

INDEKS CZYSTOŚCI POWIETRZA WEWNĘTRZNEGO

PRZEWODNIK PO ARKUSZU KALKULACYJNYM



INDEKS CZYSTOŚCI POWIETRZA WEWNĘTRZNEGO



NATIONAL ENERGY CONSERVATION AGENCY

Średnie roczne stężenie PM₁₀ i PM_{2,5} dla lokalizacji ocenianego systemu wentylacji

PM _{10,mean,out}	37,5	µg/m ³
PM _{2,5,mean,out}	24,7	µg/m ³

Indeks czystości powietrza zewnętrznego

Dostateczny

Na podstawie średnio rocznego stężenia PM₁₀ i PM_{2,5} w powietrzu zewnętrznym w ocenianej lokalizacji

Indeks czystości powietrza zewnętrznego
(na podstawie Europejskiego wskaźnika jakości powietrza)

Indeks	Stężenie graniczne [µg/m ³]	
	PM _{10,mean,out}	PM _{2,5,mean,out}
Dobry	20	10
Umiarkowany	40	20
Dostateczny	50	25
Zły	100	50
Bardzo zły	150	75
Niebezpieczny	>150	>75

Indeks czystości powietrza wewnętrznego

Indeks	Stężenie graniczne [µg/m ³]	
	PM _{10,mean,sup}	PM _{2,5,mean,sup}
Doskonały	5	2,5
Bardzo dobry	10	5
Lepszy od dobrego	15	7,5
Dobry	20	10
Umiarkowany	40	20
Dostateczny	50	25
Zły	100	50
Bardzo zły	150	75
Niebezpieczny	>150	>75

[Statystyki jakości powietrza Europejskiej Agencji Środowiska](#)

Arkusz roboczy 1

Skuteczność filtracji cząstek PM₁₀ i PM_{2,5}

Stopień filtracji 1 - filtracja wstępna

ISO ePM10 50%	ePM _{10,s1}	ePM _{2,5,s1}
Wartość domyślna	50,0%	25,0%
Wartość użytkownika	-	-

Stopień filtracji 2 - filtracja dokładna

ISO ePM1 80%	ePM _{10,s2}	ePM _{2,5,s2}
Wartość domyślna	93,3%	86,7%
Wartość użytkownika	-	-

Skumulowana skuteczność systemu filtracji

ePM _{10,om}	96,7%
ePM _{2,5,om}	90,0%

Indeks czystości powietrza wewnętrznego

Doskonały

Na podstawie szacowanego średnio rocznego stężenia PM₁₀ i PM_{2,5} w nawiewanym powietrzu w ocenianej lokalizacji

Arkusz roboczy 2

Szacowane średnie roczne stężenie PM₁₀ i PM_{2,5} w nawiewanym powietrzu w ocenianej lokalizacji

PM _{10,mean,sup}	2,9	µg/m ³
PM _{2,5,mean,sup}	2,5	µg/m ³

System filtracji i klasa filtrów

System wentylacji z filtrem pojedynczym lub dwudostopniową filtracją. Klasa filtrów wg PN EN ISO 16890 lub PN EN 779:2012

Stopień filtracji 1 - filtracja wstępna

ISO ePM10 50%

Stopień filtracji 2 - filtracja dokładna

ISO ePM1 80%

Spis treści

1	WSTĘP	3
2	INTERFEJS KALKULATORA	4
2.1	INDEKS CZYSTOŚCI POWIETRZA ZWNĘTRZNEGO	4
2.2	SYSTEM FILTRACJI I KLASA FILTRÓW	5
2.3	INDEKS CZYSTOŚCI POWIETRZA WEWNĘTRZNEGO	6
2.4	WYNIKI	7
3	PROCEDURA OBLICZENIOWA OCENY INDEKSU CZYSTOŚCI POWIETRZA WEWNĘTRZNEGO	8
3.1	KROK 1. OKREŚLENIE ŚREDNIEGO ROCZNEGO STĘŻENIA PM_{10} I $PM_{2,5}$ W POWIETRZU ZEWNĘTRZNYM	8
3.2	KROK 2. OKREŚLENIE KLASY FILTRÓW W SYSTEMIE WENTYLACJI	8
3.3	KROK 3. PRZYPORZĄDKOWANIE OCENY JAKOŚCI POWIETRZA WEWNĘTRZNEGO	8
3.4	SKUTECZNOŚĆ FILTRACJI CZĄSTEK PM_{10} I $PM_{2,5}$	10
4	WYKAZ ŹRÓDEŁ	11



1 Wstęp

Proponowana metoda pozwala na oszacowanie czystości powietrza wewnątrz budynku na podstawie skuteczności systemu wentylacji wyposażonego w system filtracji i jakości powietrza zewnętrznego. Metoda wskazuje, że budynki zlokalizowane na obszarach o dużym zanieczyszczeniu powietrza zewnętrznego wymagają wyższej skuteczności systemu filtracji w celu zapewnienia odpowiedniej czystości powietrza nawiewanego do pomieszczeń.

2 Interfejs kalkulatora

2.1 Indeks czystości powietrza zwnętrznego

(A)

Średnie roczne stężenie PM₁₀ i PM_{2,5} dla lokalizacji ocenianego systemu wentylacji

PM _{10,mean,out}	37,5	µg/m ³
PM _{2.5,mean,out}	24,7	µg/m ³

Indeks czystości powietrza zewnętrznego

Dostateczny

Na podstawie średnio rocznego stężenia PM₁₀ i PM_{2,5} w powietrzu zewnętrznym w ocenianej lokalizacji

(B)

Indeks czystości powietrza zewnętrznego

(na podstawie Europejskiego wskaźnika jakości powietrza)

Indeks	Stężenie graniczne [µg/m ³]	
	PM _{10,mean,out}	PM _{2.5,mean,out}
Dobry	20	10
Umiarkowany	40	20
Dostateczny	50	25
Zły	100	50
Bardzo zły	150	75
Niebezpieczny	>150	>75

Rys. 1. Indeks czystości powietrza zewnętrznego

(A) Użytkownik wprowadza średnie roczne stężenie PM₁₀ i PM_{2,5} dla ocenianej lokalizacji systemu wentylacji. Arkusz wyświetli ocenę indeksu jakości powietrza zewnętrznego na podstawie skali zaprezentowanej w oknie (B). Wartości średniego rocznego stężenia cząstkami PM₁₀ i PM_{2,5} udostępnia Europejska Agencja Środowiska. Baza danych dostępna jest pod adresem:

<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-quality-statistics>

(B) Skala oceny indeksu jakości powietrza zewnętrznego. Skala został sporządzona na podstawie Europejskiego Wskaźnika Jakości Powietrza (ang. European Air Quality Index – EAQI) i odnosi się do średniorocznych stężeń PM₁₀ i PM_{2,5} – jest to modyfikacja metody. W rzeczywistości EAQI ocenia aktualne zanieczyszczenie jakości powietrza (godzinowe stężenie NO₂, O₃, SO₂ i średnio dobowe stężenie PM₁₀ i PM_{2,5}). Aktualny stan jakości powietrza zewnętrznego w Europie jest dostępny na:

<https://airindex.eea.europa.eu/Map/AQI/Viewer/>

2.2 System filtracji i klasa filtrów

(A) System filtracji i klasa filtrów
 System wentylacji z filtrem pojedynczym lub dwustopniową filtracją. Klasa filtrów wg PN EN ISO 16890 lub PN EN 779:2012

Stopień filtracji 1 - filtracja wstępna

ISO ePM10 50%

Stopień filtracji 2 - filtracja dokładna

ISO ePM1 80%

(B) Arkusz roboczy 1
 Skuteczność filtracji cząstek PM₁₀ i PM_{2,5}

Stopień filtracji 1 - filtracja wstępna

ISO ePM10 50%	ePM _{10,s1}	ePM _{2.5,s1}
Wartość domyślna	50,0%	25,0%
Wartość użytkownika	-	-

Stopień filtracji 2 - filtracja dokładna

ISO ePM1 80%	ePM _{10,s2}	ePM _{2.5,s2}
Wartość domyślna	93,3%	86,7%
Wartość użytkownika	-	-

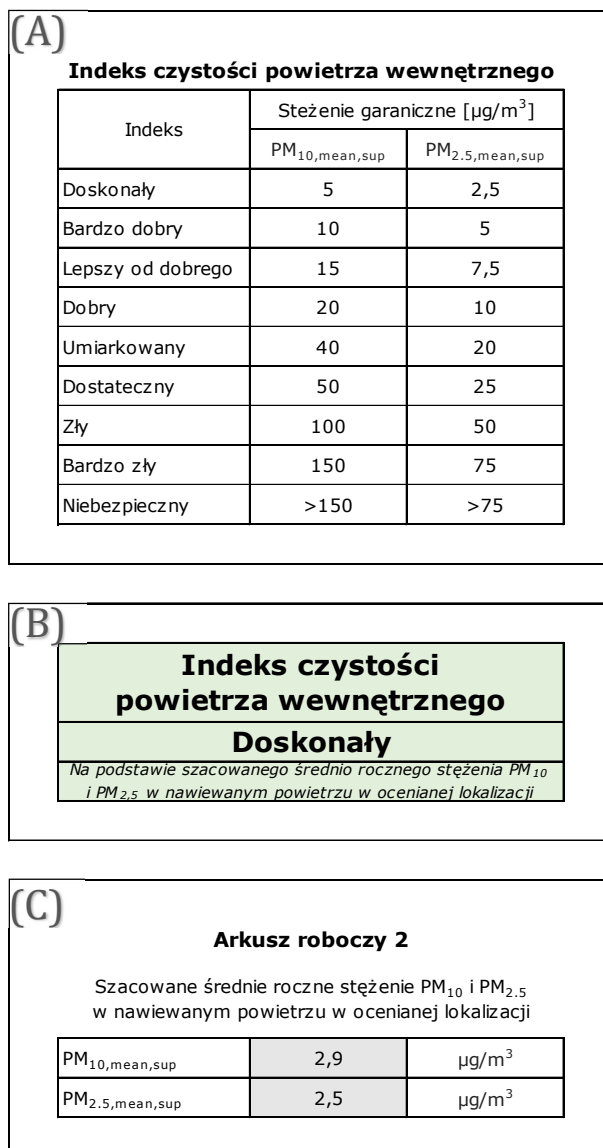
Skumulowana skuteczność systemu filtracji

ePM _{10,cum}	96,7%
ePM _{2.5,cum}	90,0%

Rys. 2. System filtracji i klasa filtrów

- (A) Arkusz umożliwia zdefiniowanie dwustopniowej filtracji powietrza nawiewanego. Klasę filtra wstępnego i dokładnego według normy PN EN ISO 16890 PN lub EN 779:2012 należy wybrać z listy. Jeżeli system wentylacji jest wyposażony w jeden stopień filtracji lub nie posiada systemu filtracji należy wybrać z listy „Nie dotyczy”.
- (B) W oknie (B) arkusz wyświetla wartości domyślne skuteczności filtracji cząstek PM₁₀ i PM_{2,5} osobno dla każdego filtra oraz oblicza szacowaną skumulowaną skuteczność systemu. Jeżeli użytkownik zna wartość skuteczności filtracji powinien wybrać z listy (pomarańczowe komórki) odpowiednie wartości.

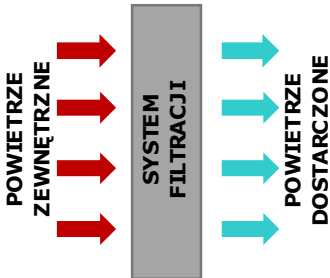
2.3 Indeks czystości powietrza wewnętrznego



Rys. 3. Indeks jakości powietrza wewnętrznego

- (A) Skala oceny czystości powietrza wewnętrznego i graniczne średnioroczne stężenia cząstek PM_{10} i $\text{PM}_{2.5}$.
- (B) W oknie arkusz wyświetla ocenę indeksu czystości powietrza wewnętrznego dla ocenianego układu filtracji w systemie wentylacyjnym.
- (C) Szacowane średnie roczne stężenie cząstek PM_{10} i $\text{PM}_{2.5}$ w nawiewanym powietrzu (w ocenianej lokalizacji przy założonym systemie wentylacji).

2.4 Wyniki

Indeks czystości powietrza zewnętrznego	Skumulowana skuteczność systemu filtracji		Indeks czystości powietrza wewnętrznego
			
<i>Na podstawie średnio rocznego stężenia PM10 i PM2,5 w powietrzu zewnętrznym w ocenianej lokalizacji</i>	ePM10 _{cum}	ePM2.5 _{cum}	<i>Na podstawie szacowanego średnio rocznego stężenia PM10 i PM2,5 w nawiewanym powietrzu w ocenianej lokalizacji</i>
Dostateczny	96,7%	90,0%	Doskonały

Rys. 4. Okno prezentacji wyników

3 Procedura obliczeniowa oceny indeksu czystości powietrza wewnętrznego

3.1 Krok 1. Określenie średniego rocznego stężenia PM_{10} i $PM_{2,5}$ w powietrzu zewnętrznym

Użytkownik wprowadza wartości średniego rocznego stężenia cząstek PM_{10} i $PM_{2,5}$ właściwe dla ocenianej lokalizacji systemu wentylacji.

$PM_{10,mean,out}$ $\left[\frac{\mu g}{m^3} \right]$ - średnie roczne stężenie cząstek PM_{10}

$PM_{2,5,mean,out}$ $\left[\frac{\mu g}{m^3} \right]$ - średnie roczne stężenie cząstek $PM_{2,5}$

Wartości średniego rocznego stężenia cząstkami PM_{10} i $PM_{2,5}$ udostępnia Europejska Agencja Środowiska. Baza danych dostępna jest pod adresem:

<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-quality-statistics>

3.2 Krok 2. Określenie klasy filtrów w systemie wentylacji

Po wprowadzeniu klasy filtrów arkusz wczytuje wartości domyślne skuteczności filtracji cząstek PM_{10} i $PM_{2,5}$ lub wczytuje wartości wpisane przez użytkownika.

$ePM_{10,s1}$ i $ePM_{2,5,s1}$ [%] – skuteczność filtracji cząstek PM_{10} i $PM_{2,5}$ stopień filtracji 1

$ePM_{10,s2}$ i $ePM_{2,5,s2}$ [%] – skuteczność filtracji cząstek PM_{10} i $PM_{2,5}$ stopień filtracji 2

Następnie arkusz oblicza skumulowaną skuteczność systemu filtracji dla każdej z cząstek PM_{10} i $PM_{2,5}$.

$$ePM_{10,cum} = 1 - \left((1 - ePM_{10,s1}) \cdot (1 - ePM_{10,s2}) \right) [\%]$$

$$ePM_{2,5,cum} = 1 - \left((1 - ePM_{2,5,s1}) \cdot (1 - ePM_{2,5,s2}) \right) [\%]$$

Skumulowaną skuteczność filtracji dla poszczególnych frakcji oszacowano zgodnie z rekomendacją Eurovent 4/23 – 2018 (6).

3.3 Krok 3. Przyporządkowanie oceny jakości powietrza wewnętrznego

Arkusz oblicza średnie roczne szacowane stężenie cząstek PM_{10} ($PM_{10,mean,sup}$) i $PM_{2,5}$ ($PM_{2,5,mean,sup}$) w nawiewanym powietrzu według poniższych wzorów:

$$PM_{10,mean,sup} = PM_{2,5-10,mean,out} \cdot (1 - ePM_{10,cum}) + PM_{2,5,mean,in} \left[\frac{\mu g}{m^3} \right]$$

$$PM_{2,5,mean,sup} = PM_{<2,5,mean,out} \cdot (1 - ePM_{2,5,cum}) \left[\frac{\mu g}{m^3} \right]$$

gdzie:

$$PM_{2.5-10,mean,out} = PM_{10,mean,out} - PM_{2.5,mean,out} \left[\frac{\mu g}{m^3} \right]$$

$$PM_{<2.5,mean,out} = PM_{2.5,mean,out} \left[\frac{\mu g}{m^3} \right]$$

Ocena końcowa czystości powietrza wewnętrznego ocenianego systemu wentylacji odpowiada najgorszemu poziomowi $PM_{10,mean,sup}$ i $PM_{2.5,mean,sup}$. Na Rys. 5 przedstawiono stężenia graniczne zanieczyszczeń dla poszczególnych indeksów oceny.

Indeks	Stężenie graniczne [$\mu g/m^3$]	
	$PM_{10,mean,sup}$	$PM_{2.5,mean,sup}$
Doskonały	5	2,5
Bardzo dobry	10	5
Lepszy od dobrego	15	7,5
Dobry	20	10
Umiarkowany	40	20
Dostateczny	50	25
Zły	100	50
Bardzo zły	150	75
Niebezpieczny	>150	>75

Rys. 6. Indeks jakości powietrza wewnętrznego

Stężenie graniczne zanieczyszczeń dla ocen: „Doskonała”, „Bardzo dobra” i „Lepsza od dobrego” przyjęto analogicznie do stężeń wymaganych przez Eurovent dla kategorii powietrza nawiewanego SUP 1, SUP 2 i SUP 3 (ang. Supply Air) (6).

3.4 Skuteczność filtracji cząstek PM_{10} i $PM_{2.5}$

Metodologię określania wartości domyślnych skuteczności filtracji dla cząstek PM_{10} i $PM_{2.5}$ zaprezentowano w Tab. 1. W Tab. 2 zaprezentowano spodziewaną skuteczność filtracji dla filtrów klasy PN-EN 779:2012 (5). Wartości bazują na porównaniu tych samych filtrów według normy EN 779:2012 z ISO 16890-1:2016 (4), które zostało wykonane przez Eurovent (Eurovent 4/23 – 2018 (6)).

Tab. 1. Domyślne szacowane wartości średniej skuteczności filtracji dla cząstek PM_{10} i $PM_{2.5}$

Klasa filtra / skuteczność filtracji	ISO ePM_{1X} [%]	ISO $ePM_{2.5X}$ [%]	ISO ePM_{10X} [%]	ISO Coarse X [%]
	ISO $ePM_1 \geq 50\%$	ISO $ePM_{2.5} \geq 50\%$	ISO $ePM_{10} \geq 50\%$	ISO $ePM_{10} < 50\%$
$ePM_{2.5}$	$X + 0,33 \cdot (1 - X)$	X	$X/2$	0
ePM_{10}	$X + 0,66 \cdot (1 - X)$	$X + 0,33 \cdot (1 - X)$	X	$X/2$

Tab. 1. Spodziewana skuteczność filtracji dla klas filtrów wg normy PN-EN 779:2012

Klasa filtra / skuteczność filtracji	$ePM_{2.5}$	ePM_{10}
G3	0%	25%
G4	0%	30%
M5	25%	55%
M6	35%	70%
F7	70%	85%
F8	85%	95%
F9	90%	95%

4 Wykaz źródeł

- (1) European Air Quality Index, European Environment Agency, on-line access:
<https://airindex.eea.europa.eu/Map/AQI/Viewer>
- (2) Air quality statistics, European Environment Agency, on-line access:
<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-quality-statistics>
- (3) Air quality annual statistics, European Environment Agency, on-line access:
<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/aqereporting-8/estatistics>
- (4) ISO 16890-1:2016, Air filters for general ventilation — Part 1: Technical specifications, requirements and classification system based upon particulate matter efficiency (ePM)
- (5) EN 779:2012, Particulate air filters for general ventilation - Determination of the filtration performance
- (6) Eurovent 4/23 – 2018, Energy Efficiency Evaluation of air filters for general ventilation purposes
- (7) ISO 54000-1 2017, Energy performance of buildings – Overarching EPB assessment – Part 1: General framework and procedures
- (8) ISO 52003-1:2017, Energy performance of buildings — Indicators, requirements, ratings and certificates — Part 1: General aspects and application to the overall energy performance



www.x-tendo.eu



#Xtendo



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 847056.