistyka (operacje zaćmy, korekcja wad wzroku) - chirurgia plastyczna (wszczepienia implantów)	- laminarny strop nawiewny - ograniczony obszar ściśle chroniony o powierzchni < 9 m^2 i ≥ 3,6 m^2 (spełniający jednocześnie oba warunki) - filtry wysokoskuteczne o klasie minimum H13 - prędkość strugi w odległości 0,30 m poniżej powierzchni wylotu powietrza ze stropu nawiewnego 0,20 m/s - 0,30 m/s; w odległości 1,20 m nad poziomem podłogi 0,18 - 0,25 m/s - minimalny wymagany strumień powietrza zewnętrznego 2400 m^3/h - strumień powietrza wywiewanego (usuwanego) nie powinien być mniejszy niż 50% nawiewanego strumienia powietrza zewnętrznego	
	S 1 c niezidentyfikowany obszar ściśle chroniony	- sale przeznaczone do pozostałych zabiegów operacyjnych (np. wprowadzenie małych implantów - chirurgia plastyczna	- wentylacja mieszająca (turbulentna), - nawiewniki skośne z filtrami wysokoskutecznymi o klasie minimum H13 - minimalna krotność wymian powietrza: 25 h^{-1} - minimalny wymagany strumień powietrza zewnętrznego 1200 m^3/h - strumień powietrza wywiewanego (usuwanego) nie powinien być mniejszy niż 50% nawiewanego strumienia powietrza zewnętrznego	
S4 Pozostałe		- wszystkie pozostałe pomieszczenia o wymaganiach higienicznych, niezakwalifikowane do klas S1, S2 lub S3, np. sale chorych, gabinety lekarskie, gabinety zabiegowe, przebieralnie chirurgów, centrum dializ, pomieszczenie rentgena, rezonansu magnetycznego i tomografu, , brudowniki, pomieszczenia pro morte, prosektoria - pomieszczenia obszaru brudnego bloku operacyjnego	- wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna	Zgodnie z wymaganiami użytkownika, technologii oraz aktualnymi przepisami

Czy generacja cząstek ma znaczenie w przypadku sal zabiegowych ?

TAK (model dynamiczny z generacją zanieczyszczeń)

Wymagana liczba wymian = generacja w pomieszczeniu / (oczekiwana ilość cząstek – ilość cząstek w powietrzu nawiewanym)

ISO classification number (N)	Maximum concentration limits (particulates/m³ of air) for particles equal to and larger than the considered sizes shown below (concentration limits are calculated in accordance with equation (1) in 3.2)					
	0.1 µm	0.2 µm	0.3 µm	0.5 µm	1 µm	5 µm
ISO Class 1	10	2				
ISO Class 2	100	24	10	4		
ISO Class 3	1,000	237	102	35	8	
ISO Class 4	10,000	2,370	1,020	352	83	
ISO Class 5	100,000	23,700	10,200	3,520	832	29
ISO Class 6	1,000,000	237,000	102,000	35,200	8,320	293
ISO Class 7				352,000	83,200	2,930
ISO Class 8				3,520,000	832,000	29,300
ISO Class 9				35,200,000	8,320,000	293,000
NOTE: Uncertainties related to the measurement process require that concentration data with no more than three significant figures be used in determining the classification level.						

Ilość cząstek w powietrzu zewnętrznym 30 000 000 / m³

Klasy filtracji M5 (średnia skuteczność dla cząstek 0,4 µm) 50%

Klasy filtracji F7 (średnia skuteczność dla cząstek 0,4 µm) 85%

Ilość cząstek w powietrzu nawiewanym = 30 000 000 x (1 -50%) x (1 – 85%) = **2 250 000 cząstek**

Klasy filtracji M5 (średnia skuteczność dla cząstek 0,4 µm) 50%

Klasy filtracji F7 (średnia skuteczność dla cząstek 0,4 µm) 85%

Klasy filtracji E11 (średnia skuteczność) 95%

Ilość cząstek w powietrzu nawiewanym = 30 000 000 x (1 -50%) x (1 – 85%) x (1 – 95%) = **112 500 cząstek**

NIE (model statyczny bez generacji zanieczyszczeń)

Liczba wymian [w/h]	Czas na usunięcie 99% zanieczyszczeń [min]
2	138
4	69
6	46
8	35
10	28
12	23
15	18
20	14
50	6
200	1

Sale Zabiegowe - ASHRAE Standard 170-2017 Ventilation of Health Care Facilities

Function of Space	Pressure Relationship to Adjacent Areas (n)	Minimum Outdoor ach	Minimum Total ach	All Room Air Exhausted Directly to Outdoors (j)	Air Recirculated by Means of Room Units (a)	Minimum Filter Efficiency (ab)	Design Relative Humidity (k), %	Design Temperature °C
SURGERY AND CRITICAL CARE								
Operating room (m), (o)	**Positive**	**4**	**20**	**NR**	**No**	**MERV-16 (ac)**	**20–60**	**20–24**
Treatment room (p)	**NR**	**2**	**6**	**NR**	**NR**	**ab**	**20–60**	**21–24**
Procedure Room X-ray (surgery/critical care and catheterization)	**Positive**	**3**	**15**	**NR**	**No**	**MERV-14**	**max 60**	**21–24**
DIAGNOSTIC AND TREATMENT								
Bronchoscopy, sputum collection, and pentamidine administration	Negative	2	12	Yes	No	ab	NR	20–23
Laboratory work area, general (f), (v)	Negative	2	6	NR	NR	ab	NR	21–24
General examination room	NR	2	4	NR	NR	ab	max 60	21-24
Gastrointestinal endoscopy procedure room (x)	NR	2	6	NR	No	ab	20–60	20–23
Endoscope cleaning	Negative	2	10	Yes	No	ab	NR	NR
Treatment room	NR	2	6	NR	NR	ab	max 60	21–24
Physical therapy	Negative	2	6	NR	NR	ab	Max 65	22–27
Dialysis treatment area	NR	2	6	NR	NR	ab	NR	22-26

Gabinety diagnostyczno-zabiegowe i sale zabiegowe – Wytyczne projektowania / DIN 1946:4

EXAMINATION AND TREATMENT ROOM	
Minor intervention rooms, treatment rooms (invasive) e.g. for endoscopies, gastroendoscopy, bronchoscopy, ERCP), emergency treatment, major wound care and dressing change	Outdoor air 40 m3/h per person Where gaseous anesthetics are used: 150 m^3/h per patient Room air temperature 22-26 ^{0}C
Treatment rooms (non-invasive) e.g. for ultrasound, EKG,EEG,EMG	Outdoor air 40 m^3/h per person
Radiation therapy and x-ray diagnostics	Outdoor air 40 m^3/h per person , taking radiation requirements (air filters) into account, where necessary

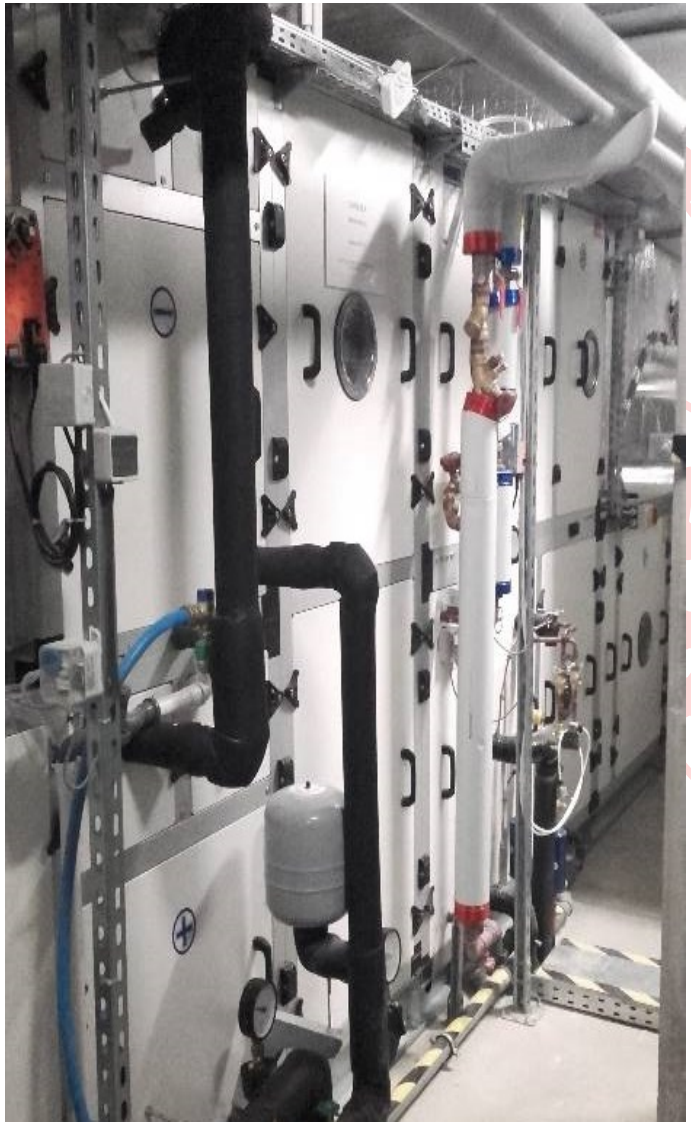
Gabinety diagnostyczno-zabiegowe - ASHRAE Standard 170-2017 Ventilation of Health Care Facilities

Function of Space	Pressure Relationship to Adjacent Areas (n)	Minimum Outdoor ach	Minimum Total ach	All Room Air Exhausted Directly to Outdoors (j)	Air Recirculated by Means of Room Units (a)	Minimum Filter Efficiency (ab)	Design Relative Humidity (k), %	Design Temperature °C
SURGERY AND CRITICAL CARE								
Operating room (m), (o)	Positive	4	20	NR	No	MERV-16 (ac)	20–60	20–24
Treatment room (p)	NR	2	6	NR	NR	ab	20–60	21–24
Procedure Room X-ray (surgery/critical care and catheterization)	Positive	3	15	NR	No	MERV-14	max 60	21–24
DIAGNOSTIC AND TREATMENT								
Bronchoscopy, sputum collection, and pentamidine administration	Negative	2	12	Yes	No	ab	NR	20–23
Laboratory work area, general (f), (v)	Negative	2	6	NR	NR	ab	NR	21–24
General examination room	NR	2	4	NR	NR	ab	max 60	21-24
Gastrointestinal endoscopy procedure room (x)	NR	2	6	NR	No	ab	20–60	20–23
Endoscope cleaning	Negative	2	10	Yes	No	ab	NR	NR
Treatment room	NR	2	6	NR	NR	ab	max 60	21–24
Physical therapy	Negative	2	6	NR	NR	ab	Max 65	22–27
Dialysis treatment area	NR	2	6	NR	NR	ab	NR	22-26

Zagrożenia związane z projektowaniem i wykonaniem systemów HVAC

Procedury odbiorowe

Procedury eksploatacyjne



Literatura

Kontakt

Radosław Lenarski

SAR PW Sp. z o.o.
Warszawa ul.Zwoleńska 97

Z-ca szefa serwisu ds.szpitalnictwa i pomieszczeń czystych

Mail: rlenarski@sarserwis.pl

Telefon: 695-335-532

Zapraszam do kontaku i dyskusji☺