NAPRAW SOBIE MIASTO

RAPORT REFERENCYJNY · PAŹDZIERNIK 2026

Zdrowe powietrze i środowisko wewnętrzne w polskich szkołach

Standard referencyjny 2026: zdrowie, prawo, monitoring, finansowanie i wdrożenie

Wydawca: Fundacja Napraw Sobie Miasto · **Opracowanie:** Paweł Wyszomirski · Stan prawny 2.10.2026 · weryfikacja faktów 9.10.2026

> ***Cel dokumentu*** *Samodzielny standard referencyjny dla organów prowadzących, dyrektorów szkół, projektantów, zarządców obiektów i wykonawców. Łączy minimum prawne z aktualną wiedzą techniczną i naukową oraz proponuje mierzalny model zarządzania ekspozycją uczniów i pracowników.*

Zakres: szkoły podstawowe i ponadpodstawowe, publiczne i niepubliczne; odpowiednio także inne placówki oświatowe prowadzące zajęcia w pomieszczeniach.

Dokument ma charakter analityczny i rekomendacyjny. Nie zastępuje opinii prawnej ani projektu budowlanego dla konkretnego obiektu.

Przy przygotowaniu materiału wykorzystano AI. Ostateczna treść została zweryfikowana i zatwierdzona przez autora.

Streszczenie wykonawcze

Zdrowa szkoła nie może być oceniana wyłącznie przez pryzmat pojedynczego poziomu CO_2 ani formalnego stwierdzenia, że „wentylacja działa". Właściwym przedmiotem zarządzania jest rzeczywista ekspozycja uczniów i pracowników w godzinach użytkowania budynku: na niedostateczną wymianę powietrza, pył $PM_{2.5}$/PM_{10}, NO_2, ozon, radon, VOC i formaldehyd, wilgoć i pleśń, przegrzewanie, hałas oraz aerozole zakaźne. Raport proponuje system, w którym szybka diagnoza partycypacyjna uruchamia proces, a następnie dane prowadzą do profesjonalnej diagnostyki, modernizacji i sprawdzenia efektu.

Na dzień 2 października 2026 r. polskie prawo wymaga bezpiecznych i higienicznych warunków w szkole, właściwej wentylacji i wietrzenia sal podczas każdej przerwy oraz - w razie potrzeby - podczas zajęć. Prawo atomowe ustanawia dla radonu poziom odniesienia 300 Bq/m³. Jednocześnie nie istnieje jeden, kompletny ustawowy „kodeks IAQ dla szkół", który określałby wszystkie parametry, metody pomiaru, odpowiedzialności i progi reakcji. Dlatego organ prowadzący powinien uzupełnić minimum prawne o aktualne normy, wytyczne zdrowotne i własny standard eksploatacyjny.

Polska Norma PN-EN 16798-1:2019-06 wraz z krajową poprawką z 2023 r. stanowi najważniejszy krajowy techniczny punkt odniesienia dla parametrów środowiska wewnętrznego. Jej stosowanie jest co do zasady dobrowolne, chyba że konkretny przepis, projekt lub umowa czyni jej wymagania wiążącymi. Załącznik krajowy przyjmuje kategorię II jako standard dla nowych budynków, a dla modernizowanych dopuszcza kategorię I, II lub III; nie ustanawia automatycznej zasady „każda szkoła = kategoria I". Dla CO_2 jako wskaźnika obecności ludzi podaje projektowy przyrost względem powietrza zewnętrznego: 800 ppm dla kategorii I, 900 ppm dla II i 1000 ppm dla III. Minimalny projektowy przepływ ze względów zdrowotnych nie powinien być mniejszy niż 4 l/s na osobę (PKN, 2023).

W praktyce zarządzania szkołą rekomendowany jest standard bardziej operacyjny niż sama norma projektowa: pomiar CO_2 w salach, równoległe uwzględnianie zewnętrznego $PM_{2.5}$/PM_{10} i NO_2, bazowy pomiar radonu, ocena wilgoci i pleśni, kontrola temperatury oraz plan działania na dni smogowe, fale upałów i okresy zwiększonej transmisji infekcji. Wentylacja i termomodernizacja powinny być rozliczane z wyniku użytkowego: zmierzonego przepływu, stężeń w godzinach zajęć, poziomu hałasu, stanu filtrów i zdolności systemu do pracy przy pełnym obłożeniu.

Najważniejsze rekomendacje

- Przyjąć na poziomie organu prowadzącego pisemny Standard Zdrowego Powietrza w Szkole obejmujący kryteria, monitoring, odpowiedzialności i progi reakcji.

- W nowych szkołach i przy głębokiej modernizacji przyjmować co najmniej kategorię II PN-EN 16798-1 jako punkt wyjścia dla projektu środowiska wewnętrznego; kategorię I rozważać dla pomieszczeń przeznaczonych dla grup szczególnie wrażliwych.
- Nie stosować CO_2 jako jedynego miernika jakości powietrza. CO_2 jest przede wszystkim wskaźnikiem wentylacji w relacji do obecności ludzi; $PM_{2.5}$, NO_2, radon, VOC i wilgoć wymagają odrębnej oceny.
- W każdej sali lekcyjnej zapewnić wiarygodny monitoring CO_2 i temperatury; monitoring $PM_{2.5}$ prowadzić co najmniej reprezentatywnie na skrzydło/strefę i zawsze w szkołach przy ruchliwych drogach lub innych istotnych źródłach emisji.
- Wykonać pomiar średnioroczny radonu co najmniej na najniższych kondygnacjach przeznaczonych na stały pobyt ludzi; po działaniach naprawczych wykonać pomiar kontrolny.
- W szkołach mechanicznie wentylowanych projektować i utrzymywać filtrację odpowiednią do jakości powietrza zewnętrznego; przy wysokim $PM_{2.5}$ preferować filtry o wysokiej skuteczności względem frakcji ePM1, o ile instalacja zapewnia wymagany przepływ i akceptowalny spadek ciśnienia.
- Przenośne oczyszczacze HEPA stosować jako uzupełnienie, zwłaszcza podczas epizodów wysokiego PM lub gdy modernizacja wentylacji wymaga czasu; dobierać je według zweryfikowanego strumienia czystego powietrza i hałasu przy realnej prędkości pracy.
- Każdą termomodernizację poprzedzić oceną wentylacji i zakończyć commissioningiem: pomiarem przepływów, regulacją, testem czujników, dokumentacją filtrów i pomiarem IAQ po oddaniu do użytkowania.
- Przy wyborze lokalizacji nowej szkoły wykonywać ocenę ekspozycji na ruch drogowy i inne źródła; w istniejących obiektach przenosić czerpnie i strefy wysadzania dzieci z dala od źródeł emisji, jeżeli jest to możliwe.
- Publikować proste, zagregowane dane o jakości środowiska wewnętrznego oraz procedury reakcji, bez tworzenia alarmizującego rankingu klas czy uczniów.
- Rozpoczynać program poprawy warunków od Etapu 0: około trzech godzin lekcyjnych partycypacyjnego screeningu z uczniami i nauczycielem, uzupełnionego kilkudniowym monitoringiem oraz krótkim raportem z decyzją: rozwiązanie operacyjne, diagnostyka profesjonalna albo inwestycja.
- Budować monitoring warstwowo: GIOŚ jako źródło regulacyjne i tło zewnętrzne, ESA NASK jako istniejąca infrastruktura edukacyjno-pomiarowa przy szkołach oraz czujniki wewnętrzne do zarządzania klasami.
- Traktować nauczycieli i pozostały personel jako pracowników chronionych także przepisami BHP; system powinien obejmować uczniów i dorosłych użytkowników budynku.
- Powiązać diagnozę IAQ z programami termomodernizacji. Fundusz Modernizacyjny dla budynków edukacyjnych ma budżet 2 mld zł, dotacje do 85% kosztów kwalifikowanych oraz możliwość realizacji w formule ESCO/EPC (nabór zapowiedziany na przełom III i IV kwartału 2026 r.; szczegółowy regulamin nie jest jeszcze znany).

Cztery liczby, które ustawiają wdrożenie

LICZBA	ZNACZENIE
4 l/s/os.	minimum strumienia z Załącznika NA PN-EN 16798-1
300 Bq/m³	prawny poziom odniesienia dla średniorocznego radonu
2 mld zł	budżet Funduszu Modernizacyjnego dla budynków edukacyjnych (nabór zapowiedziany na przełom III i IV kwartału 2026 r.; szczegółowy regulamin nie jest jeszcze znany)
1879	mierników ESA przy ponad 2300 placówkach

> ***Zasada nadrzędna*** *Najpierw usuwać lub ograniczać źródło zanieczyszczeń, następnie stosować kontrolę inżynierską (wentylacja, filtracja, lokalny wyciąg), a dopiero potem działania organizacyjne. Samo otwieranie okien nie jest uniwersalnym rozwiązaniem: przy wysokim smogu, hałasie lub upale może pogorszyć inne elementy środowiska wewnętrznego.*

Spis treści

1. Cel, zakres i metoda
2. Dlaczego szkoły wymagają podwyższonego standardu ochrony
3. Model ochrony: od normy do zarządzania ekspozycją
4. Ramy prawne obowiązujące i przejściowe w Polsce
5. Normy techniczne i wytyczne zdrowotne
6. Rekomendowany Standard Zdrowego Powietrza w Szkole 2026
7. Etap 0: partycypacyjny screening i pierwsze działanie
8. Monitoring i dane
9. Wentylacja, filtracja i oczyszczanie powietrza
10. Eksploatacja, utrzymanie i commissioning
11. Termomodernizacja i odporność na klimat
12. Otoczenie szkoły, transport i lokalizacja
13. Procedury reakcji na typowe zdarzenia
14. Zamówienia publiczne i wymagania odbiorowe
15. Zarządzanie, odpowiedzialność i komunikacja
16. Mapa wdrożenia, finansowanie i sprawiedliwość środowiskowa
17. Listy kontrolne
18. Źródła w formacie APA 7

ROZDZIAŁ 1

Cel, zakres i metoda

Celem raportu jest określenie kompletnego i praktycznego standardu ochrony jakości powietrza i środowiska wewnętrznego w polskich szkołach. Dokument rozróżnia trzy poziomy: (1) obowiązki prawne, (2) dobrowolne lub kontraktowe normy techniczne oraz (3) zalecenia zdrowotne i dobre praktyki, które mogą być przyjęte przez organ prowadzący jako wewnętrzny standard jakości.

Zakres obejmuje sale lekcyjne, biblioteki, świetlice i inne typowe pomieszczenia dydaktyczne. Pomieszczenia o szczególnych źródłach zanieczyszczeń - pracownie chemiczne, warsztaty, kuchnie, hale sportowe, strefy druku 3D i pomieszczenia techniczne - wymagają dodatkowej oceny źródeł, wentylacji miejscowej lub odrębnych wymagań branżowych.

Metoda opiera się na aktualnym stanie polskiego i unijnego prawa, Polskich Normach, wytycznych WHO oraz recenzowanej literaturze naukowej. Przy interpretacji dowodów przyjęto zasadę ostrożności: tam, gdzie literatura wskazuje związek, lecz nie pozwala na prosty wniosek przyczynowy lub jeden uniwersalny próg, raport nie przedstawia takiego progu jako „granicy zdrowia".

> ***Jak czytać kryteria w raporcie*** *„Wymóg prawny" oznacza obowiązek wynikający z aktu prawa. „Punkt odniesienia normowego" oznacza kryterium z Polskiej Normy, którego stosowanie jest co do zasady dobrowolne. „Cel operacyjny" oznacza rekomendację dla zarządzania szkołą; nie jest ustawowym limitem, chyba że wprost wskazano inaczej.*

ROZDZIAŁ 2

Dlaczego szkoły wymagają podwyższonego standardu ochrony

Szkoły łączą wysoką gęstość użytkowników, długie okresy jednoczesnej obecności, sezonową zależność od wentylacji okiennej i dużą wrażliwość użytkowników. Dzieci w przeliczeniu na masę ciała oddychają intensywniej niż dorośli i znajdują się w okresie rozwoju układu oddechowego i nerwowego. Z tego względu redukcja ekspozycji ma znaczenie nie tylko dla komfortu, ale także dla zdrowia, absencji i warunków uczenia się.

Przeglądy badań szkolnych wskazują, że parametry IAQ zależą równocześnie od lokalizacji budynku, materiałów, liczby uczniów, aktywności, wentylacji, filtracji i źródeł zewnętrznych. CO_2 reaguje przede wszystkim na obłożenie i strumień wentylacji, natomiast pył może pochodzić z infiltracji zewnętrznej, resuspensji, aktywności uczniów i sprzątania; znaczenie mają także NO_2, ozon, VOC, radon i czynniki biologiczne (Branco et al., 2024; Roslan et al., 2026).

Badania dotyczące wyników nauczania nie uzasadniają traktowania jednej wartości CO_2 jako bezpośredniego progu zdolności poznawczych. Zwiększenie wentylacji poprawia krótkoterminową jakość powietrza; część prac wskazuje poprawę szybkości wykonywania zadań, absencji lub wyników, lecz systematyczne przeglądy podkreślają niejednorodność metod i ograniczenia jakości dowodów (Fernandes et al., 2023; Wargocki et al., 2020). Wniosek praktyczny jest prostszy: należy zapewnić wystarczający dopływ czystego powietrza i nie dopuszczać do chronicznie niewydolnej wentylacji, bez obiecywania określonego procentu „wzrostu koncentracji".

Wentylacja jest również elementem kontroli aerozoli zakaźnych. Przegląd badań klas szkolnych potwierdza, że wentylacja naturalna i mechaniczna oraz sposób dystrybucji powietrza wpływają na ryzyko transmisji drogą

powietrzną (Ferrari et al., 2022). Współczesny standard budynku powinien zatem uwzględniać gotowość do okresowego zwiększenia strumienia czystego powietrza w czasie podwyższonego ryzyka infekcji.

2.1. Polska baza empiryczna

Polskie badania nie tworzą jeszcze reprezentatywnego, ogólnokrajowego monitoringu IAQ, ale dostarczają spójnych sygnałów ostrzegawczych. Badania przedszkoli w Gliwicach i na Górnym Śląsku wykazały podwyższone stężenia pyłu oraz wysokie stężenia CO_2 w salach naturalnie wentylowanych (Mainka et al., 2015; Mainka & Zajusz-Zubek, 2015). Badanie klas szkolnych z wykorzystaniem równoległych pomiarów CO_2 i pyłu pokazało konflikt pomiędzy potrzebą intensywnego przewietrzania a ograniczaniem napływu pyłu zewnętrznego (Bartyzel et al., 2020). Nowsze studia przypadków z Krakowa i Warszawy wskazują, że w konkretnych budynkach wentylacja naturalna i sposób użytkowania mogą nie zapewniać dobrych warunków podczas zajęć (Nowak-Dzieszko & Müller, 2025; Dębkowski et al., 2026). Wyników tych nie należy ekstrapolować na wszystkie polskie szkoły, ale uzasadniają one systemowy screening w warunkach rzeczywistego użytkowania.

2.2. Kontrola sanitarna i pomiar IAQ odpowiadają na różne pytania

Główny Inspektorat Sanitarny podał, że spośród 4 529 szkół ocenionych przed rokiem szkolnym 2024/2025 aż 98,9% zapewniało „sprawnie działającą wentylację". To ważna informacja o stanie sanitarnym, lecz nie dowód, że w tych samych klasach utrzymywano określone stężenia CO_2, $PM_{2.5}$, radonu czy komfort termiczny podczas pełnego obłożenia. Kontrola infrastruktury, pomiar eksploatacyjny i ocena ekspozycji powinny się uzupełniać, a nie zastępować.

2.3. Ekspozycja całkowita

Szkoła jest jednym z kilku mikrośrodowisk dziecka - obok domu, drogi do szkoły i przestrzeni zewnętrznej. Badanie NeuroSmog prowadzone przez zespół Uniwersytetu Jagiellońskiego (wyniki przedstawione w 2023 r.) wykazało związki pomiędzy ekspozycją na NO_2/PM_{10} a wybranymi wynikami uwagi u dzieci. Organ prowadzący nie kontroluje całego „ekspozomu", ale może ograniczać część ekspozycji powstającą w szkole, dobierać lokalizację i czerpnie, zarządzać ruchem przy wejściu oraz chronić dzieci w dniach złej jakości powietrza.

ROZDZIAŁ 3

Model ochrony: od „normy" do zarządzania ekspozycją

Ocena szkoły wyłącznie według zgodności z poziomem zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego nie odpowiada rzeczywistej ekspozycji ucznia. Uczeń może mieć niską ekspozycję zewnętrzną, ale wysoką ekspozycję na CO_2, VOC, radon lub pleśń wewnątrz; może też przebywać w dobrze wentylowanej sali, do której wentylacja wprowadza pył i NO_2 z ruchliwej ulicy. Model ochrony powinien więc obejmować jednocześnie źródło, drogę przenoszenia, budynek, czas przebywania i wrażliwość użytkownika.

3.1. Hierarchia kontroli

1. Eliminacja lub ograniczenie źródła: zakaz pracy silników na biegu jałowym przy wejściu, dobór niskoemisyjnych materiałów, usunięcie źródła wilgoci, bezpieczne produkty sprzątające, lokalny wyciąg w pracowniach.
2. Kontrole inżynierskie: wentylacja, filtracja, oczyszczanie, hermetyzacja miejsc emisji, właściwe ciśnienie i czerpnie powietrza.

3. Kontrole organizacyjne: harmonogram wietrzenia, ograniczenie aktywności na zewnątrz przy epizodach smogowych, zmiana zajęć przy przegrzaniu, procedura reagowania na alarmy.
4. Monitoring i weryfikacja: czujniki, pomiary referencyjne lub profesjonalne kampanie, przeglądy techniczne i commissioning.
5. Komunikacja: informacje dla pracowników, uczniów i rodziców opisujące stan i działania, a nie sam alarm bez instrukcji.

3.2. IAQ i IEQ

Jakość powietrza wewnętrznego (IAQ) jest częścią szerszej jakości środowiska wewnętrznego (IEQ). Projektowanie szkoły powinno wspólnie optymalizować powietrze, temperaturę, wilgotność, hałas i światło. Rozwiązanie poprawiające jeden parametr może pogorszyć inny: otwarcie okien może obniżyć CO_2, lecz zwiększyć $PM_{2.5}$ i hałas; zwiększenie szczelności może oszczędzać energię, ale pogorszyć wentylację, jeśli nie zapewni się kontrolowanego dopływu powietrza.

ROZDZIAŁ 4

Ramy prawne obowiązujące i przejściowe w Polsce

4.1. Ochrona zdrowia i prawa dziecka

Konstytucja RP zobowiązuje władze publiczne do zapewnienia szczególnej opieki zdrowotnej dzieciom (art. 68 ust. 3), zapobiegania negatywnym dla zdrowia skutkom degradacji środowiska (art. 68 ust. 4) oraz prowadzenia polityki zapewniającej bezpieczeństwo ekologiczne współczesnemu i przyszłym pokoleniom (art. 74). Są to normy kierunkowe istotne przy interpretacji obowiązków organów publicznych związanych ze szkołą.

Konwencja o prawach dziecka wymaga, aby dobro dziecka było podstawową przesłanką działań dotyczących dzieci. Komitet Praw Dziecka ONZ w Komentarzu ogólnym nr 26 z 2023 r. rozwinął te obowiązki w kontekście degradacji środowiska i zmian klimatu, podkreślając związek praw dziecka z czystym, zdrowym i zrównoważonym środowiskiem (Committee on the Rights of the Child, 2023).

4.2. Prawo oświatowe i BHP szkół

Rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa i higieny w publicznych i niepublicznych szkołach i placówkach tworzy podstawowy poziom obowiązków organizacyjnych. Dyrektor zapewnia bezpieczne i higieniczne warunki pobytu. W pomieszczeniach szkoły i placówki należy zapewnić właściwe oświetlenie, wentylację i ogrzewanie (§ 9 ust. 1), sale należy wietrzyć podczas każdej przerwy i w razie potrzeby także podczas zajęć (§ 12), a w pomieszczeniach, w których odbywają się zajęcia, temperatura ma wynosić co najmniej 18°C (§ 17). Przepisy umożliwiają również zawieszenie zajęć w sytuacjach mogących zagrozić zdrowiu uczniów, przy spełnieniu warunków rozporządzenia.

Sformułowania „właściwa wentylacja" i „bezpieczne i higieniczne warunki" są funkcjonalne, a nie ilościowe. Dlatego w praktyce wymagają powiązania z przepisami techniczno-budowlanymi, dokumentacją instalacji i aktualną wiedzą techniczną. Samo otwieranie okien na przerwach nie może być traktowane jako dowód spełnienia obowiązku, jeśli pomiary i warunki użytkowania wskazują na chronicznie niewystarczającą wymianę powietrza.

4.3. Prawo budowlane i warunki techniczne - stan przejściowy

Na dzień 2 października 2026 r. obowiązuje szczególny stan przejściowy dotyczący przepisów techniczno-budowlanych. Ustawa z 31 lipca 2026 r. (Dz.U. 2026 poz. 1161) w art. 102a-102c Prawa budowlanego przewiduje, że inwestor może przez 18 miesięcy od 20 września 2026 r. sporządzić projekt zgodnie z warunkami technicznymi

obowiązującymi do 19 września 2026 r., po złożeniu oświadczenia organowi prowadzącemu postępowanie. Utrzymywanie i użytkowanie według dotychczasowych przepisów ustawa dopuszcza wyłącznie dla budynków mieszkalnych (art. 102c), a nie dla szkół. Rozporządzenie z 2002 r. w sprawie warunków technicznych jest uznane za uchylone; nowe warunki techniczne dla budynków nie zostały ogłoszone (projekt z 6 sierpnia 2026 r. jest w notyfikacji Komisji Europejskiej). Ministerstwo Rozwoju i Technologii wyjaśniło, że w tym okresie dotychczasowe przepisy wykonawcze można stosować w zakresie określonym ustawą. Dla konkretnej inwestycji konieczne jest ustalenie właściwego reżimu przejściowego w zależności od rodzaju robót i etapu postępowania.

Dotychczasowe warunki techniczne w § 147 (pochodzącym z rozporządzenia uznanego za uchylone, stosowanego w trybie art. 102a-102b) wymagają, aby wentylacja i klimatyzacja zapewniały odpowiednią jakość środowiska wewnętrznego, w tym wymianę i czystość powietrza, temperaturę, wilgotność względną oraz prędkość ruchu powietrza, z uwzględnieniem przepisów odrębnych i wymagań Polskich Norm dotyczących wentylacji. W budynkach oświaty bez wentylacji mechanicznej lub klimatyzacji przepisy zawierają także rozwiązania dotyczące możliwości okresowego przewietrzania i dopływu powietrza zewnętrznego.

4.4. Jakość powietrza zewnętrznego i ochrona środowiska

Prawo ochrony środowiska oraz rozporządzenie w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu tworzą system prawnej oceny powietrza atmosferycznego, programów ochrony powietrza i działań krótkoterminowych. Oficjalna ocena zgodności z normami środowiskowymi jest zadaniem właściwych organów państwowego monitoringu środowiska. Dane te powinny być wykorzystywane przez szkoły do podejmowania decyzji operacyjnych, zwłaszcza w dniach wysokiego zanieczyszczenia.

Dyrektywa (UE) 2024/2881 w sprawie jakości powietrza i czystszego powietrza dla Europy ustanawia nowe cele na 2030 r. i silniej akcentuje ochronę ludności wrażliwej oraz hotspoty. Termin transpozycji przypada 11 grudnia 2026 r.; na dzień niniejszego raportu projekt polskiej ustawy o jakości powietrza UC150 jest nadal projektem. Wartości dyrektywy na 2030 r. - m.in. roczna $PM_{2.5}$ 10 µg/m³, PM_{10} 20 µg/m³ i NO_2 20 µg/m³ - są więc ważnym kierunkiem planowania, ale nie powinny być opisywane jako już obowiązujące polskie poziomy dopuszczalne na 2 października 2026 r.

4.5. Radon

Prawo atomowe ustanawia poziom odniesienia dla średniorocznego stężenia radonu w powietrzu w miejscach pracy wewnątrz pomieszczeń oraz w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi na poziomie 300 Bq/m³ (art. 23b). Jest to jedyny z parametrów omawianych w tym raporcie, dla którego istnieje tak wyraźny ogólnokrajowy poziom odniesienia odnoszący się bezpośrednio do pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi.

WHO rekomenduje 100 Bq/m³ jako zdrowotny poziom referencyjny, a jeżeli z przyczyn krajowych nie jest to możliwe, poziom nie powinien przekraczać 300 Bq/m³. Dla szkoły oznacza to dwustopniową politykę: 300 Bq/m³ jako krajowy poziom odniesienia wymagający poważnego traktowania prawnego i technicznego oraz 100 Bq/m³ jako cel zdrowotny przy projektowaniu i działaniach naprawczych, gdy jest to wykonalne (World Health Organization, 2009, 2010).

4.6. Państwowa Inspekcja Sanitarna

Ustawa o Państwowej Inspekcji Sanitarnej obejmuje nadzór nad warunkami higieny środowiska i procesów nauczania oraz wychowania. W sytuacjach dotyczących szkoły właściwy państwowy inspektor sanitarny pozostaje ważnym organem nadzorczym, ale praktyczne zarządzanie IAQ nie powinno ograniczać się do interwencji po kontroli. Organ prowadzący i dyrektor powinni dysponować własnymi danymi operacyjnymi oraz procedurą utrzymania systemów.

4.7. EPBD 2024 i kierunek integracji energii z IEQ

Dyrektywa (UE) 2024/1275 w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (EPBD) wprowadza jako element polityki energetycznej budynków wymagania dotyczące jakości środowiska wewnętrznego. Art. 13 nakazuje państwom członkowskim ustanowienie wymagań zapewniających odpowiednią IEQ w celu utrzymania zdrowego klimatu wewnętrznego i przewiduje pomiar oraz regulację jakości powietrza w określonych budynkach niemieszkalnych: obowiązek urządzeń do pomiaru i regulacji jakości powietrza dotyczy nowych niemieszkalnych budynków zeroemisyjnych oraz istniejących budynków niemieszkalnych przy dużej renowacji, o ile jest to wykonalne technicznie i ekonomicznie. Kierunek ten jest szczególnie ważny dla szkół publicznych poddawanych renowacji.

Wdrażanie przekształconej EPBD do prawa polskiego w 2026 r. jest procesem wieloetapowym. Dlatego raport traktuje jej wymagania jako wiążący kierunek prawa UE i ważny standard projektowy, a szczegółowe obowiązki wobec konkretnego obiektu należy każdorazowo potwierdzić w aktualnych przepisach krajowych.

4.8. Status Polskich Norm

Zgodnie z art. 5 ust. 3 ustawy o normalizacji stosowanie Polskich Norm jest dobrowolne. Norma może jednak stać się praktycznie wiążąca przez odesłanie w przepisie, dokumentacji projektowej, umowie, programie funkcjonalno-użytkowym, warunkach zamówienia lub decyzji administracyjnej. W tym raporcie wartości PN-EN 16798-1 są przedstawiane jako podstawowy techniczny punkt odniesienia, a nie jako samoistne ustawowe limity dla każdej istniejącej szkoły.

4.9. Szkoła jako miejsce pracy

Szkoła jest równocześnie miejscem nauki dzieci i miejscem pracy nauczycieli oraz pracowników administracji i obsługi. Zgodnie z art. 207 Kodeksu pracy pracodawca ponosi odpowiedzialność za stan bezpieczeństwa i higieny pracy i ma obowiązek chronić zdrowie i życie pracowników przez zapewnienie bezpiecznych i higienicznych warunków pracy. Oznacza to, że system IAQ nie powinien kończyć się na perspektywie ucznia: skargi personelu, przegrzewanie, wilgoć, awarie wentylacji i ekspozycje w pracowniach powinny wejść do oceny ryzyka zawodowego oraz działań BHP.

4.10. Horyzont legislacyjny 2026: nowe prawo jakości powietrza

Projekt UC150 „ustawy o jakości powietrza" pozostaje na dzień 2 października 2026 r. projektem z planowanym przyjęciem przez Radę Ministrów w IV kwartale 2026 r. Ma transponować dyrektywę (UE) 2024/2881 i przewiduje m.in. rozbudowę monitoringu, modelowanie, nowe instrumenty planistyczne, szerszy dostęp do wymiaru sprawiedliwości oraz możliwość dochodzenia od Skarbu Państwa lub JST odszkodowania za określone szkody na zdrowiu wynikające z bezprawnego działania lub zaniechania dotyczącego planów jakości powietrza. Nie są to jeszcze obowiązki wynikające z uchwalonej ustawy; są jednak istotnym kierunkiem zarządzania ryzykiem po stronie administracji.

Osobna nowelizacja Prawa ochrony środowiska z 31 lipca 2026 r. (druk sejmowy 2778), która rozszerzała możliwość zaskarżania programów ochrony powietrza i planów działań krótkoterminowych, została 28 sierpnia 2026 r. zawetowana przez Prezydenta (wniosek Prezydenta, druk sejmowy nr 3069) i prace nad nią nie zostały zakończone. W raporcie nie traktuje się jej rozwiązań jako obowiązującego prawa.

Dyrektywa 2024/2881 przewiduje m.in. nowe progi alarmowe dla $PM_{2,5}$. Termin transpozycji przypada 11 grudnia 2026 r. Procedury szkolne powinny być zbudowane tak, by progi i komunikaty pobierały z oficjalnego systemu GIOŚ i można je było aktualizować bez przebudowy całej instrukcji.

OBSZAR	STATUS NA 2.10.2026	ZNACZENIE DLA SZKOŁY
BHP szkoły	Wymóg prawny	Bezpieczne i higieniczne warunki; właściwa wentylacja; wietrzenie każdej przerwy; min. 18°C w salach zajęć.
Warunki techniczne	Reżim przejściowy	Inwestor może przez 18 miesięcy od 20.09.2026 sporządzić projekt wg warunków technicznych obowiązujących do 19.09.2026, po złożeniu oświadczenia (art. 102a-102b ustawy z 31.07.2026); utrzymanie wg starych WT dopuszczono tylko dla budynków mieszkalnych (art. 102c), nie dla szkół. Rozporządzenie z 2002 r. uznane za uchylone; nowe WT dla budynków nie zostały ogłoszone (projekt z 06.08.2026 w notyfikacji KE).
Radon 300 Bq/m³	Wymóg prawny / poziom odniesienia	Dotyczy średniorocznego stężenia w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi.
PN-EN 16798-1	Norma techniczna	Krajowe kryteria IEQ, wentylacji, CO_2, temperatury, materiałów i innych parametrów.
WHO AQG	Wytyczne zdrowotne	Benchmark zdrowotny; nie jest polskim limitem prawnym dla klas.
Dyrektywa 2024/2881	Prawo UE; transpozycja do 11.12.2026	Nowe cele jakości powietrza na 2030 r.; polski projekt UC150 w toku.
EPBD 2024/1275	Prawo UE; wdrażanie krajowe	Integruje charakterystykę energetyczną z IEQ, monitoringiem i automatyką budynków.
ASHRAE 241	Dobrowolny benchmark międzynarodowy	Model zarządzania aerozolami zakaźnymi i równoważnym strumieniem czystego powietrza.

ROZDZIAŁ 5

Normy techniczne i wytyczne zdrowotne

5.1. PN-EN 16798-1 i krajowy Załącznik NA

PN-EN 16798-1:2019-06 określa parametry wejściowe środowiska wewnętrznego dla projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków w odniesieniu do jakości powietrza, środowiska cieplnego, oświetlenia i akustyki. Polska poprawka z 2023 r. dodaje normatywny Załącznik krajowy NA zawierający krajowe kryteria zalecane.

Załącznik krajowy wskazuje, że kategoria I jest przeznaczona dla budynków, w których przebywają osoby o szczególnych wymaganiach; kategoria II jest standardem dla budynków nowych; dla budynków modernizowanych mogą być stosowane kategorie I, II lub III. Nie definiuje krajowych kryteriów kategorii IV (PKN, 2023). Dla szkoły oznacza to, że nie ma podstaw do automatycznego kwalifikowania wszystkich szkół do kategorii I. Rekomendacją tego raportu jest kategoria II jako minimum projektowe dla nowej szkoły i głębokiej modernizacji, z możliwością przyjęcia kategorii I dla pomieszczeń i populacji wymagających podwyższonej ochrony.

KATEGORIA	STRUMIEŃ DLA OSOBY NIEZAADAPTOWANEJ*	CO_2 PONAD POWIETRZE ZEWNĘTRZNE**	INTERPRETACJA KRAJOWA
I	10 l/s na osobę	800 ppm	Budynki z osobami o szczególnych wymaganiach.
II	7 l/s na osobę	900 ppm	Standard dla budynków nowych.
III	4 l/s na osobę	1000 ppm	Możliwa dla budynków modernizowanych; najniższa z trzech krajowych kategorii.

* Tablica NA.6 dotyczy składnika wentylacji związanego z emisjami od ludzi; całkowity projektowy strumień może wymagać dodania składnika związanego z emisjami budynku. ** Tablica NA.9: wartości projektowe przyrostu CO_2 względem stężenia na zewnątrz. Załącznik wskazuje także, że ze względów zdrowotnych przepływ nie powinien być mniejszy niż 4 l/s na osobę. Źródło: PKN (2023).

Wartości CO_2 są przyrostami ponad poziom zewnętrzny, a nie limitami całkowitego stężenia w sali. Przy 450 ppm na zewnątrz projektowy poziom kategorii II odpowiadałby orientacyjnie 1350 ppm, ale rzeczywiste stężenie zależy od emisji ludzi, obłożenia, dynamiki wentylacji i warunków pomiaru. Z tego powodu raport wprowadza dodatkowy, prosty cel operacyjny dla szkoły, który służy zarządzaniu, a nie deklarowaniu zgodności z PN.

Załącznik krajowy obejmuje także materiały niskoemisyjne. Dla produktów niskoemisyjnych wskazuje m.in. emisję formaldehydu poniżej 100 µg/m³ po 28 dniach w komorze badawczej, a dla produktów o bardzo niskiej emisji - poniżej 30 µg/m³. Tablica NA.21 Załącznika krajowego podaje ponadto zalecaną wartość formaldehydu w powietrzu pomieszczenia 50 µg/m³. Jest to szczególnie użyteczne przy zamówieniach na wykładziny, meble, płyty drewnopochodne, farby, kleje i wyposażenie po remoncie.

5.2. PN-EN 16798-3:2025-10

PN-EN 16798-3:2025-10 (wersja angielska) jest aktualnym polskim wprowadzeniem normy dotyczącej właściwości systemów wentylacji i klimatyzacji pomieszczeń w budynkach niemieszkalnych. Zastąpiła wydanie z 2017 r. Powinna być stosowana jako kluczowy punkt odniesienia przy projektowaniu i ocenie mechanicznych systemów nawiewnych i wywiewnych w szkołach, wraz z dokumentami towarzyszącymi i innymi właściwymi normami branżowymi.

5.3. Filtry i oczyszczanie

Filtry ogólnej wentylacji klasyfikuje rodzina PN-EN ISO 16890 według skuteczności dla frakcji pyłu, m.in. ePM1 i ePM2,5. Dobór filtra nie może być oderwany od spadku ciśnienia i wydajności wentylatora: filtr o wysokiej skuteczności, który znacząco redukuje przepływ poniżej wartości projektowej, nie realizuje celu zdrowotnego. Dlatego wymagana jest weryfikacja przepływu po montażu i podczas eksploatacji.

W przenośnych oczyszczaczach należy rozróżnić klasę samego filtra od wydajności całego urządzenia. Dla użytkownika szkoły ważniejszy jest zweryfikowany strumień czystego powietrza przy poziomie hałasu akceptowalnym

w czasie lekcji. Urządzenia nie powinny być wybierane wyłącznie na podstawie marketingowej powierzchni „do X m²". Technologie generujące ozon lub mogące tworzyć niepożądane produkty uboczne nie powinny być domyślnym wyborem do sal szkolnych bez wiarygodnego, niezależnego potwierdzenia bezpieczeństwa i skuteczności.

5.4. WHO jako benchmark zdrowotny

Wytyczne WHO dla $PM_{2.5}$, PM_{10} i NO_2 odnoszą się przede wszystkim do ekspozycji populacyjnej na powietrze atmosferyczne. Mogą służyć jako zdrowotny benchmark także przy interpretacji środowiska szkolnego, ale nie należy używać ich bezpośrednio jako prawnego „limitu 24-godzinnego w klasie", jeśli pomiar obejmuje jedynie kilka godzin lekcyjnych. Najbardziej użyteczne jest porównanie trendów, relacji indoor/outdoor oraz dążenie do możliwie niskiej ekspozycji.

PARAMETR	WARTOŚĆ WHO	CZAS UŚREDNIANIA	SPOSÓB WYKORZYSTANIA W SZKOLE
$PM_{2.5}$	5 µg/m³; 15 µg/m³	rok; 24 h	Benchmark zdrowotny dla ekspozycji; nie ustawowy limit w klasie.
PM_{10}	15 µg/m³; 45 µg/m³	rok; 24 h	Jak wyżej; uwzględniać resuspensję i źródła wewnętrzne.
NO_2	10 µg/m³; 25 µg/m³	rok; 24 h	Priorytet w szkołach przy ruchliwych drogach i źródłach spalania.
CO	4 mg/m³	24 h	Wskazuje ryzyko źródeł spalania; alarmy CO muszą spełniać właściwe wymagania techniczne.
Formaldehyd	0,1 mg/m³	30 min	Benchmark dla pomiarów po remoncie, umeblowaniu lub przy skargach.
Radon	100 Bq/m³	średniorocznie (cel WHO)	Cel zdrowotny; w Polsce ustawowy poziom odniesienia wynosi 300 Bq/m³.
O_3	60 µg/m³; 100 µg/m³	sezon szczytowy; maks. średnia 8 h	Benchmark przy letnich epizodach ozonu; otwieranie okien musi uwzględniać jednocześnie upał i jakość powietrza zewnętrznego.

Źródła: World Health Organization (2009, 2010, 2021). Wartości WHO nie zastępują polskich przepisów ani właściwych procedur pomiarowych.

5.5. Aerozole zakaźne i ASHRAE Standard 241

ASHRAE Standard 241: Control of Infectious Aerosols nie jest polskim przepisem ani Polską Normą, ale jest użytecznym benchmarkiem odporności operacyjnej szkoły. Wprowadza pojęcie równoważnego strumienia czystego powietrza, który łączy efekt powietrza zewnętrznego, filtracji i innych zweryfikowanych metod oczyszczania. Wymaga także planu gotowości budynku, commissioning i utrzymania. Dla szkół ważna jest sama zasada: system powinien mieć z góry zaplanowany tryb zwiększonej ochrony w okresach podwyższonej transmisji infekcji (ASHRAE, 2023).

5.6. Akustyka, zrozumiałość mowy i praca systemu HVAC

Wentylacja, filtracja i oczyszczanie nie mogą być projektowane w oderwaniu od akustyki. PN-B-02151-4:2015-06 określa wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach budynków użyteczności publicznej. W praktyce szkolnej oznacza to, że system powinien osiągać wymagany strumień powietrza przy poziomie hałasu umożliwiającym prowadzenie lekcji. Wyłączanie wentylacji z powodu hałasu jest sygnałem błędu projektowego, regulacyjnego lub serwisowego, a nie prawidłową strategią eksploatacyjną.

ROZDZIAŁ 6

Rekomendowany Standard Zdrowego Powietrza w Szkole 2026

Poniższa tabela jest propozycją standardu operacyjnego dla organu prowadzącego. Nie jest tabelą ustawowych limitów. Ma służyć codziennemu zarządzaniu, projektowaniu zamówień oraz identyfikowaniu szkół wymagających inwestycji. Tam, gdzie istnieje wyraźny wymóg prawny, został oznaczony.

PARAMETR	KRYTERIUM / CEL OPERACYJNY	POMIAR I WERYFIKACJA	STATUS
CO_2	Cel operacyjny: zwykle ≤1000 ppm podczas typowej lekcji; 1000–1500 ppm = sygnał poprawy wentylacji; >1500 ppm utrzymujące się = interwencja techniczna. Równolegle w projekcie stosować PN-EN 16798-1 jako przyrost względem tła.	Ciągły pomiar NDIR w salach; analiza mediany, 95. percentyla i czasu > progów.	Cel zarządczy, nie limit prawny.
Wentylacja	Nie mniej niż 4 l/s/os. jako zdrowotne minimum projektowe wg Załącznika NA; dla nowych szkół projektować co najmniej wg kat. II, z uwzględnieniem emisji budynku i efektywności wentylacji.	Pomiary przepływu przy odbiorze, po zmianie filtrów/modernizacji i okresowo.	Punkt odniesienia normowego.
$PM_{2.5}$	Jak najniżej; preferencyjnie nie wyżej niż tło zewnętrzne po uwzględnieniu filtracji. WHO 15 µg/m³/24 h jako benchmark zdrowotny, nie szkolny limit prawny.	Monitoring optyczny + okresowa walidacja; indoor/outdoor w szkołach wysokiego ryzyka.	Dobra praktyka.
PM_{10}	Kontrola resuspensji, sprzątania i źródeł wewnętrznych; WHO 45 µg/m³/24 h jako benchmark.	Reprezentatywny monitoring lub kampanie pomiarowe.	Dobra praktyka.
NO_2	Minimalizować infiltrację od ruchu i źródeł spalania; WHO 25 µg/m³/24 h jako benchmark.	Pomiary okresowe/pasywne w szkołach przy drogach lub ze źródłami spalania.	Dobra praktyka.
Radon	Dążyć do ≤100 Bq/m³; przy ≥300 Bq/m³ wdrożyć diagnozę i działania naprawcze zgodnie z prawem i wiedzą techniczną.	Długoterminowy pomiar na najniższych użytkowanych kondygnacjach; retest po działaniach.	300 Bq/m³ = poziom odniesienia w prawie.
Formaldehyd / VOC	Materiały niskoemisyjne; formaldehyd ≤0,1 mg/m³/30 min jako benchmark WHO; po remoncie uwzględnić czas wygrzewania i przewietrzania.	Pomiar po skargach, intensywnym remoncie lub wyposażeniu; weryfikacja deklaracji materiałów.	Dobra praktyka + PN dla emisji materiałów.
Wilgoć / pleśń	Brak trwałego zawilgocenia, kondensacji i widocznego wzrostu pleśni. Orientacyjnie	Czujniki T/RH; przegląd przegród, dachów, piwnic i stref po zalaniu.	Dobra praktyka WHO.

PARAMETR	KRYTERIUM / CEL OPERACYJNY	POMIAR I WERYFIKACJA	STATUS
	RH 30-60% jako zakres eksploatacyjny, z pierwszeństwem eliminacji źródeł wilgoci.		
Temperatura	≥18°C - wymóg prawny w salach zajęć. Projektowo dla sal lekcyjnych kat. II PN-EN 16798-1: 20-24°C sezon grzewczy, 23-26°C sezon chłodniczy.	Ciągły pomiar i analiza czasu przegrzania; pomiar w reprezentatywnej strefie przebywania.	Min. 18°C prawnie; zakresy PN jako punkt odniesienia.
Aerozole zakaźne	Plan trybu podwyższonej ochrony: zwiększony strumień czystego powietrza, filtracja/HEPA, konserwacja i komunikacja.	Weryfikacja gotowości HVAC i CADR; CO_2 pomocniczo jako wskaźnik wentylacji, nie miara wirusów.	Dobra praktyka / ASHRAE 241 jako benchmark.
O_3	Nie generować ozonu wewnątrz; podczas letnich epizodów zewnętrznych korzystać z oficjalnych danych i ograniczać niekontrolowane wietrzenie w godzinach szczytu, jeżeli można utrzymać bezpieczny strumień czystego powietrza inną drogą.	Dane GIOŚ + pomiary specjalistyczne w razie źródła wewnętrznego.	Dobra praktyka / benchmark WHO.
CO	Brak tolerancji dla emisji ze źródeł spalania do stref pobytu; alarm CO wymaga natychmiastowej reakcji zgodnie z instrukcją urządzenia i procedurami bezpieczeństwa.	Czujniki/alarmy przy uzasadnionym ryzyku spalania; przegląd kotłowni i urządzeń.	Bezpieczeństwo / dobra praktyka.
UFP	Minimalizować przy ruchliwych drogach, drukarkach 3D i procesach spalania. Typowe czujniki $PM_{2.5}$ nie mierzą prawidłowo liczby cząstek ultradrobnych.	Pomiary specjalistyczne w obiektach wysokiego ryzyka; ocena źródeł.	Dobra praktyka; rozwijany monitoring UE.

6.1. Dlaczego operacyjny cel CO_2 1000 ppm jest ostrzejszy niż kategoria II PN

Cel 1000 ppm całkowitego CO_2 jest celowo prostym wskaźnikiem zarządczym, ułatwiającym nauczycielom i dyrektorom szybką reakcję. Nie jest on równoważny z projektowym kryterium PN-EN 16798-1, które określa przyrost względem stężenia zewnętrznego. Szkoła może więc jednocześnie spełniać wewnętrzny cel zarządczy i projektować instalację zgodnie z metodą normową. Przy ocenie formalnej projektu należy zawsze posługiwać się właściwą metodą normową, a nie uproszczonym progiem z dashboardu.

6.2. Pomieszczenia o zwiększonym ryzyku

- Pracownie chemiczne i biologiczne: wymagają kontroli konkretnych substancji i właściwych wyciągów miejscowych.
- Pracownie techniczne, druk 3D i warsztaty: ocena cząstek ultradrobnych i VOC, lokalny odciąg oraz ograniczenie emisji u źródła.
- Kuchnie i stołówki: skuteczny wyciąg nad źródłem spalania i gotowania; kontrola NO_2/CO, jeżeli występują urządzenia spalające paliwo.
- Hale sportowe i sale o wysokiej aktywności: większa emisja CO_2 i resuspensja pyłu, dlatego sterowanie wyłącznie według standardowej sali lekcyjnej może być niewystarczające.
- Pomieszczenia na najniższej kondygnacji: priorytet dla pomiaru radonu i wilgoci.

6.3. Minimalny protokół radonowy

Pomiar bazowy powinien obejmować najniższe użytkowane kondygnacje i pomieszczenia, w których ludzie przebywają regularnie. Preferowane są pasywne detektory śladowe i długi okres pomiaru; GIS prowadził krajową kampanię w szkołach, przedszkolach i żłobkach z wykorzystaniem takich detektorów, w sezonie grzewczym. Wynik należy dokumentować razem z lokalizacją, czasem ekspozycji detektora i sposobem użytkowania pomieszczenia. Przy wyniku równym lub wyższym od 300 Bq/m³ należy uruchomić profesjonalną diagnozę dróg wnikania i działania naprawcze, a następnie wykonać pomiar kontrolny. Po istotnej zmianie szczelności, wentylacji, podłogi na gruncie lub fundamentów należy rozważyć powtórzenie pomiaru.

ROZDZIAŁ 7

Etap 0: partycypacyjny screening i pierwsze działanie

Pierwszym krokiem programu nie powinien być zakup central wentylacyjnych ani masowy montaż czujników. Najpierw użytkownicy budynku powinni zobaczyć i zrozumieć własne warunki, a organ prowadzący otrzymać szybki materiał do decyzji. Rekomendowany Etap 0 łączy edukację, screening techniczny i partycypację dzieci. Jego rdzeniem jest zamiana użytkownika budynku we współbadacza i współprojektanta rozwiązania.

7.1. Minimalny format: trzy godziny lekcyjne + monitoring między spotkaniami

ETAP	CZAS	CO ROBIĄ UCZNIOWIE I NAUCZYCIEL	REZULTAT DLA SZKOŁY
Warsztat badawczy	2 × 45 min	Formułują pytania, mapują salę i otoczenie, mierzą CO_2, temperaturę, RH i pył; opcjonalnie przepływ przy kratkach, termowizję i hałas. Uczą się różnicy między pomiarem orientacyjnym a oceną zgodności.	Mapa problemów, zapis warunków użytkowania i uruchomiony czujnik do obserwacji.
Okres obserwacji	1-5 dni typowego użytkowania	Zbierają serię czasową; zapisują obłożenie, otwieranie okien i ważne zdarzenia. Porównują dane zewnętrzne GIOŚ/ESA.	Wykres z warunków rzeczywistych, nie jednorazowy „snapshot".
Warsztat działania	1 × 45 min	Interpretują wyniki, wybierają działania „no regret", wskazują pytania wymagające eksperta i ustalają, co sprawdzą ponownie.	Krótki plan: działanie operacyjne / diagnostyka profesjonalna / potrzeba inwestycji.

Format jest standardem wdrożeniowym, nie wymogiem prawnym. Może być prowadzony przez zewnętrzny zespół albo przez przeszkolonych nauczycieli z dostępem do sprzętu i procedury eskalacji.

7.2. Uczestnictwo dzieci jako element jakości decyzji

Art. 12 Konwencji o prawach dziecka oraz Komentarz ogólny nr 26 uzasadniają włączanie dzieci w decyzje dotyczące środowiska, w którym przebywają. W szkole można to realizować bardzo konkretnie: uczeń mierzy, interpretuje, zgłasza problem, współtworzy rozwiązanie i sprawdza efekt. Partycypacja nie przenosi odpowiedzialności technicznej na dziecko; tworzy dodatkowe źródło danych i zwiększa zdolność szkoły do utrzymania dobrych praktyk.

7.3. Rośliny: interwencja edukacyjna, nie zamiennik wentylacji

Rośliny doniczkowe mogą być wartościowym elementem biofilicznym, edukacyjnym i wspólnotowym. Nie powinny być jednak przedstawiane jako techniczny sposób osiągania wymaganej jakości powietrza. Analiza Cummingsa i Waringa (2019) wykazała, że pasywne rośliny w realnych budynkach mają bardzo małą wydajność usuwania VOC w porównaniu z typową wymianą powietrza; do uzyskania porównywalnego efektu potrzebne byłyby nierealistyczne gęstości roślin. W Etapie 0 roślina pełni więc rolę widocznego artefaktu sprawczości i pretekstu do nauki o fotosyntezie, wilgotności i odpowiedzialności za wspólną przestrzeń. Nie zastępuje wentylacji, filtracji, usunięcia źródeł ani naprawy wilgoci.

Dobór roślin powinien uwzględniać bezpieczeństwo użytkowników, alergie, toksyczność, ryzyko rozlania wody oraz rozwój pleśni w stale mokrym podłożu. „Zielona klasa" nie może tworzyć nowego źródła wilgoci ani bioaerozolu.

7.4. Kiedy screening uruchamia profesjonalną diagnostykę

- Powtarzalne wysokie CO_2 mimo poprawnego wietrzenia lub deklarowanej pracy wentylacji mechanicznej.
- Wysokie PM wewnątrz przy niskim poziomie na zewnątrz albo silna infiltracja PM/NO_2 z ruchu drogowego.
- Brak ciągu / nieprawidłowy kierunek przepływu przy kratkach, istotny hałas instalacyjny albo częste wyłączanie systemu.
- Widoczna wilgoć, pleśń, zapach stęchlizny, nawracające zalania lub kondensacja.
- Pomieszczenia na najniższej kondygnacji bez aktualnego długoterminowego pomiaru radonu.
- Przegrzewanie utrzymujące się podczas zajęć lub konflikt między koniecznością wietrzenia, hałasem i zanieczyszczeniem zewnętrznym.

7.5. Dwa modele skalowania

Model zespołu zewnętrznego zapewnia szybką standaryzację pomiaru i raportowania. Model „train-the-trainer" obniża koszt krańcowy przy dużej liczbie szkół: organ prowadzący może przeszkolić nauczycieli-liderów, stworzyć bibliotekę sprzętu i zapewnić dostęp do konsultacji technicznych. Nauczyciel odpowiada wtedy za edukację i screening, a nie za projektowanie HVAC czy ocenę zgodności z prawem budowlanym. Jako polski przykład można wykorzystać metodę „Szkolne Klimaty", stosowaną m.in. w Krakowie: uczniowie prowadzą pomiary, analizują dane i przygotowują rekomendacje dla własnej szkoły, a część badawcza jest uzupełniana działaniem widocznym w klasie. Według opisu dobrej praktyki w bazie Interreg Europe (2026) zasoby programu to około 5400 zł na klasę (warsztaty, miernik CO_2 zostający w szkole, rośliny i materiały); nie jest to jednak taryfikator rynkowy ani koszt profesjonalnego audytu technicznego.

ROZDZIAŁ 8

Monitoring i dane

8.1. Dwa różne systemy pomiarowe

Należy wyraźnie oddzielić monitoring regulacyjny od monitoringu operacyjnego. Oficjalne pomiary jakości powietrza atmosferycznego prowadzone w ramach państwowego monitoringu służą ocenie zgodności z normami środowiskowymi. Szkolne czujniki służą do sterowania i oceny ekspozycji w konkretnym budynku. Nie muszą mieć statusu metody referencyjnej, aby były użyteczne, ale ich ograniczenia muszą być znane, a decyzje o wysokiej wadze powinny być potwierdzane odpowiednią metodą profesjonalną.

8.2. Architektura krajowa: GIOŚ + ESA + dane wewnętrzne

GIOŚ pozostaje źródłem danych regulacyjnych i oficjalnej oceny jakości powietrza zewnętrznego. Edukacyjna Sieć Antysmogowa NASK stanowi już dużą, szkolną warstwę edukacyjno-pomiarową: materiały ESA z 2025 r. podawały 1 879 mierników przy ponad 2 300 placówkach. Mierniki ESA są zasadniczo instalowane na zewnątrz, natomiast ekrany w budynkach prezentują wyniki i treści edukacyjne. Dlatego ESA nie zastępuje czujnika CO_2 w sali, ale może stanowić bardzo wartościowe tło zewnętrzne i kanał edukacyjny.

8.3. Dane operacyjne nie są „gorszym GIOŚ"

Czujniki niskokosztowe i szkolne mogą wspierać decyzje operacyjne - wietrzenie, zmianę nastaw, wykrywanie sal z chronicznym problemem, porównanie stanu przed i po modernizacji - pod warunkiem znajomości ich ograniczeń i procedury QA/QC. Nie zastępują metod referencyjnych wtedy, gdy prawo wymaga oficjalnego stwierdzenia poziomu

zanieczyszczenia. Rozróżnienie „regulacyjne" i „operacyjne" powinno być zapisane w polityce danych organu prowadzącego.

8.4. Minimalny pakiet monitoringu

WARSTWA	REKOMENDACJA MINIMALNA	UZASADNIENIE
Każda sala	CO_2 + temperatura; preferencyjnie także RH	Najbardziej bezpośrednia informacja o wentylacji w relacji do obłożenia i o przegrzewaniu.
Każde skrzydło/strefa	$PM_{2.5}$; dodatkowo PM_{10} tam, gdzie znacząca resuspensja	Ocena infiltracji smogu, skuteczności filtracji i źródeł wewnętrznych.
Punkt zewnętrzny	$PM_{2.5}$/PM_{10} lub wiarygodne dane lokalne GIOŚ; w szkołach przy drodze także NO_2	Pozwala odróżnić problem zewnętrzny od wewnętrznego i dobrać strategię wietrzenia.
Najniższe kondygnacje	Długoterminowy radon	Wymaga długiego czasu uśredniania; krótkie odczyty orientacyjne nie zastępują pomiaru średniorocznego.
Po remoncie / skargach	VOC/formaldehyd i ocena zapachu/ źródeł	Identyfikacja emisji materiałowych i wyposażenia.
Po zalaniu / zawilgoceniu	Inspekcja wilgoci, pomiary materiałowe w razie potrzeby	Pleśń jest problemem źródłowym; sam licznik zarodników nie zastępuje usunięcia wilgoci.

8.5. Wymagania jakościowe dla czujników

- CO_2: preferować technologię NDIR, zakres i dokładność odpowiednie do klas, możliwość kalibracji i eksportu danych; unikać urządzeń obliczających „eCO_2" wyłącznie z VOC.
- PM: czujnik optyczny powinien mieć udokumentowaną charakterystykę, możliwość korekcji wilgotności lub przynajmniej rejestrować RH; przy programach inwestycyjnych okresowo porównywać z urządzeniem o wyższej klasie pomiarowej.
- Czas i lokalizacja: rejestrować dane w godzinach użytkowania, oznaczać obłożenie, przerwy, otwieranie okien i tryb HVAC; czujnika nie umieszczać przy nawiewie, oknie, grzejniku ani bezpośrednio w strefie oddechu jednej osoby.
- Dane: przechowywać surowe dane lub co najmniej dane 5-15-minutowe, z historią awarii i kalibracji. Raport miesięczny powinien obejmować czas powyżej progów, nie tylko średnią.
- Cyberbezpieczeństwo i prywatność: system nie powinien gromadzić danych osobowych uczniów, jeśli nie jest to konieczne. Informacje o obłożeniu można przechowywać w formie zagregowanej.

8.6. Governance danych i obowiązek reakcji

Dane środowiskowe mogą z czasem stać się dowodem jakości zarządzania budynkiem. Nie jest to argument przeciw pomiarom, lecz za jasną procedurą. Organ prowadzący powinien określić: właściciela zbioru danych, cel pomiaru, klasę urządzenia, retencję, sposób oznaczania awarii i kalibracji, progi alertu, osobę odpowiedzialną za reakcję oraz sposób dokumentowania działania naprawczego. Największym ryzykiem nie jest samo posiadanie danych o problemie, lecz wiarygodny i powtarzalny sygnał pozostawiony bez reakcji.

Dashboard nie powinien tworzyć rankingów uczniów ani pozwalać na wnioskowanie o obecności konkretnej osoby. W większości zastosowań wystarczają dane środowiskowe i zagregowane informacje o obłożeniu. Publikacja dla rodziców powinna pokazywać trend, podjęte działania i termin ponownej oceny, a nie surowy strumień bez kontekstu.

8.7. Wskaźniki zarządcze

- Odsetek godzin zajęć z CO_2 ≤1000 ppm oraz >1500 ppm.
- 95. percentyl CO_2 w każdej sali w miesiącu.
- Stosunek $PM_{2.5}$ indoor/outdoor podczas epizodów smogowych.
- Liczba dni z przegrzewaniem i czas powyżej przyjętego progu operacyjnego.
- Liczba sal z nierozwiązanym problemem wilgoci/pleśni dłużej niż 30 dni.
- Odsetek central/urządzeń z aktualnym przeglądem i udokumentowaną wymianą filtrów.
- Liczba szkół z aktualnym pomiarem radonu i data następnego pomiaru.

ROZDZIAŁ 9

Wentylacja, filtracja i oczyszczanie powietrza

9.1. Wentylacja naturalna

Wentylacja naturalna może zapewnić dobre warunki w części budynków i sezonów, ale jej wydajność silnie zależy od temperatury zewnętrznej, wiatru, geometrii otworów, szczelności i zachowań użytkowników. Nie należy zakładać, że sam zapis „wietrzyć na każdej przerwie" zapewnia wymagany strumień przy pełnym obłożeniu. W szkołach naturalnie wentylowanych monitoring CO_2 powinien być standardem, a instrukcja wietrzenia powinna uwzględniać smog, hałas i upał.

9.2. Wentylacja mechaniczna i hybrydowa

Dla nowych szkół i głębokich modernizacji preferowany jest system zapewniający kontrolowany i mierzalny dopływ powietrza, odpowiednią filtrację, odzysk ciepła tam, gdzie jest to uzasadnione, oraz możliwość regulacji według obłożenia bez obniżania jakości poniżej przyjętego standardu. Sterowanie na żądanie może ograniczać zużycie energii, ale wymaga sprawnych czujników, prawidłowego minimum przepływu oraz procedury awaryjnej.

W klasach o zmiennym obłożeniu sterowanie CO_2 jest użyteczne, lecz nie powinno redukować strumienia poniżej poziomu potrzebnego do rozcieńczania emisji z materiałów i innych źródeł. Po okresie bez użytkowania system powinien zapewnić odpowiednie przewietrzenie przed zajęciami zgodnie z założeniami projektu i normy.

9.3. Filtracja powietrza zewnętrznego

W regionach i lokalizacjach z podwyższonym $PM_{2.5}$ projekt powinien traktować filtrację jako integralną część wentylacji. Preferencję należy kierować ku wysokiej skuteczności dla ePM1, ale wybór klasy musi wynikać z analizy jakości powietrza zewnętrznego, charakterystyki centrali, dopuszczalnego spadku ciśnienia i kosztu cyklu życia. Specyfikacja zamówienia powinna wymagać podania wydajności wentylatora z docelowym zestawem filtrów, nie z „czystą" centralą bez rzeczywistych oporów.

9.4. Oczyszczacze przenośne

Przenośne oczyszczacze z filtracją HEPA są racjonalnym uzupełnieniem tam, gdzie wentylacja nie zapewnia wystarczającej kontroli cząstek, podczas epizodów smogowych, w okresach zwiększonej transmisji zakażeń oraz jako rozwiązanie pomostowe przed modernizacją. Randomizowane badanie crossover w szkołach podstawowych wykazało około 40% niższe średnie $PM_{2.5}$ w salach z przenośnymi oczyszczaczami HEPA przy istniejącym HVAC, co wspiera ich rolę jako dodatkowej bariery (Simona et al., 2025).

Oczyszczacz nie zastępuje wymaganego dopływu powietrza zewnętrznego potrzebnego do usuwania CO_2 i części zanieczyszczeń gazowych. Dobór powinien opierać się na CADR/strumieniu czystego powietrza przy prędkości, którą można utrzymać podczas lekcji bez nadmiernego hałasu. Należy zapewnić bezpieczne ustawienie, dostęp do filtrów, harmonogram wymian i dokumentowanie kosztów eksploatacyjnych.

9.5. Czego unikać

- Oczyszczaczy lub generatorów, których głównym mechanizmem jest emisja ozonu.
- Urządzeń jonizujących bez niezależnego dowodu bezpieczeństwa chemicznego, braku szkodliwych produktów ubocznych i skuteczności w warunkach odpowiadających klasie.
- Doboru filtra wyłącznie po klasie, bez sprawdzenia przepływu i spadku ciśnienia.
- Wyłączania systemów z powodu hałasu bez usunięcia przyczyny; hałas jest parametrem projektowym, a nie argumentem za niewentylowaniem klasy.
- Permanentnego uchylania okien jako jedynej strategii w szkole przy arterii komunikacyjnej.

9.6. Wilgoć, mikrobiom i chemia wnętrz

Celem nie jest „sterylne powietrze", lecz ograniczanie źródeł szkodliwej ekspozycji. Przegląd Ferraz et al. (2026) wskazuje powiązania pomiędzy mikroorganizmami, pyłem i zanieczyszczeniami chemicznymi w szkołach. Najważniejsze działania to kontrola wilgoci, szybkie usuwanie przecieków, skuteczna wentylacja, odpowiednie sprzątanie oraz dobór niskoemisyjnych materiałów. Rutynowe rozpylanie biocydów lub zapachów nie zastępuje usunięcia przyczyny i może zwiększać ekspozycję chemiczną.

ROZDZIAŁ 10

Eksploatacja, utrzymanie i commissioning

Największą różnicę między „dobrym projektem" a zdrowym budynkiem tworzy eksploatacja. System po pięciu latach może mieć inne przepływy niż w dniu odbioru z powodu zabrudzonych filtrów, zmienionych nastaw, zamkniętych przepustnic, nieszczelności, błędów czujników lub zmian funkcji pomieszczeń. Dlatego standard powinien opierać się na wyniku w użytkowaniu.

10.1. Minimalny commissioning przy odbiorze

- Pomiar rzeczywistych strumieni nawiewu i wywiewu w reprezentatywnych i krytycznych pomieszczeniach przy docelowych filtrach.
- Potwierdzenie bilansu powietrza i kierunków przepływu między strefami.
- Weryfikacja czujników CO_2, temperatury i automatyki; test reakcji DCV na zmianę obłożenia/sygnału.
- Pomiar hałasu instalacyjnego w salach przy trybie normalnym i trybie podwyższonej ochrony.
- Test alarmów zabrudzenia filtrów i dokumentacja początkowego spadku ciśnienia.

- Próba scenariuszy: pełne obłożenie, wysoki PM zewnętrzny, dzień upalny, tryb zwiększonej filtracji.
- Przekazanie dyrektorowi instrukcji użytkowej napisanej językiem operacyjnym: co zrobić przy określonym sygnale, kto odpowiada i kiedy wezwać serwis.

10.2. Utrzymanie

CZYNNOŚĆ	CZĘSTOTLIWOŚĆ MINIMALNA	DOKUMENTOWANIE
Przegląd dashboardu CO_2/T/RH	co miesiąc w sezonie nauki	Raport sal z najdłuższym czasem przekroczeń.
Kontrola filtrów	wg spadku ciśnienia i instrukcji producenta; nie tylko kalendarzowo	Data, typ filtra, spadek ciśnienia, zdjęcie/seria partii.
Czyszczenie czerpni/kratek	co najmniej sezonowo i po incydentach	Protokół z lokalizacją i stwierdzonym stanem.
Weryfikacja przepływów	po istotnej zmianie systemu i okresowo	Protokół pomiarowy z warunkami pracy.
Kontrola wilgoci i pleśni	min. 2 razy w roku + po zalaniu	Rejestr usterek i termin usunięcia przyczyny.
Kalibracja/QA czujników	wg producenta; kontrola porównawcza co najmniej corocznie dla systemów zarządczych	Rejestr kalibracji i urządzenia referencyjnego.
Radon	bazowo długoterminowo; ponownie po istotnych robotach lub remediacji	Raport z metody, lokalizacji, czasu i wyniku.

ROZDZIAŁ 11

Termomodernizacja i odporność na klimat

11.1. Zasada „nie uszczelniać bez bilansu wentylacji”

Wymiana okien, docieplenie przegród i ograniczenie infiltracji mogą znacząco obniżyć zapotrzebowanie na energię, ale jednocześnie ograniczyć przypadkowy dopływ powietrza, na którym opierała się stara wentylacja grawitacyjna. Dlatego audyt energetyczny szkoły powinien być połączony z audytem wentylacji i IAQ. W przeciwnym razie inwestycja może poprawić świadectwo energetyczne i pogorszyć warunki w klasach.

11.2. Pakiet zdrowotny każdej większej modernizacji

- Inwentaryzacja sposobu dopływu i odpływu powietrza oraz pomiar CO_2 przed inwestycją.
- Ocena wilgoci, mostków cieplnych i ryzyka kondensacji po zmianie przegród.
- Ocena radonu przed i po robotach ingerujących w podłogi, fundamenty, szczelność lub wentylację.
- Dobór niskoemisyjnych materiałów i wyposażenia; wymaganie dokumentacji emisji LZO/formaldehydu.
- Projekt zacieniania i ograniczenia przegrzewania przed zwiększaniem aktywnego chłodzenia.
- Commissioning HVAC i co najmniej kilkutygodniowy pomiar warunków po rozpoczęciu normalnego użytkowania.

11.3. Upał i przegrzewanie

Polskie szkolne przepisy BHP ustanawiają dolną granicę 18°C, ale nie tworzą analogicznego ogólnego górnego limitu dla wszystkich sal. Z punktu widzenia projektowego PN-EN 16798-1 podaje dla sal lekcyjnych w kategorii II zakres 23-26°C w sezonie chłodniczym. Nie jest to ustawowy „zakaz zajęć powyżej 26°C", lecz przydatny punkt odniesienia do oceny projektu i czasu przegrzewania.

Strategia odporności na upał powinna rozpoczynać się od zacieniania zewnętrznego, ograniczenia zysków słonecznych, nocnego przewietrzania wtedy, gdy jakość powietrza na to pozwala, wysokiej efektywności wentylatorów i inteligentnego sterowania. Aktywne chłodzenie jest uzasadnione tam, gdzie środki pasywne nie zapewniają bezpiecznych warunków. Należy unikać sytuacji, w której „więcej wentylacji" podczas bardzo gorącego dnia zwiększa obciążenie cieplne bez odpowiedniej kontroli.

11.4. Ozon, dym pożarowy, CO i cząstki ultradrobne

Letni epizod ozonu może występować jednocześnie z upałem, co tworzy konflikt między potrzebą chłodzenia przez otwieranie okien a ochroną przed zanieczyszczeniem zewnętrznym. WHO wskazuje dla O_3 poziom 60 µg/m³ dla sezonu szczytowego i 100 µg/m³ dla krótkoterminowej maksymalnej średniej 8-godzinnej. Szkoła powinna korzystać z oficjalnych danych zewnętrznych i preferować zacienianie, nocne/poranne przewietrzanie w korzystniejszych godzinach oraz filtrowaną wentylację, jeśli jest dostępna.

Dym z dużych pożarów lub innych zdarzeń należy traktować jak epizod wysokiego PM: ograniczyć niekontrolowany napływ, utrzymać filtrowany strumień powietrza i uruchomić oczyszczanie cząstek, jednocześnie pilnując CO_2 i temperatury. CO wymaga odrębnej procedury bezpieczeństwa dla źródeł spalania. Cząstki ultradrobne (UFP) są szczególnie istotne przy intensywnym ruchu drogowym i niektórych procesach wewnętrznych, np. druku 3D; typowy czujnik $PM_{2.5}$ nie jest wystarczającym miernikiem UFP.

11.5. Azbest i metale ciężkie jako ryzyko remontowe

Azbest, ołów i inne metale ciężkie nie są parametrami codziennego dashboardu IAQ, ale powinny wejść do due diligence przed remontem starszych obiektów, jeżeli historia budynku lub materiały wskazują ryzyko. Priorytetem jest bezpieczna identyfikacja i usuwanie zgodnie z właściwymi przepisami, tak aby modernizacja energetyczna nie uruchomiła nowej ekspozycji pyłowej.

ROZDZIAŁ 12

Otoczenie szkoły, transport i lokalizacja

12.1. Nowe lokalizacje

Przed wyborem działki dla nowej szkoły należy wykonać ocenę ekspozycji. Powinna obejmować co najmniej: dane roczne $PM_{2.5}$/PM_{10}/NO_2, natężenie i strukturę ruchu, odległość i położenie względem dróg o dużym natężeniu, potencjalne źródła przemysłowe i komunalne, ukształtowanie terenu, dominujące kierunki wiatru oraz przewidywane zmiany urbanistyczne. W lokalizacjach przy ruchu drogowym należy rozważyć UFP/black carbon jako wskaźniki specjalistyczne, mimo że nie są standardowym parametrem szkolnego dashboardu.

Lokalizacja czerpni wentylacyjnych jest równie ważna jak lokalizacja budynku. Czerpnie należy sytuować z dala od stref wysadzania dzieci, parkingów, kominów, wyrzutni i miejsc postoju autobusów. Jeżeli szkoła już istnieje, przeniesienie czerpni lub organizacja ruchu może być efektywniejszą interwencją niż kosztowna przebudowa całego obiektu.

12.2. „Szkolne ulice", zakaz biegu jałowego i logistyka dowozu

Ograniczenie ruchu i postoju bezpośrednio przy wejściu do szkoły może równocześnie zmniejszać lokalną ekspozycję na zanieczyszczenia i hałas oraz poprawiać bezpieczeństwo. Minimalnym działaniem organizacyjnym powinien być zakaz niepotrzebnej pracy silników na biegu jałowym w strefie wejścia i czerpni oraz przeniesienie punktów oczekiwania pojazdów poza bezpośrednią strefę oddychania uczniów.

12.3. Zieleń - interwencja zależna od geometrii

Zieleń może pomagać w tworzeniu dystansu od źródeł i wychwytywaniu części cząstek, ale nie każda forma zieleni poprawia jakość powietrza. W wąskich kanionach ulicznych gęste korony drzew mogą ograniczać dyspersję i lokalnie zwiększać stężenia. Przegląd literatury wskazuje, że efekt zależy od geometrii ulicy, porowatości bariery, wiatru i położenia źródła; niskie lub odpowiednio zaprojektowane bariery roślinne mogą być korzystne w niektórych konfiguracjach (Abhijith et al., 2017). Dlatego „zielone ogrodzenie" powinno być rozwiązaniem projektowym, nie automatycznym zaleceniem.

ROZDZIAŁ 13

Procedury reakcji na typowe zdarzenia

ZDARZENIE	PIERWSZA REAKCJA	DALSZA DIAGNOZA / DZIAŁANIE
CO_2 >1500 ppm przez znaczną część lekcji	Zwiększyć wentylację; przy wentylacji okiennej przewietrzyć, jeśli warunki zewnętrzne są bezpieczne.	Sprawdzić obłożenie, nawiew/wywiew, filtry, nastawy DCV i możliwość zwiększenia stałego strumienia.
Wysokie $PM_{2.5}$ na zewnątrz	Ograniczyć niekontrolowane otwieranie okien; uruchomić/utrzymać filtrowaną wentylację i oczyszczacze; stosować zalecenia oficjalnych komunikatów.	Sprawdzić infiltrację, stan filtrów, szczelność, czerpnie; porównać indoor/outdoor.
Wysokie $PM_{2.5}$ wewnątrz przy niskim poziomie na zewnątrz	Zidentyfikować i przerwać źródło wewnętrzne.	Ocenić sprzątanie, resuspensję, prace plastyczne/warsztatowe, świece/spalanie, uszkodzenia filtrów.
Radon ≥300 Bq/m³ średniorocznie	Zlecić profesjonalną diagnozę i plan ograniczenia narażenia.	Uszczelnienie dróg wnikania, wentylacja podpodłogowa/zmiana ciśnienia lub wentylacji; po remediacji obowiązkowy retest.
Widoczna pleśń / zawilgocenie	Usunąć źródło wody i ograniczyć ekspozycję do czasu bezpiecznej naprawy.	Diagnoza przegrody, osuszenie i bezpieczna remediacja; nie ograniczać się do zamalowania.
Przegrzewanie	Zacienianie, wentylacja nocna/poranna przy dobrej jakości powietrza, wentylatory lub chłodzenie, reorganizacja zajęć zgodnie z oceną ryzyka.	Ocena zysków słonecznych, sterowania HVAC, izolacji i trwałych rozwiązań przeciwsłonecznych.
Zwiększona transmisja infekcji	Włączyć plan zwiększonego strumienia czystego powietrza; sprawdzić filtry i HEPA; zwiększyć wentylację w granicach komfortu i bezpieczeństwa.	Oceniać skuteczność techniczną, nie używać CO_2 jako bezpośredniego miernika liczby wirusów.
Upał + wysoki ozon	Priorytet dla zacieniania i chłodzenia pasywnego; wietrzenie przesuwać na godziny z korzystniejszym O_3/PM, jeśli warunki pozwalają.	Ocenić trwałe zacienienie, automatykę i możliwość filtrowanej wentylacji/chłodzenia.
Dym pożarowy / wysoki PM poza sezonem smogowym	Ograniczyć niekontrolowany napływ, utrzymać filtrowaną wentylację i HEPA, śledzić GIOŚ/komunikaty służb.	Po zdarzeniu ocenić filtry, depozycję pyłu i potrzebę sprzątania/serwisu.
Alarm CO / podejrzenie spalania	Ewakuacja lub inne działania zgodnie z instrukcją alarmu i procedurą bezpieczeństwa; odcięcie źródła przez uprawnione osoby.	Kontrola urządzeń spalających i wentylacji przez kompetentny serwis przed ponownym użytkowaniem.

ROZDZIAŁ 14

Zamówienia publiczne i wymagania odbiorowe

Najskuteczniejszą zmianą w inwestycjach szkolnych jest przejście z zamówień „na urządzenie" do zamówień „na wynik". Specyfikacja powinna definiować parametry, które wykonawca ma osiągnąć i udowodnić w działającym budynku przy projektowym obłożeniu.

14.1. Wentylacja/HVAC - minimalne wymagania funkcjonalne w PFU/SWZ

- Przyjęta kategoria PN-EN 16798-1 i metoda wyznaczania strumienia powietrza dla każdej strefy.
- Minimalny i maksymalny przepływ na salę, sposób sterowania oraz zachowanie systemu przy awarii czujnika.
- Klasa/skuteczność filtracji i dopuszczalny końcowy spadek ciśnienia; dostęp serwisowy bez demontażu istotnych elementów.
- Maksymalny poziom hałasu instalacyjnego zgodny z właściwymi wymaganiami akustycznymi; potwierdzenie pomiarem po uruchomieniu.
- Wymagany eksport danych z BMS/czujników bez zamknięcia w jednym dostawcy przez cały okres eksploatacji.
- Obowiązkowy commissioning oraz sezonowa korekta nastaw po pierwszym okresie grzewczym/chłodniczym.
- Instrukcja eksploatacji zawierająca koszt i harmonogram filtrów, części eksploatacyjnych i kalibracji przez co najmniej 5 lat.

14.2. Oczyszczacze - wymagania zakupowe

- Zweryfikowany CADR/strumień czystego powietrza dla cząstek przy konkretnej prędkości pracy.
- Poziom mocy/ciśnienia akustycznego przy tej samej prędkości, a nie wyłącznie w trybie nocnym.
- Deklarowana i możliwa do zweryfikowania charakterystyka filtra; łatwa i bezpieczna wymiana.
- Brak celowego generowania ozonu; dla innych technologii aktywnych - niezależne badanie produktów ubocznych.
- Koszt filtrów i energii w cyklu 5 lat oraz gwarancja dostępności części.
- Zabezpieczenie przed manipulacją przez uczniów, stabilna konstrukcja i brak ryzyka zasłonięcia wlotu/wylotu.

14.3. Czujniki i system danych

- CO_2 w technologii NDIR lub równoważnej o udokumentowanej dokładności.
- Możliwość kalibracji, eksportu danych i synchronizacji czasu.
- Dashboard pokazujący także czas przekroczeń i trend, nie tylko aktualną „buźkę" lub kolor.
- Otwarty format danych i określony okres ich retencji.
- Procedura QA/QC i wymiany uszkodzonych sensorów; odpowiedzialność serwisu z czasem reakcji.

ROZDZIAŁ 15

Zarządzanie, odpowiedzialność i komunikacja

15.1. Role

ROLA	ODPOWIEDZIALNOŚĆ
Organ prowadzący	Przyjmuje standard, finansuje modernizacje, porównuje ryzyko między obiektami, wymaga wyników w zamówieniach i utrzymuje centralny rejestr danych technicznych.
Dyrektor	Zapewnia wdrożenie procedur, reaguje na alarmy, zgłasza trwałe problemy organowi prowadzącemu, organizuje komunikację i dokumentuje działania.
Zarządca/konserwator	Prowadzi filtry, przeglądy, awarie, podstawową diagnostykę i rejestr serwisowy.
Projektant/wykonawca	Odpowiada za parametry projektowe i ich udowodnienie podczas commissioning; przekazuje dokumentację powykonawczą i szkolenie.
Inspekcja sanitarna / nadzór budowlany	Wykonują kompetencje ustawowe; ich kontrola nie zastępuje codziennego systemu zarządzania szkoły.
Nauczyciele i pracownicy	Stosują proste instrukcje wietrzenia i reagowania, zgłaszają zapachy, wilgoć, nadmierny hałas i objawy technicznych usterek; nie są odpowiedzialni za projektowanie instalacji.
Pracodawca / służba BHP	Uwzględnia warunki środowiskowe w ocenie ryzyka pracowników, analizuje zgłoszenia personelu i zapewnia działania zgodne z art. 207 Kodeksu pracy.
Uczniowie / samorząd uczniowski	Uczestniczą w diagnozie, zgłaszają doświadczenia i propozycje, współtworzą proste zasady użytkowania. Nie ponoszą odpowiedzialności technicznej za instalacje.
Kurator oświaty	Sprawuje nadzór pedagogiczny w ustawowym zakresie; nie zastępuje organu prowadzącego, PIS ani nadzoru budowlanego w technicznym zarządzaniu budynkiem.
Rzecznik Praw Dziecka	Może interweniować w sprawach ochrony praw dziecka i problemach systemowych; nie jest operacyjnym zarządcą jakości powietrza w placówce.

15.2. Komunikacja z rodzicami i uczniami

Komunikat o jakości powietrza powinien zawierać: co zmierzono, co to oznacza, czy wynik jest wymogiem prawnym czy celem operacyjnym, jakie działania są podejmowane oraz kiedy nastąpi ponowna ocena. Unikać należy komunikatów opartych wyłącznie na czerwonym alarmie bez kontekstu. Przy publikacji danych porównawczych nie powinno się tworzyć rankingów nauczycieli lub klas, jeśli problem wynika z infrastruktury budynku.

Dane środowiskowe mogą być elementem edukacji uczniów: lekcja o CO_2, PM i wentylacji pozwala pokazać różnicę między wskaźnikiem wentylacji a toksycznym zanieczyszczeniem oraz uczy krytycznej interpretacji pomiarów. System edukacyjny nie może jednak przenosić na ucznia odpowiedzialności za naprawę infrastruktury.

15.3. Udział dzieci w decyzjach

Udział dzieci powinien mieć formę zamkniętej pętli informacji zwrotnej: pomiar i doświadczenie użytkownika → wspólna interpretacja → rekomendacja → decyzja dorosłych z uzasadnieniem → ponowny pomiar. Jeżeli propozycja uczniów nie może zostać wdrożona, szkoła powinna wyjaśnić dlaczego i wskazać alternatywę. Taki model realizuje prawo do bycia wysłuchanym bez przenoszenia obowiązków organu prowadzącego na uczniów.

ROZDZIAŁ 16

Mapa wdrożenia, finansowanie i sprawiedliwość środowiskowa

HORYZONT	DZIAŁANIA
0-3 miesiące	Powołanie właściciela procesu; inwentaryzacja wentylacji; Etap 0 w każdej szkole lub reprezentatywnej grupie sal; integracja danych GIOŚ/ESA; identyfikacja szkół wysokiego ryzyka; szybkie naprawy organizacyjne.
3-12 miesięcy	Pełny sezon pomiarów w obiektach ryzyka; profesjonalne pomiary przepływów i radonu; audyty wilgoci; procedury smog/upał/infekcje; przygotowanie audytów energetycznych i wniosków o finansowanie.
1-3 lata	Modernizacja szkół z chronicznym problemem; wentylacja/filtracja, zacienianie, remediacja radonu i wilgoci; wykorzystanie FM/KPO/ESCO-EPC; commissioning wszystkich nowych i modernizowanych instalacji.
3-5 lat	Ujednolicony standard PFU/SWZ dla nowych i modernizowanych szkół; centralny dashboard wskaźników eksploatacyjnych; finansowanie oparte na ryzyku i wrażliwości, nie na kolejności zgłoszeń.
Ciągle	Przegląd prawa i norm co najmniej raz w roku; aktualizacja po wdrożeniu dyrektywy 2024/2881 i kolejnych przepisów EPBD/WT.

16.1. Priorytetyzacja inwestycji

Przy ograniczonym budżecie pierwszeństwo powinny otrzymywać obiekty, w których nakładają się: wysokie stężenia w godzinach zajęć, duże obłożenie, bliskość źródeł zewnętrznych, brak filtracji, problemy z wilgocią/radonem, wysoki stopień przegrzewania oraz obecność grup szczególnie wrażliwych. Taki model jest bardziej sprawiedliwy zdrowotnie niż identyczne dofinansowanie dla wszystkich szkół bez oceny ekspozycji.

16.2. Finansowanie: diagnoza musi prowadzić do źródła pieniędzy

W 2026 r. istnieje wyjątkowo silne okno finansowania modernizacji budynków edukacyjnych. Program KPO „Wymiana źródeł ciepła i poprawa efektywności energetycznej szkół" (dofinansowanie do 100% kosztów) objął umowami 500 placówek, a jego budżet został zwiększony do ponad 1,78 mld zł (stan na 10.08.2026). Kolejny program NFOŚiGW finansowany z Funduszu Modernizacyjnego ma budżet 2 mld zł, z dotacją do 85% kosztów kwalifikowanych i z możliwością realizacji w formule ESCO/EPC; nabór zapowiedziany na przełom III i IV kwartału 2026 r., szczegółowy regulamin nie jest jeszcze znany. Modernizacja musi wynikać z audytu energetycznego; wymóg co najmniej 30% redukcji zapotrzebowania na energię pierwotną oraz 25% energii końcowej dotyczył pierwszego etapu (KPO).

Warunek praktyczny: zdrowie nie może być dodatkiem dopisywanym po audycie energetycznym. Dane z Etapu 0 i profesjonalnej diagnostyki powinny trafić do założeń audytu, PFU/SWZ oraz protokołu odbiorowego: wymagany strumień wentylacji, filtracja, ochrona przed przegrzewaniem, monitoring i commissioning. W przeciwnym razie inwestycja może obniżyć zużycie energii i równocześnie pogorszyć IAQ przez uszczelnienie budynku.

16.3. Schemat finansowy od taniego screeningu do inwestycji

POZIOM	TYP KOSZTU	TYPOWE ŹRÓDŁO	WARUNEK PRZEJŚCIA DALEJ
0. Screening partycypacyjny	niski; sprzęt podstawowy + prowadzenie + raport	budżet oświaty/środowiska, środki własne szkoły/JST, projekty edukacyjne	powtarzalny problem lub ryzyko → diagnostyka
1. Diagnostyka profesjonalna	pomiary przepływów, radon, PM/NO_2/VOC, termowizja, akustyka	JST, audyt inwestycyjny, przygotowanie projektu	potwierdzona przyczyna i wariant rozwiązania
2. Modernizacja	HVAC, filtracja, zacienienie, remont przegród, źródło ciepła	KPO / Fundusz Modernizacyjny / programy regionalne / ESCO-EPC	odbiór na parametry + commissioning
3. Eksploatacja	filtry, serwis, kalibracja, monitoring, retesty	budżet bieżący właściciela	utrzymanie wyniku w czasie

Koszty urządzeń i robót należy każdorazowo weryfikować rynkowo. Dla Etapu 0 według opisu dobrej praktyki w bazie Interreg Europe (2026) zasoby programu Szkolne Klimaty to około 5400 zł na klasę (warsztaty, miernik CO_2 zostający w szkole, rośliny i materiały); model szkolenia nauczycieli może obniżać koszt kolejnych wdrożeń.

16.4. Sprawiedliwość środowiskowa i kolejność inwestycji

Kolejność inwestycji nie powinna zależeć wyłącznie od kolejności zgłoszeń ani sprawności przygotowania wniosku dotacyjnego. Rekomendowany jest prosty indeks priorytetu obejmujący cztery grupy danych: (1) ekspozycja zewnętrzna i lokalizacja - PM/NO_2/UFP, ruch, przemysł; (2) stan wewnętrzny - CO_2, PM, radon, wilgoć i przegrzewanie; (3) wrażliwość użytkowników i intensywność użytkowania; (4) zdolność finansowa i techniczna organu. Mechanizm wyrównawczy powinien zapobiegać sytuacji, w której szkoły o najgorszych warunkach przegrywają dlatego, że ich organ ma najmniejsze zasoby do przygotowania projektu.

16.5. Cele procesu zamiast nieudokumentowanych obietnic

- Do 12 miesięcy: 100% szkół organu prowadzącego ma inwentaryzację systemu wentylacji, podstawowy screening i przypisanego właściciela problemu.
- Do 18 miesięcy: wszystkie obiekty z czerwonym wynikiem screeningu mają profesjonalną diagnozę i decyzję inwestycyjną albo udokumentowane rozwiązanie operacyjne.
- Każda większa termomodernizacja: pomiar przed inwestycją, wymagania IAQ w dokumentacji, commissioning i pomiar po rozpoczęciu normalnego użytkowania.
- Co roku: przegląd prawa, norm, progów alarmowych, stanu filtrów, radonu i nierozwiązanych problemów wilgoci oraz raport dla kierownictwa JST.

ROZDZIAŁ 17

Listy kontrolne

17.1. Miesięczna lista dyrektora / zarządcy

- ☐ Czy w każdej sali objętej monitoringiem dane CO_2 są kompletne i czy są sale z >10% czasu zajęć powyżej 1500 ppm?
- ☐ Czy filtry i centrale nie mają aktywnych alarmów lub zaległych przeglądów?
- ☐ Czy wystąpiły zgłoszenia zapachu, wilgoci, pleśni lub nadmiernego hałasu instalacji?
- ☐ Czy w ostatnim miesiącu wystąpiły epizody smogowe i czy zastosowano procedurę?
- ☐ Czy są pomieszczenia przegrzewające się regularnie w słoneczne dni?
- ☐ Czy zmieniło się przeznaczenie lub obłożenie pomieszczeń bez aktualizacji wentylacji?
- ☐ Czy urządzenia przenośne mają drożne filtry i są używane z właściwą prędkością?
- ☐ Czy zgłoszone usterki mają właściciela i termin usunięcia?

17.2. Roczna lista organu prowadzącego

- ☐ Aktualność inwentaryzacji systemów wentylacji i danych o obłożeniu wszystkich szkół.
- ☐ Roczna analiza czasu przekroczeń CO_2 i przegrzewania według sal i budynków.
- ☐ Lista szkół z pomiarem radonu starszym niż przyjęty cykl lub po istotnej przebudowie.
- ☐ Analiza PM indoor/outdoor w szkołach przy głównych drogach i innych źródłach.
- ☐ Weryfikacja kosztów filtrów, awaryjności i realnej wydajności instalacji.
- ☐ Lista szkół z nierozwiązanym problemem wilgoci/pleśni i plan finansowania.
- ☐ Przegląd zmian prawa, Polskich Norm, wytycznych WHO i wymagań unijnych.
- ☐ Aktualizacja standardowych zapisów PFU/SWZ i protokołu commissioning.

17.3. Protokół szybkiej diagnozy sali z wysokim CO_2

1. Potwierdź pomiar drugim wiarygodnym czujnikiem lub sprawdź jego kalibrację.
2. Zapisz liczbę osób, kubaturę, czas lekcji oraz warunki otwarcia okien/drzwi.
3. Jeśli jest wentylacja mechaniczna - sprawdź, czy pracuje, w jakim trybie i z jakim sygnałem sterowania.

4. Zmierz lub zleć pomiar strumienia nawiewu i wywiewu; sprawdź filtry i przepustnice.
5. Porównaj z podobną salą i z innymi porami dnia; wyklucz specyficzny problem urządzenia lub harmonogramu.
6. Wdroż doraźne wietrzenie/zmianę nastaw, a następnie potwierdź efekt danymi z co najmniej kilku dni typowego użytkowania.

> ***Zasada końcowa*** *Najpierw użytkownicy i dane. Potem diagnoza techniczna. Następnie inwestycja. Na końcu obowiązkowo pomiar wyniku. Zdrowa szkoła jest procesem zarządzania, nie jednorazowym zakupem.*

ROZDZIAŁ 18

Źródła w formacie APA 7

Wykaz obejmuje akty prawne i dokumenty urzędowe, normy i wytyczne, literaturę naukową oraz źródła instytucjonalne. Adresy internetowe wskazują źródła dostępne publicznie; teksty Polskich Norm pozostają chronione i wymagają dostępu zgodnego z zasadami PKN.

18.1. Akty prawne i dokumenty urzędowe

Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. - Kodeks pracy (t.j. Dz.U. 2026 poz. 1245). https://eli.gov.pl/

Sejm Rzeczypospolitej Polskiej. (2026). Druk nr 2778 - przebieg procesu legislacyjnego ustawy z dnia 31 lipca 2026 r. o zmianie ustawy - Prawo ochrony środowiska; weto Prezydenta z 28 sierpnia 2026 r. https://www.sejm.gov.pl/sejm10.nsf/PrzebiegProc.xsp?id=94590F56DAA0A52DC1258E2E0039B334

Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r. (Dz.U. 1997 Nr 78, poz. 483 ze zm.). https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU19970780483

Konwencja o prawach dziecka, przyjęta przez Zgromadzenie Ogólne Narodów Zjednoczonych dnia 20 listopada 1989 r. (Dz.U. 1991 Nr 120, poz. 526 ze zm.). https://eli.gov.pl/eli/DU/1991/526/ogl

Ustawa z dnia 14 grudnia 2016 r. - Prawo oświatowe (t.j. Dz.U. 2026 poz. 820 ze zm.). https://eli.gov.pl/eli/DU/2026/820/ogl

Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej i Sportu z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny w publicznych i niepublicznych szkołach i placówkach (t.j. Dz.U. 2020 poz. 1604 ze zm.). https://eli.gov.pl/eli/DU/2020/1604/ogl

Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane (t.j. Dz.U. 2026 poz. 524 ze zm.). https://eli.gov.pl/eli/DU/2026/524/ogl

Ustawa z dnia 31 lipca 2026 r. o zmianie ustawy o samorządach zawodowych architektów oraz inżynierów budownictwa oraz ustawy - Prawo budowlane (Dz.U. 2026 poz. 1161). https://eli.gov.pl/eli/DU/2026/1161/ogl

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (t.j. Dz.U. 2022 poz. 1225 ze zm.; stosowanie w 2026 r. z uwzględnieniem przepisów przejściowych). https://eli.gov.pl/eli/DU/2022/1225/ogl

Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. - Prawo ochrony środowiska (t.j. Dz.U. 2025 poz. 647 ze zm.). https://eli.gov.pl/eli/DU/2025/647/ogl

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (t.j. Dz.U. 2021 poz. 845). https://eli.gov.pl/eli/DU/2021/845/ogl

Ustawa z dnia 14 marca 1985 r. o Państwowej Inspekcji Sanitarnej (t.j. Dz.U. 2024 poz. 416 ze zm.). https://eli.gov.pl/eli/DU/2024/416/ogl

Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. - Prawo atomowe (t.j. Dz.U. 2026 poz. 1 ze zm.). https://eli.gov.pl/eli/DU/2026/1/ogl

Ustawa z dnia 12 września 2002 r. o normalizacji (t.j. Dz.U. 2015 poz. 1483). https://eli.gov.pl/eli/DU/2015/1483/ogl

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/2881 z dnia 23 października 2024 r. w sprawie jakości powietrza i czystszego powietrza dla Europy (wersja przekształcona). https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/2881/oj?locale=pl

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1275 z dnia 24 kwietnia 2024 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (wersja przekształcona). https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj?locale=pl

Kancelaria Prezesa Rady Ministrów. (2026). Projekt ustawy o jakości powietrza (UC150). https://www.gov.pl/web/premier/projekt-ustawy-o-jakosci-powietrza

Ministerstwo Rozwoju i Technologii. (2026). Komunikat dotyczący prac nad rozporządzeniem w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. https://www.gov.pl/web/rozwoj-technologia/komunikat-ministerstwa-rozwoju-i-technologii-dotyczacy-prac-nad-rozporzadzeniem-w-sprawie-warunkow-technicznych-jakim-powinny-odpowiadac-budynki-i-ich-usytuowanie-oraz-warunkow-technicznych-uzytkowania-budynkow-mieszkalnych

Committee on the Rights of the Child. (2023). General comment No. 26 (2023) on children's rights and the environment, with a special focus on climate change (CRC/C/GC/26). United Nations. https://www.ohchr.org/en/documents/general-comments-and-recommendations/crccgc26-general-comment-no-26-2023-childrens-rights

18.2. Normy i wytyczne

Polski Komitet Normalizacyjny. (2019/2021). PN-EN 16798-1:2019-06. Charakterystyka energetyczna budynków - Wentylacja budynków - Część 1: Parametry wejściowe środowiska wewnętrznego do projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków w odniesieniu do jakości powietrza wewnętrznego, środowiska cieplnego, oświetlenia i akustyki - Moduł M1-6. https://sklep.pkn.pl/normy/pn-en-16798-1-2019-06p.html

Polski Komitet Normalizacyjny. (2023). PN-EN 16798-1:2019-06/Ap2:2023-03. Poprawka - Załącznik krajowy NA: Krajowe kryteria zalecane dla środowiska wewnętrznego. https://sklep.pkn.pl/fileuploader/download/download/?d=0&fileId=8379

Polski Komitet Normalizacyjny. (2025). PN-EN 16798-3:2025-10 (wersja angielska). Charakterystyka energetyczna budynków - Wentylacja budynków - Część 3: Wentylacja budynków niemieszkalnych - Wymagania dotyczące właściwości systemów wentylacji i klimatyzacji pomieszczeń. https://sklep.pkn.pl/normy/pn-en-16798-3-2025-10e.html

Polski Komitet Normalizacyjny. (2017). PN-EN ISO 16890-1:2017-01. Przeciwpyłowe filtry powietrza do wentylacji ogólnej - Część 1: Specyfikacje techniczne, wymagania i system klasyfikacji określony na podstawie skuteczności filtracji pyłu zawieszonego (ePM). https://sklep.pkn.pl/

ASHRAE. (2023). ANSI/ASHRAE Standard 241-2023: Control of infectious aerosols. https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/ashrae-standard-241-control-of-infectious-aerosols

World Health Organization. (2021). WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228

World Health Organization, Regional Office for Europe. (2010). WHO guidelines for indoor air quality: Selected pollutants. https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289002134

World Health Organization, Regional Office for Europe. (2009). WHO guidelines for indoor air quality: Dampness and mould. https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289041683

World Health Organization. (2009). WHO handbook on indoor radon: A public health perspective. https://www.who.int/publications/i/item/9789241547673

Polski Komitet Normalizacyjny. (2015). PN-B-02151-4:2015-06. Akustyka budowlana - Ochrona przed hałasem w budynkach - Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań. https://sklep.pkn.pl/pn-b-02151-4-2015-06p.html

18.3. Literatura naukowa

Abhijith, K. V., Kumar, P., Gallagher, J., McNabola, A., Baldauf, R., Pilla, F., Broderick, B., Di Sabatino, S., & Pulvirenti, B. (2017). Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments - A review. Atmospheric Environment, 162, 71-86. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.05.014

Branco, P. T. B. S., Sousa, S. I. V., Dudzińska, M. R., Gazioglu Ruzgar, D., Mutlu, M., Panaras, G., Papadopoulos, G., Saffell, J., Scutaru, A. M., Struck, C., & Weersink, A. (2024). A review of relevant parameters for assessing indoor air quality in educational facilities. Environmental Research, 261, 119713. https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119713

Fernandes, A., Ubalde-López, M., Yang, T. C., McEachan, R. R. C., Rashid, R., Maitre, L., Nieuwenhuijsen, M. J., & Vrijheid, M. (2023). School-based interventions to support healthy indoor and outdoor environments for children: A systematic review. International Journal of Environmental Research and Public Health, 20(3), 1746. https://doi.org/10.3390/ijerph20031746

Ferraz, M., Santos, J., & Vieira da Silva, M. (2026). A systematic review of indoor air quality in school settings: Focus on microbiome and their relation to particulate matter and chemical pollutants. Public Health in Practice, 11, 100790. https://doi.org/10.1016/j.puhip.2026.100790

Ferrari, S., Blázquez, T., Cardelli, R., Puglisi, G., Suárez, R., & Mazzarella, L. (2022). Ventilation strategies to reduce airborne transmission of viruses in classrooms: A systematic review of scientific literature. Building and Environment, 222, 109366. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109366

Roslan, N. S., Mat, M. N. H., & Rani, M. F. H. (2026). A review of indoor air quality (IAQ) in classrooms: The effect of particulate matter (PM), gaseous pollutants, and airborne pathogens. Environmental Pollution, 127966. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2026.127966

Sadrizadeh, S., Yao, R., Yuan, F., Awbi, H., Bahnfleth, W., Bi, Y., Cao, G., Croitoru, C., de Dear, R., Haghighat, F., Kumar, P., Malayeri, M., Nasiri, F., Ruud, M., Sadeghian, P., Wargocki, P., Xiong, J., Yu, W., & Li, B. (2022). Indoor air quality and health in schools: A critical review for developing the roadmap for the future school environment. Journal of Building Engineering, 57, 104908. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104908

Simona, S. C., Bartell, S. M., & Vieira, V. M. (2025). Classroom air quality in a randomized crossover trial with portable HEPA air cleaners. Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology, 35, 644-648. https://doi.org/10.1038/s41370-025-00743-9

Sørensen, S. B., & Kristensen, K. (2024). Low-cost sensor-based investigation of CO2 and volatile organic compounds in classrooms: Exploring dynamics, ventilation effects and perceived air quality relations. Building and Environment, 254, 111369. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111369

Wargocki, P., Porras-Salazar, J. A., Contreras-Espinoza, S., & Bahnfleth, W. (2020). The relationships between classroom air quality and children's performance in school. Building and Environment, 173, 106749. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106749

Bartyzel, J., Zięba, D., Nęcki, J., & Zimnoch, M. (2020). Assessment of ventilation efficiency in school classrooms based on indoor-outdoor particulate matter and carbon dioxide measurements. Sustainability, 12(14), 5600. https://doi.org/10.3390/su12145600

Compa, M., Baumbach, C., Kaczmarek-Majer, K., Buczyłowska, D., Gradys, G., Skotak, K., Degórska, A., Bratkowski, J., Wierzba-Łukaszyk, M., Mysak, Y., Sitnik-Warchulska, K., Lipowska, M., Izydorczyk, B., Grellier, J., Asanowicz, D., Markevych, I., & Szwed, M. (2023). Air pollution and attention in Polish schoolchildren with and without ADHD. Science of the Total Environment, 892, 164759. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164759

Cummings, B. E., & Waring, M. S. (2020). Potted plants do not improve indoor air quality: A review and analysis of reported VOC removal efficiencies. Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology, 30, 253-261. https://doi.org/10.1038/s41370-019-0175-9

Dębkowski, D., Gładyszewska-Fiedoruk, K., Krukowski, M., Kozioł, A., & Teleszewski, T. (2026). Air quality monitoring in secondary school classes in Warsaw - Measurements and correlation. Atmosphere, 17(8), 742. https://doi.org/10.3390/atmos17080742

Mainka, A., Brągoszewska, E., Kozielska, B., Pastuszka, J. S., & Zajusz-Zubek, E. (2015). Indoor air quality in urban nursery schools in Gliwice, Poland: Analysis of the case study. Atmospheric Pollution Research, 6(6), 1098-1104. https://doi.org/10.1016/j.apr.2015.06.007

Mainka, A., & Zajusz-Zubek, E. (2015). Indoor air quality in urban and rural preschools in Upper Silesia, Poland: Particulate matter and carbon dioxide. International Journal of Environmental Research and Public Health, 12(7), 7697-7711. https://doi.org/10.3390/ijerph120707697

Nowak-Dzieszko, K., & Müller, J. (2025). Indoor air quality in the primary school classroom in Poland, case study. Archives of Civil Engineering, 71(2), 51-65. https://doi.org/10.24425/ace.2025.154107

18.4. Źródła instytucjonalne i polskie wdrożenia

Główny Inspektorat Sanitarny. (2024, 14 października). Rok szkolny z Państwową Inspekcją Sanitarną. https://www.gov.pl/web/gis/rok-szkolny-z-panstwowa-inspekcja-sanitarna

Główny Inspektorat Sanitarny. (2026, 8 maja). Lepsza jakość powietrza w szkołach. Eksperci podsumowali dotychczasowe prace zespołu przy GIS. https://www.gov.pl/web/gis/lepsza-jakosc-powietrza-w-szkolach-eksperci-podsumowali-dotychczasowe-prace-zespolu-przy-gis

Główny Inspektorat Sanitarny. (b.d.). Informacje dotyczące pomiarów średniorocznego stężenia radonu. https://www.gov.pl/web/gis/informacje-dotyczace-pomiarow-sredniorocznego-stezenia-radonu

Naukowa i Akademicka Sieć Komputerowa - PIB. (2025). Edukacyjna Sieć Antysmogowa [prezentacja programu]. https://esa.nask.pl/media/2025/05/ESA_Edukacyjna_Siec_Antysmogowa.pdf

Naukowa i Akademicka Sieć Komputerowa - PIB. (b.d.). Mierniki i ekrany edukacyjne ESA w całej Polsce. https://esa.nask.pl/mierzymy-sie-ze-smogiem/wpis/mierniki-i-ekrany-edukacyjne-esa-w-calej-polsce

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. (2026). Poprawa efektywności energetycznej budynków edukacyjnych. https://www.gov.pl/web/nfosigw/poprawa-efektywnosci-energetycznej-budynkow-edukacyjnych

Ministerstwo Klimatu i Środowiska. (2026, 12 sierpnia). Kolejne 2 mld zł na zieloną transformację szkół i przedszkoli. https://www.gov.pl/web/klimat/kolejne-2-mld-zl-na-zielona-transformacje-szkol-i-przedszkoli

Urząd Miasta Krakowa. (2025, 17 czerwca). Projekt „Szkolne klimaty", czyli ekowiedza w praktyce. https://krakow.pl/aktualnosci/295984,202,komunikat,projekt__szkolne_klimaty___czyli_ekowiedza_w_praktyce.html

Interreg Europe. (2026, 1 września). School climates: measuring what we breathe, rethinking the classroom [good practice]. https://www.interregeurope.eu/good-practices/school-climates-measuring-what-we-breathe-rethinking-classroom

> ***Aktualizacja prawna*** *Dwie kwestie wymagają szczególnie częstej aktualizacji po dacie raportu: (1) wdrożenie dyrektywy 2024/2881 do polskiego prawa, której termin transpozycji przypada 11 grudnia 2026 r.; (2) nowe przepisy techniczno-budowlane zastępujące obecny reżim przejściowy. Standard organu prowadzącego powinien przewidywać przegląd co najmniej raz w roku i po każdej istotnej zmianie prawa.*