



# TECHNIKI OCZYSZCZANIA POWIETRZA W OBIEKTACH SZPITALNYCH

---



**dr inż. Amelia Staszowska**  
Katedra Jakości Powietrza Wewnętrznego i Zewnętrznego  
Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Lubelska

# JAKOŚĆ POWIETRZA W OBIEKTACH SZPITALNYCH

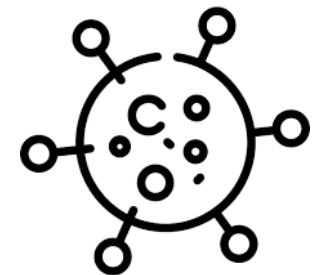
## PROBLEM stanowią:

- gazowe związki nieorganiczne,
- lotne związki organiczne (ang. VOCs, pol. LZO) – w tym leki, gazy anestezjologiczne, zabiegi operacyjne , sale pacjentów (pot, rany, opatrunki)- odory
- pyły drobne (PM),
- **bioaerozole, w tym patogeny dla których powietrze stanowi drogę transmisji – zakażenia szpitalne** – dotyczy Polsce ok. 5 - 10% pacjentów hospitalizowanych czyli ok. 400 tyś/rok ([www.nik.gov.pl](http://www.nik.gov.pl))



## Grupy narażenia:

- **pacjenci,**
- personel medyczny,
- personel sprzątający,
- personel administracyjny.



# JAKOŚĆ POWIETRZA W OBIEKTACH SZPITALNYCH

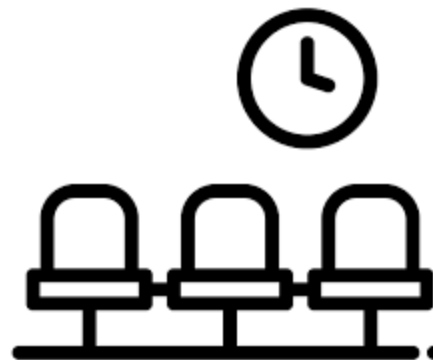
Zagadnienie przygotowania powietrza o wysokiej czystości w obiektach służby zdrowia i systemach jego dystrybucji najczęściej jest dyskutowane w aspekcie zapobiegania zakażeniom szpitalnym związanym z:

- prowadzonymi zabiegami operacyjnymi i różnymi metodami leczenia,
- w szczególności na oddziałach chorób zakaźnych i oddziałach onkologicznych.



# JAKOŚĆ POWIETRZA W OBIEKTACH SZPITALNYCH

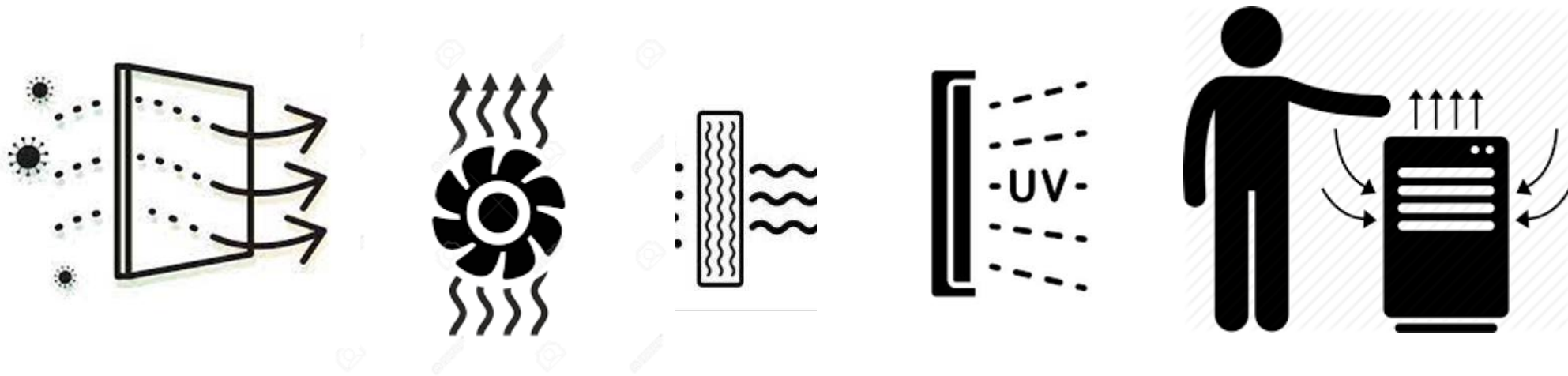
- Mniej uwagi lub prawie jej brak skupia się na pomieszczeniach takich jak sale pacjentów, gabinety zabiegowe, gabinety lekarskie w przychodniach, pomieszczenia dyżurek personelu medycznego, laboratoria, oddziały noworodkowe, sale pacjentów z obniżoną odpornością - po przeszczepach lub w trakcie terapii antynowotworowej, poczekalnie dla pacjentów.



# OCZYSZCZANIE POWIETRZA

- pojęcie **uzdatniania powietrza** należy rozumieć jako nadanie mu określonej temperatury i wilgotności oraz jego odpylenie - systemy HVAC
- **oczyszczanie powietrza** należy traktować jako proces lub zespół procesów, których celem jest usunięcie z powietrza znajdujących się pyłów, zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych - stanowią one bowiem największy problem zdrowotny – systemy wspomagające pracę HVAC lub realizowane w pomieszczeniach bez wentylacji mechanicznej





---

## TECHNIKI OCZYSZCZANIA POWIETRZA W SZPITALACH

## Techniki dedykowane usuwaniu pyłów i cząstek aerozolowych z powietrza

**Filtry mechaniczne (wstępne, HEPA, ULPA).**

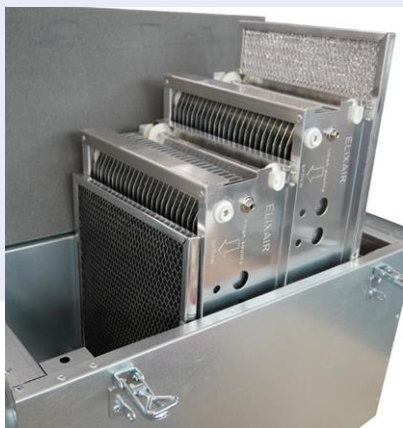
- usunięcie z powietrza pyłów (szczególnie pyłów zawieszonych) i zaadsorbowanych na ich powierzchni zanieczyszczeń chemicznych np. związków metali ciężkich, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, jonów związków nieorganicznych i organicznych
- częściowe usunięcie bioaerozoli – wymiar  $0,3\mu\text{m}$

- efektywność układów filtracyjnych uzależniona jest od ich prawidłowej eksploatacji, do której należy zaliczyć okresowe wymiany wkładów filtracyjnych, czyszczenie przewodów odpowiedzialnych za dystrybucję powietrza, konserwacja urządzeń pomocniczych, kontrolę szczelności przewodów i parametrów powietrza

## Techniki dedykowane usuwaniu pyłów i cząstek aerozolowych z powietrza

**Filtry elektrostatyczne:**

- **jednostki stacjonarne,**
- **kanałowe,**
- **naścienne.**



- hybryda procesu filtracji i dezynfekcji powietrza
- efektywnością odpylania nie ustępują filtrom HEPA, dodatkowo nawet obciążone pyłem nie tracą swojej skuteczności i nie generują wysokich oporów przepływu powietrza
- wykorzystaniu zjawiska elektrostatyczności statycznej
- cząstki pyłów są jonizowane w pierwszej części filtra by w drugiej zostać wychwycone i unieruchomione na powierzchni płyt kolektora

- cena zakupu
- konieczność okresowej wymiany filtra wstępnego i węglowego (ozon resztkowy)
- konieczność okresowego mycia kasy kolektora pyłów



## Techniki dedykowane sterylizacji lub dezynfekcji powietrza

## Lampy UVC (UV-GI)

- stacjonarne
- przepływowe
- moduły kanałowe, sufitowe, naścienne.

- długość fali 240-280 nm
- dezynfekcja powietrza i powierzchni tj. usunięcia żywych i przetrwalnikowych form mikroorganizmów
- szczególnie wrażliwe na działanie promieniowania UV-C są niektóre wirusy, bakterie w formie wegetatywnej, następnie ich formy przetrwalnikowe
- **mniejszą podatność odnotowano w stosunku do zarodników pleśni**

- skuteczność naświetlania promieniami UV-C zależy od stopnia zapylenia powietrza – współpraca z filtrami wstępnymi i HEPA
- żarniki lamp UV-C mają określoną żywotność i powinny być okresowo wymieniane
- obniżenie skuteczności gdy  $RH > 60\%$



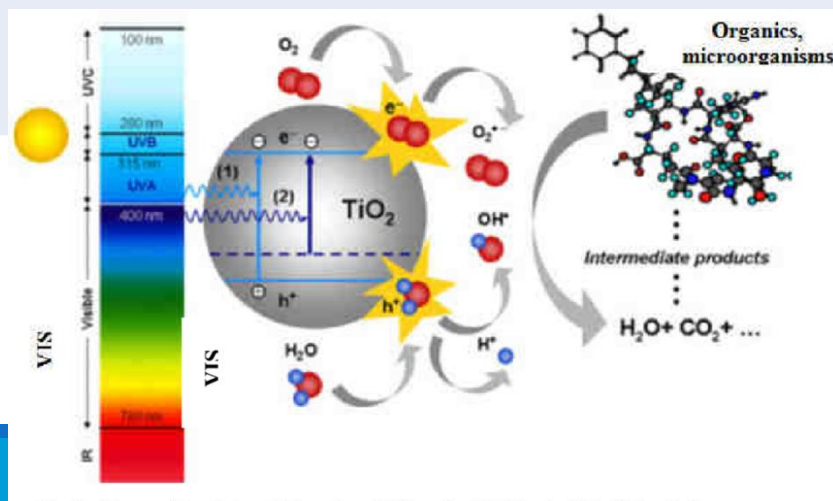
## Techniki dedykowane usuwaniu LZO i sterylizacji lub dezynfekcji powietrza

## Oczyszczacze fotokatalityczne:

- stacjonarne,
- naścienne,
- kanałowe.

- najpowszechniej wykorzystywanym fotokatalizatorem do usuwania zanieczyszczeń z powietrza jest  $\text{TiO}_2$  (odmiana anataz)
- cel – **wytworzenie rodników: rodniki hydroksylowe  $\text{OH}\cdot$ , tlenowe  $\text{O}_2\cdot$  oraz dodatkowo  $\text{H}_2\text{O}_2$**
- technologia FS-ACT z komorą neutralizacyjną (lampy UVA i UVC)

- wymaga wsparcia filtrami wstępnym, HEPA i węglowym
- promieniowanie UVA – aktywniczne (sztuczne źródło)



# MATERIAŁY/ POWŁOKI FOTOKATALITYCZNE

---

- farby fotokatalityczne na bazie dwutlenku tytanu
- stacjonarne oczyszczacze powietrza z funkcją fotokatalizy
- moduły oczyszczające z funkcją fotokatalizy w systemach wentylacji i klimatyzacji

## OGRANICZENIA

- konieczność stosowania dodatkowego sztucznego źródła światła
- skuteczność znacznie niższa niż w warunkach modelowych
- odpowiednio długi czas kontaktu zanieczyszczenia z powierzchnią katalizatora
- konieczność wymiany lamp
- produkty uboczne fotokatalizy – w tym formaldehyd, aldehyd octowy



URZĄDZENIA	zasada działania	ograniczenia
<b>Techniki dedykowane sterylizacji lub dezynfekcji powietrza</b>		
<b>Oczyszczacze plazmowe/ jonizatory</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ wytworzenie jonów/ rodników</li> <li>▪ <b>technologia Plasmacluster</b> – znana od 2000 r. (epidemia ptasiej grypy, SARS)</li> <li>▪ generator jonów wykorzystuje naprzemienne wyładowanie plazmowe do rozkładu cząsteczek wody na H<sup>+</sup> i O<sub>2</sub>, które zostają otoczone cząsteczkami wody tworząc jony klastrowe</li> <li>▪ w reakcji jonów klastrowych z cząstkami zanieczyszczeń powstają rodniki hydroksylowe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ uzupełnienie konwencjonalnych systemów filtracyjnych (filtry wstępne, absolutne), lampy UVC</li> <li>▪ powstawanie ozonu &lt;0,01 ppm</li> <li>▪ konieczność wymiany elementów (trwałość do 2 lat)</li> </ul>



URZĄDZENIA	zasada działania	ograniczenia
------------	------------------	--------------

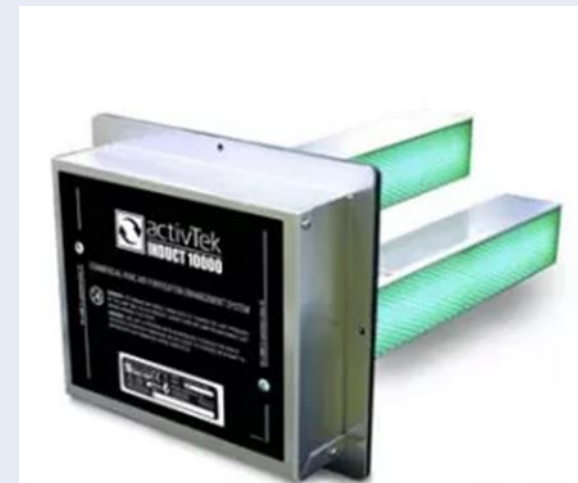
**Techniki dedykowane sterylizacji lub dezynfekcji powietrza**

**Oczyszczacze plazmowe/ jonizatory:**

- wolnostojące,
- sufitowe,
- kanałowe.

- wytworzenie jonów/ rodników – nadtlenu wodoru
- **technologia RCI ActivePure® – Promieniowa Jonizacja Katalityczna**
- po uruchomieniu urządzenia promieniowanie ultrafioletowe (?) działa na macierz w kształcie plastra miodu pokrytej powłoką metali (w tym tytanu) inicjując procesy prowadzące do powstawania jonów ponadtlennokowych oraz wodorotlenkowych i nadtlenu wodoru
- **możliwość dezynfekcji powietrza i powierzchni**

- uzupełnienie konwencjonalnych systemów filtracyjnych (filtry wstępne, absolutne), lampy UVC
- konieczność wymiany elementów (trwałość do 2 lat)



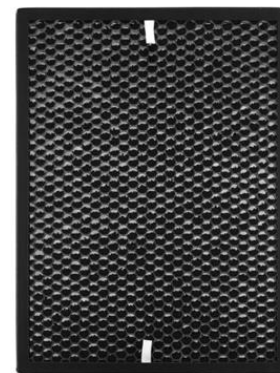
## Techniki dedykowane usuwaniu związków gazowych z powietrza (LZO, odory)

**Filtry węglowe**

- kasetowe,  
tubowe,  
kompaktowe
- kanałowe

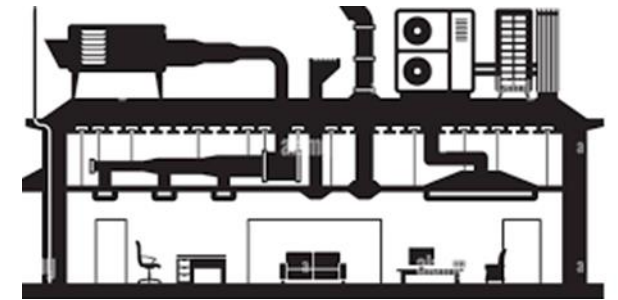
- rozwinięta powierzchnia właściwa
- duża pojemność sorpcyjna
- niskie koszty zakupu i eksploatacji
- konieczność okresowej wymiany (kilka lat)
- montaż: do zakończenia kanału wsunąć kołnierz filtra i zabezpieczyć połączenie opaską zaciskową lub taśmą, która znajduje się ofercie producenta

- nie nadają się do małych cząsteczek np. amoniaku
- nie zaleca się stosowania węgla aktywnego w wysokich temperaturach i przy bardzo wysokiej wilgotności powietrza



# SALE OPERACYJNE

- **konieczność wytworzenia powietrza sterylnego** – zapewnia rozcieńczenie stężenia zanieczyszczeń w pomieszczeniu (mikrobiologicznych/ pyłowych)
- przygotowanie powietrza - **centrale wentylacyjne/ klimatyzacyjne w wykonaniu higienicznym** (filtry wstępne, filtry absolutne (HEPA 13 i 14) =  $ePM_{1}$ ,  $ePM_{2.5}$ ,  $ePM_{10}$ )
- osuszanie/ nawilżanie powietrza
- podgrzewanie lub chłodzenie powietrza – komfort cieplny
- lampy UVC
- **stropy laminarne** – optymalny system rozdziału powietrza w pomieszczeniu

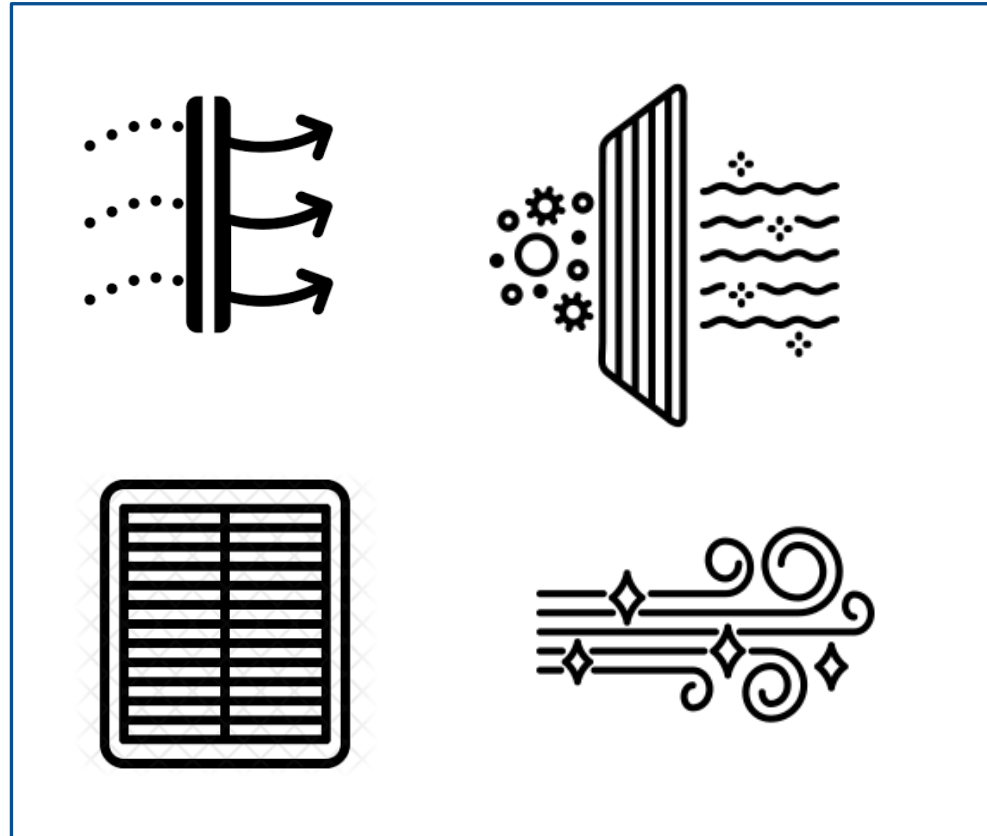


# OCZYSZCZACZ POWIETRZA

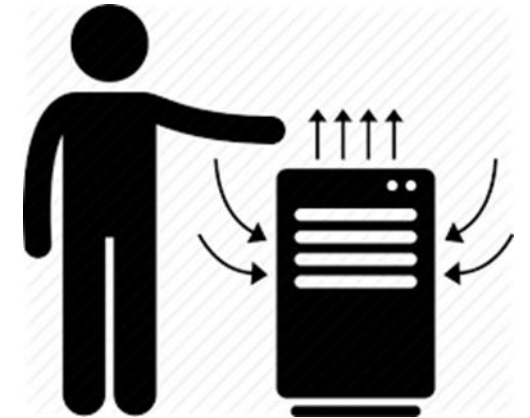


WENTYLATOR

+



FILTRY + JONIZATOR + NAWILŻACZ + LAMPA UVC/ UVA



# OCZYSZCZACZE POWIETRZA

---

## JEDNOSTKI:

- stacjonarne,
- podwieszane (sufitowe),
- naścienne (klimatyzatory),
- kanałowe.

## ZAKRES ZASTOSOWANIA:

- kilkanaście do 500 m<sup>2</sup> powierzchni,
- **jak największa wartość CADR (Clean Air Delivery Rate)**

## TRYBY PRACY:

- manualny
- automatyczny – urządzenie samo dostosowuje prędkość wentylatora do aktualnego stężenia zanieczyszczeń w pomieszczeniu



# FILTRY W OCZYSZCZACZACH POWIETRZA

FILTR	przeznaczenie	wymiana co ... lat
wstępny	usuwanie PM, ochrona filtra HEPA	rok do 3 lat
HEPA (H13, H14)	usuwanie PM, usuwanie bioaerozoli	rok do 10 lat
węglowy	usuwanie zapachów, w tym dymu papierosowego, LZO, ozonu	rok do 10 lat
elektrostatyczny	usuwanie PM, bioaerozoli	okresowe mycie
fotokatalityczny	usuwanie zapachów, LZO, dezynfekcja powietrza	?
lampy UVC/ UVA	dezynfekcja powietrza	?
jonizator	emisja jonów ujemnych	max. do 2 lat
nawilżacz	wzrost RH powietrza	-
zeolitowy	usuwanie metali zawartych w pyłach zawieszonych	-
sito molekularne	usuwanie metali zawartych w pyłach zawieszonych	-
plazmowy	usuwanie zapachów, dezynfekcja	max. do 2 lat
zintegrowany (wstępny, HEPA, węglowy)	usuwanie PM, LZO	1 – 3 lat

# OCZYSZCZACZE POWIETRZA - normy

iso.org/standard/65001.html

Standards About us News Taking part Store

ISO

ICS > 13 > 13.040 > 13.040.20

## ISO 16000-36:2018

Indoor air — Part 36: Standard method for assessing the reduction rate of culturable airborne bacteria by air purifiers using a test chamber

© ISO/CD 16000-44 INDOOR AIR — PART 44: TEST METHOD FOR MEASURING PERCEIVED INDOOR AIR QUALITY FOR USE IN TESTING THE PERFORMANCE OF GAS PHASE AIR CLEANERS [UNDER DEVELOPMENT]

© ISO/CD 16000-33 INDOOR AIR — PART 33: DETERMINATION OF PHTHALATES WITH GAS CHROMATOGRAPHY/MASS SPECTROMETRY (GC/MS) [UNDER DEVELOPMENT]

© ISO/CD 16000-43 INDOOR AIR — PART 43: STANDARD METHOD FOR ASSESSING THE REDUCTION RATE OF CULTURABLE AIRBORNE FUNGI BY AIR PURIFIERS USING A TEST CHAMBER [UNDER DEVELOPMENT]

**brak** jednoznacznych wytycznych, norm, zaleceń do badania/ oceny skuteczności oczyszczaczy powietrza w zakresie:

- usuwania PM
- usuwania LZO
- usuwania bioaerozoli



- **BRAK UREGULOWAŃ DLA URZĄDZEŃ DO CELÓW MEDYCZNYCH**

# OCZYSZCZACZE POWIETRZA – polskie przepisy



NARODOWY INSTYTUT ZDROWIA PUBLICZNEGO  
- Państwowy Zakład Higieny

Zakład Higieny Środowiska

## ATEST HIGIENICZNY

HYGIENIC CERTIFICATE

ORYGINAL

NATIONAL INSTITUTE OF PUBLIC HEALTH – NATIONAL INSTITUTE OF HYGIENE

Wyrób / product: **Oczyszczacz powietrza**  
**Oczyszczacz powietrza**  
**Oczyszczacz powietrza**

Zawierający / containing: ABS, aluminium, PP i inne składniki wg dokumentacji producenta

Przeznaczony do / destined: oczyszczania powietrza w pomieszczeniach budynków mieszkalnych oraz obiektów użyteczności publicznej, w tym hotelach, biurach, restauracjach, w obiektach handlowych, wychowawczo oświatowych, przemysłowych

Wymieniony wyżej produkt odpowiada wymaganiom higienicznym przy spełnieniu następujących warunków

/ the above-named product is acceptable according to hygienic criteria with the following conditions:

- Zastosowanie wyrobów musi być zgodne z przepisami dotyczącymi obiektu, w którym są one montowane
- Montaż i eksploatacja zgodnie z instrukcją producenta
- Atest Higieniczny nie obejmuje wymiennych filtrów powietrza stosowanych w w/w urządzeniu

**IECEE CB Scheme** to międzynarodowy system wzajemnej akceptacji raportów z badań i certyfikatów dotyczących bezpieczeństwa elektrycznych i elektronicznych komponentów, sprzętu i produktów.

**Oznaczenie CE** jest europejskim znakiem zgodności, świadczącym o zastosowaniu i spełnieniu przez producenta odpowiednich wymagań zawartych w dyrektywach / rozporządzeniach europejskich, a także w normach powiązanych z wyrobem. Jest to znak charakteryzujący odpowiedni poziom bezpieczeństwa wyrobu.

**Dyrektywa RoHS** wymaga, aby producenci sprzętu elektrycznego i elektronicznego stosowali w minimalnych ilościach określonych w przepisach prawa następujące substancje: Pb, Hg, Cd, (Cr+6), PBDE, polibromowane bifenyle



# WARUNKI PRACY OCZYSZCZACZY POWIETRZA

---

- stosować jednostki do obiektów medycznych,
- w pomieszczeniu powinny być zamknięte drzwi i okna,
- oczyszczacz ustawić możliwie jak najbliżej pacjenta/ personelu,
- pamiętać o okresowych wymianach filtrów/ lamp UVC/ lamp UVA,
- **dezynfekcja/ sterylizacja powietrza – praca wentylatora na jak najniższych obrotach (nastawa/ bieg)**
- przenośne/ naścienne/ sufitowe jednostki oczyszczaczy powietrza **NIE DEZYNFEKUJĄ POWIERZCHNI**
- w oczyszczaczach do celów medycznych **NIE STOSUJE SIĘ GENERATORÓW OZONU**



# PODSUMOWANIE

---

- stosowane techniki/ metody i rozwiązania powinny przyczynić się do poprawy jakości powietrza i ochrony zdrowia pacjentów i personelu szpitalnego – konieczność wykorzystania na większą skalę,
- nie istnieje jedna uniwersalna metoda usuwania wszystkich zanieczyszczeń z powietrza,
- nie ma metod bez wad i ograniczeń,
- technikę należy dobierać w zależności od stopnia wymaganej czystości powietrza i w oparciu o istniejące rozwiązania wentylacji w danym pomieszczeniu – stanowi jej uzupełnienie,
- **należy wybierać jedynie urządzenia, które mają poświadczoną skuteczność pracy w warunkach rzeczywistych i są dedykowane do zastosowań medycznych**



# DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

---

**Kontakt:**  
**[a.staszowska@pollub.pl](mailto:a.staszowska@pollub.pl)**

