

MOŻLIWOŚĆ POPRAWY JAKOŚCI POWIETRZA W POLSKICH SZKOŁACH W WYNIKU MODERNIZACJI OPARTEJ NA ZASADACH ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

SOWA Jerzy¹

PANEK Aleksander²

^{1,2} *Instytut Ogrzewnictwa i Wentylacji, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska*

ABSTRACT

The paper describes part of the results of the Polish/Norwegian scientific cooperation within the project SUREBUILD, funded by the Norwegian Ministry of Foreign Affairs. The whole project is devoted to sustainable redevelopment of buildings in Poland, but special attention was paid to Polish schools constructed between 1958-1966 (the "Millenium" schools). Potential technologies for sustainable modernization of Polish schools were analyzed taking into consideration energetic, environmental, economic and other related criterions. Substantial part of the work was devoted to find the economically feasible technologies that might improve current unsatisfactory level of indoor air quality in Polish schools. The paper presents general recommendations for the modernization of ventilation systems in Polish schools as well as describes the technologies selected for school in Zgierz, the case study object of the project.

STRESZCZENIE

Artykuł przedstawia wybrane rezultaty z polsko-norweskiej współpracy naukowej w ramach projektu SUREBUILD finansowanego przez Ministerstwo Spraw Zagranicznych Królestwa Norwegii. Projekt jest poświęcony modernizacji budynków w Polsce opartej na zasadach rozwoju zrównoważonego, ale specjalna uwaga została poświęcona budynkom edukacyjnym wzniesionym w latach 1958-1966 (szkołom „tysiąclatom”). Technologie mogące służyć zrównoważonej modernizacji tych obiektów zostały przeanalizowane biorąc pod uwagę aspekty energetyczne, środowiskowe, ekonomiczne oraz inne powiązane czynniki. Znacząca część wysiłków została poświęcona zidentyfikowaniu ekonomicznie uzasadnionych technologii, które byłyby w stanie poprawić niezadowalający poziom jakości powietrza w polskich szkołach. Artykuł przedstawia generalne zalecenia dla modernizacji systemów wentylacji w polskich szkołach jak również opisuje rozwiązania wybrane dla szkoły w Zgierzu, obiektu doświadczalnego projektu.

1. JAKOŚĆ POWIETRZA WEWNĘTRZNEGO W POLSKICH SZKOŁACH

W ostatnich latach polskie szkolnictwo podlega licznym reformom. Zmianie uległ system kształcenia. Zmieniła się także struktura instytucji zarządzających szkołami. Dawne zadania Państwa przejęły samorządy lokalne. Pojawiło się także wiele szkół niepublicznych. Niestety stan techniczny wielu

szkół sprawia, że nauczanie odbywa się często w warunkach utrudniających zdobywanie wiedzy i odpowiednie wychowanie dzieci. Większość polskich szkół została wzniesiona w ciągu ostatnich 60 lat, przy czym szczególne wiele z nich zostało wzniesionych w latach 1958-1966 dla uczczenia tysiąclecia Państwa Polskiego.

Według kontroli stacji sanitarno epidemiologicznych przeprowadzonej w roku 2000 (przebadano 97,6% z ogólnej liczby 35 959 szkół) wykazano, że 7,2% szkół było w złym stanie technicznym, 5,4% szkół było zlokalizowanych w budynkach nie zaadaptowanych do funkcji edukacyjnych, stan higieniczny był nie do zaakceptowania w 1,6% szkół [4]. Bardziej szczegółowe informacje można znaleźć w raporcie opisującym kontrolę przeprowadzoną w losowo wybranych 266 gimnazjach na terenie całego kraju (ok. 5 % całkowitej liczby gimnazjów) [5]. Zaobserwowano duże różnice w zagęszczeniu klas. 5,3% z przebadanych klas może być uznane jako bardzo zatłoczone gdyż powierzchnia podłogi przypadająca na 1 ucznia była mniejsza od 1,4 m². Z większości klas (68,5%) powierzchnia ta zawierała się w zakresie 1,4–2,4 m². Wartość rekomendowaną przez Ministerstwo Edukacji 2,5 m² na ucznia zaobserwowano w 4,5% klas. W 21,7% klas powierzchnia podłogi przypadająca na 1 ucznia przekraczała 2,6 m². [5].

Nowoczesne szczelne okna były zamontowane w 37,2 % klas podczas gdy 13,5 % klas miało tradycyjne okna drewniane bez żadnych wywietrzników. Zgodnie z warunkami technicznymi dla budynków [7] każda klasa wentylowana w sposób naturalny powinna posiadać kanał grawitacyjny. W 11, 3% przebadanych klas nie stwierdzono żadnych kanałów grawitacyjnych. W 3 % istniejące kanały nie były drożne. Na szczęście zdecydowana większość klas (84,6%) była regularnie wietrzona w trakcie przerw pomiędzy lekcjami. W 14,3% klas okna były otwierane okazjonalnie, a w 1,1 % nie były otwierane wcale.

Niestety jest niewiele danych pomiarowych na temat jakości powietrza w polskich szkołach. Jednym z największych wydaje się być badanie przeprowadzone w 28 klasach w Warszawie [8], [9]. Zdecydowana większość sal lekcyjnych charakteryzowała się krotnością wymiany powietrza poniżej 1 h⁻¹ (zakres od 0,325 h⁻¹ do 3,18 h⁻¹). Zakładając, że w poszczególnych salach odbywałyby się zajęcia przy wszystkich miejscach zajętych, to w warunkach pomiaru strumień powietrza przypadający na 1 osobę wynosiłby od 1,2 do 9,6 m³/(h·os), a jedynie w jednym przypadku zdecydowanie odbiegającym od reszty wynosiłby 21,5 m³/(h·os). Nieefektywna wentylacja powodowała podwyższone stężenia CO₂ w trakcie zajęć (aż do 4200 ppm) [8].

W analizowanych klasach zaobserwowano także podwyższone stężenia zanieczyszczeń powietrza (stężenia formaldehydu do 70 µg/m³ oraz całkowite stężenia lotnych związków organicznych - TVOC do 1800 µg/m³). Biorąc jednak pod uwagę bardzo niskie strumienie powietrza wentylacyjnego uznano, że emisja zanieczyszczeń powietrza z materiałów budowlanych nie była pierwszoplanowym problemem [9]. Problemy takie mogą się jednak pojawiać bezpośrednio po modernizacji w przypadkach, gdy korzysta się z innych niż niskoemisyjne materiały budowlane.

Modernizacja budynków szkolnych w Polsce napotyka jednak na szereg ograniczeń. Brak jest środków na działania kompleksowe, a działania fragmentaryczne nie mogą rozwiązać problemu. Z prawnego punktu widzenia modernizacja, która zmienia ważne parametry budynku jest traktowana podobnie do konstrukcji nowego budynku i wymaga pozwolenia na budowę. W takim przypadku budynek modernizowany musi spełniać wszystkie wymagania dla nowo wznoszonych budynków zawarte w warunkach technicznych dla budynków [7].

2. MODERNIZACJA SZKÓŁ W POLSCE Z UWZGLĘDNIENIEM ZASAD ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

2.1 Projekt SUREBUILD

W roku 2002 Politechnika Warszawska oraz Norweski Uniwersytet Techniczny z Trondheim rozpoczęły współpracę w ramach programu SUREBUILD ufundowanego przez Ministerstwo Spraw Zagranicznych Królestwa Norwegii. Projekt jest poświęcony naukowym podstawom modernizacji budynków w Polsce opartej na zasadach rozwoju zrównoważonego, ale specjalna uwaga została poświęcona budynkom edukacyjnym (szczególnie szkołom „tysiąclatom”). Analizowane w projekcie technologie i rozwiązania techniczne zostały przyporządkowane do następujących kategorii:

- technologie służące efektywnemu ogrzewaniu budynku i przygotowaniu ciepłej wody użytkowej,
- technologie służące efektywnemu chłodzeniu,
- technologie służące efektywnej wentylacji,
- technologie służące efektywnemu wykorzystaniu światła dziennego,
- technologie służące efektywnemu wykorzystaniu oświetlenia sztucznego,
- inne technologie wpływające na zrównoważony charakter budynku.

Analizy nie ograniczały się tylko do rozważań technicznych gdyż wiele z analizowanych technologii nigdy wcześniej nie było stosowanych w Polsce a system polskiego prawa budowlanego jest mieszaniną ogólnikowych wymagań dotyczących cech użytkowych budynku oraz licznych wymagań nakazowych [7]. Niestety nacisk położony na wymagania nakazowe powoduje, że na polski rynek trudno jest wprowadzać rozwiązania innowacyjne. W niektórych krajach rozwiązania, które nie spełniają wymagań nakazowych mogą być stosowane o ile inwestor udowodni w wiarygodny sposób (np. ocena niezależnej placówki naukowej), że spełniają one wymagania podstawowe Dyrektywy (89/106/EEC) [3].

2.2 Analiza technologii służących efektywnej wentylacji pomieszczeń

Jak już wcześniej wspomniano zdecydowana większość polskich szkół jest wentylowana w sposób naturalny. Niestety ten sposób wentylacji, jakkolwiek uznawany na świecie jako spełniający wymagania rozwoju zrównoważonego, nie spełnia oczekiwań użytkowników oraz wymagań prawnych dotyczących wymaganej intensywności wentylacji.

W projekcie SUREBUILD postawiono sobie za cel, że technologie służące efektywnej wentylacji pomieszczeń rekomendowane do zrównoważonej modernizacji szkół będą musiały pokonać tę niespójność. Jako zasadę przyjęto także, iż wymagania dotyczące zdrowia, higieny i ochrony środowiska są nadrzędne w stosunku do wymagań dotyczących oszczędności energii [3]. Z tego też powodu analizowano także technologie poprawiające jakość powietrza w pomieszczeniach, które nie zmniejszają zużycia energii lub wręcz je zwiększają. Przeanalizowano następujące koncepcje:

- zastosowanie materiałów budowlanych o niskiej emisji zanieczyszczeń gazowych oraz pyłów,
- rozcieńczanie zanieczyszczeń poprzez zwiększoną wentylację,

- zastosowanie wentylacji hybrydowej (wspomaganej wentylacji naturalnej),
- zastosowanie wentylacji mechanicznej o małych oporach przepływu,
- zastosowanie wentylacji o intensywności dostosowywanej do zmiennych potrzeb, DCV,
- zastosowanie odzyskiwania ciepła z powietrza usuwanego,
- zastosowanie wymienników ciepła grunt-powietrze,
- zastosowanie zdecentralizowanych systemów wentylacji mechanicznej,
- zastosowanie zdecentralizowanych systemów automatycznej regulacji,
- zastosowanie waporowego rozdziału powietrza,
- zastosowanie efektywnej filtracji cząstek stałych,
- zastosowanie filtrów z węglem aktywnym w celu adsorpcji zanieczyszczeń gazowych.

Dla każdej z analizowanych technologii zdefiniowano reprezentatywne wskaźniki, a następnie scharakteryzowano jakie wartości osiągają one w istniejących szkołach, jakie są wymagania dla budynków nowych i gruntownie modernizowanych oraz jakie są ich wartości dla najlepszych rozwiązań osiągalnych na rynku [1]. Dla każdej z technologii przeprowadzono także uproszczoną analizę SWOT (tabela 1 gdzie: S - mocne strony, W – słabe strony, O-szanse, T – zagrożenia).

Przeprowadzone analizy wykazały, że nieefektywna wentylacja naturalna powinna być zastąpiona przez systemy zdolne do działania niezależnie od warunków pogodowych (systemy wentylacji hybrydowej lub mechanicznej). Wprowadzenie wymuszonego przepływu powietrza musi jednak uwzględniać zwiększone zużycie energii elektrycznej spowodowane pracą wentylatorów i pomp. Wprowadzenie tych systemów umożliwia jednak zmniejszenie zużycia ciepła i chłodu na cele wentylacji dzięki odzyskowi ciepła z powietrza usuwanego oraz stosowanie wymienników gruntowych. Ponieważ wymagania wentylacyjne uzależnione są od liczby osób przebywających w pomieszczeniu, a szkoły są użytkowane przeciętnie 1400-1600 godzin w roku, duży dodatkowy potencjał dla oszczędzania energii stwarza wentylacja sterowana w zależności od potrzeb. Jednocześnie rozwiązania te wymagają efektywnego i możliwie zdecentralizowanego systemu automatycznej regulacji.

TABELA 1. Uproszczona analiza SWOT dla rozważanych technologii.

TABLE 1. Simplified SWOT analysis of considered technologies.

Materiały budowlane o niskiej emisji lotnych związków organicznych oraz pyłów	S	Ograniczona emisja zanieczyszczeń, zmniejszone stężenia zanieczyszczeń powietrza w pomieszczeniach, zmniejszone zapotrzebowanie na wentylację
	W	Zwiększony koszt materiałów budowlanych i wykończeniowych
	O	Polepszona jakość powietrza w pomieszczeniach, ograniczone zagrożenia dla zdrowia użytkowników, poprawa wyników nauczania
	T	-
Rozcieńczanie zanieczyszczeń poprzez zwiększoną wentylację	S	Zmniejszone stężenia zanieczyszczeń powietrza w pomieszczeniach
	W	Zwiększone zużycie ciepła, chłodu i energii elektrycznej
	O	Polepszona jakość powietrza w pomieszczeniach, ograniczone zagrożenia dla zdrowia użytkowników, poprawa wyników nauczania
	T	W przypadku intensywnej wentylacji możliwe jest wystąpienie wrażenia przeciągu w pobliżu nawiewników
Wentylacja hybrydowa (wspomagana wentylacja naturalna)	S	Zapewnienie wymaganej intensywności wentylacji niezależnie od warunków pogodowych, korzystanie z sił naturalnych (różnica temperatury powietrza, wiatr), niskie zużycie energii elektrycznej
	W	Układ architektoniczno konstrukcyjny typowych szkół tysiąclatek, pozwala na zastosowanie jedynie wybranych typów wentylacji hybrydowej, wymagany jest efektywnie działający system automatycznej regulacji
	O	Poprawa jakości powietrza przy umiarkowanych kosztach Promocja nowego rozwiązania na polskim rynku
	T	Brak doświadczeń dotyczących projektowania i eksploatacji takich systemów, polskie standardy wentylacyjne nie rozróżniają takich systemów, niektóre warianty mogą być sprzeczne z wymaganiami szczegółowymi polskiego prawa budowlanego
Wentylacja mechaniczna o małych oporach przepływu	S	Niskie zużycie energii elektrycznej do transportu powietrza, niski poziom hałasu
	W	Zwiększone przekroje przewodów wentylacyjnych, zwiększone koszty inwestycyjne
	O	Zmniejszenie kosztów energii elektrycznej
	T	Większy wpływ warunków pogodowych na intensywność wentylacji,
Wentylacja o intensywności regulowanej w zależności od zmiennych potrzeb (DCV)	S	System dostosowujący się do zmieniających się potrzeb, na rynku dostępne są różne rodzaje czujników i regulatorów
	W	Bardziej skomplikowany układ automatycznej regulacji
	O	Zmniejszenie kosztów energii elektrycznej
	T	System nie dostrzegany przez polskie standardy i regulacje prawne, niektóre warianty mogą być sprzeczne z wymaganiami szczegółowymi polskiego prawa budowlanego, zwiększone stężenia zanieczyszczeń w porównaniu z systemem ze stałym strumieniem powietrza
Odzyskiwanie ciepła (chłodu) z powietrza usuwanego	S	System dobrze znany i dostępny w wielu opcjach
	W	Zwiększone opory przepływu powietrza wymuszające stosowanie wymuszonego przepływu powietrza
	O	Ograniczenie rocznego zużycia ciepła (chłodu)
	T	Niektóre typy wymienników stwarzają zagrożenie przedostawania się zanieczyszczeń z powietrza usuwanego do nawiewanego

TABELA 1. c.d. Uproszczona analiza SWOT dla rozważanych technologii.
 TABLE 1. contd. Simplified SWOT analysis of considered technologies.

Wymienniki ciepła grunt-powietrze	S	Wykorzystanie źródła energii odnawialnej, możliwe także chłodzenie powietrza, mogą pełnić rolę zabezpieczenia przeciwszronowego przed wymiennikami do odzysku ciepła
	W	Wymagany scentralizowany system wentylacji i dodatkowa obsługa, wokół szkoły musi być dostępny odpowiedni teren
	O	Ogranicza wpływ ekstremalnych warunków pogodowych na działania systemu wentylacji
	T	Ryzyko biozanieczyszczenia powietrza
Zdecentralizowane systemy wentylacji mechanicznej	S	Urządzenia wentylacyjne mogą być uruchamiane tylko w tych pomieszczeniach, w których ich działanie jest niezbędne
	W	Zwiększone koszty inwestycyjne i eksploatacyjne
	O	Modernizacja może być przeprowadzana w kilku etapach
	T	Urządzenia zlokalizowane w klasach mogą powodować problemy z hałasem, możliwa dewastacja urządzeń przez uczniów
Zdecentralizowane systemy automatycznej regulacji	S	System umożliwia utrzymywanie różnych warunków w różnych klasach, użytkownicy mogą mieć wpływ na parametry środowiska
	W	Zwiększony koszt systemu automatycznej regulacji
	O	Zwiększone zadowolenie uczniów
	T	Nadmiernie skomplikowany układ regulacji może prowadzić do niewłaściwego użytkowania systemu wentylacji
Wyporowy rozdział powietrza	S	Powietrze dostarczane bezpośrednio do strefy przebywania ludzi
	W	Nawiewniki zajmują więcej miejsca
	O	W porównaniu z konwencjonalnym systemem wentylacji zapewnia lepszą jakość powietrza przy tej samej intensywności wentylacji
	T	Możliwe wrażenie przeciągu w sąsiedztwie nawiewników powietrza, możliwa dewastacja nawiewników przez uczniów
Efektywna filtracja cząstek stałych	S	Zmniejszone stężenia pyłowych zanieczyszczeń powietrza
	W	Zwiększone zużycie energii elektrycznej
	O	Ograniczone ryzyko alergii, ograniczone zagrożenia zdrowotne
	T	Możliwość wystąpienia w klasach nieprzyjemnych zapachów
Adsorpcja gazowych zanieczyszczeń powietrza	S	Zmniejszone stężenia gazowych zanieczyszczeń powietrza
	W	Wysokie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne
	O	Podniesiony poziom jakości powietrza
	T	-

3. MODERNIZACJA WENTYLACJI W SZKOLE PODSTAWOWEJ NR 1 W ZGIERZU

Jako obiekt demonstracyjny w projekcie SUREBUILD wybrano szkołę podstawową nr 1 w Zgierzu. Obecnie jest ona wyposażona w nieefektywnie działający system wentylacji naturalnej. Powietrze napływa do klas poprzez nieszczelne okna gdzie ogrzewane jest przez system centralnego ogrzewania. W założeniu powietrze zużyte przepływa z klas szkolnych do korytarza poprzez kratki wyrównawcze. W celu odprowadzenia powietrza z korytarza przewidziano kanałów wentylacyjne zlokalizowane w korytarzu. Jednakże na skutek hałasu przenikającego pomiędzy pomieszczeniami oraz z chęci zaoszczędzenia

energii przekroje kratki wyrównawczych oraz kratki wlotowych do kanałów są silnie przesłonięte. Wpływa to oczywiście na ograniczenie wymiany powietrza w klasach.



Fot. 1. Szkoła podstawowa nr 1 w Zgierzu wybrana jako obiekt do analiz szczegółowych w projekcie SUREBUILD: dziedziniec wewnętrzny oraz typowa klasa.

Pic. 1. Primary school no 1 in Zgierz selected as a case study object for the SUREBUILD project: inner yard and typical classroom.

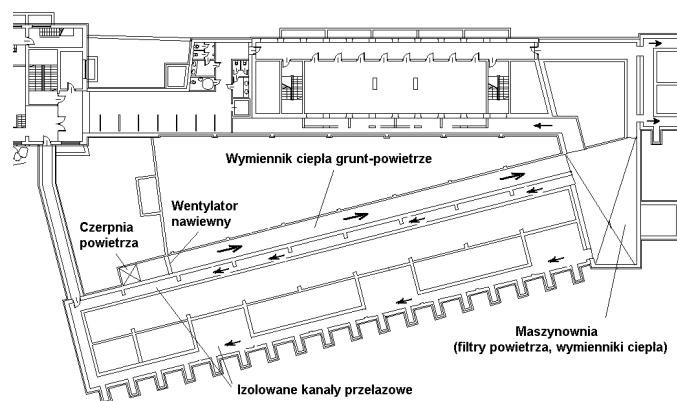
Biorąc pod uwagę analizę różnych technologii, które mogą wpływać na poprawę jakości powietrza w pomieszczeniach [1] oraz norweskie doświadczenia związane ze stosowaniem systemów wentylacji hybrydowej w budynkach szkolnych [10] zdecydowano się na następujące rozwiązania:

- zastosowanie materiałów budowlanych i wykończeniowych charakteryzujących się niską emisją lotnych związków organicznych i cząstek pyłowych,
- zwiększenie intensywności wentylacji do ok. 40 m³/h ucznia (wymagany strumień wg [6] wynosi 20 m³/h ucznia), w istniejących klasach należy się liczyć, że wartości są zbliżone do wyników badania szkół w Warszawie ok. 2-3 m³/h ucznia),
- zastosowanie energooszczędnego systemu wentylacji hybrydowej zintegrowanego z bryłą budynku oraz systemem ogrzewania.

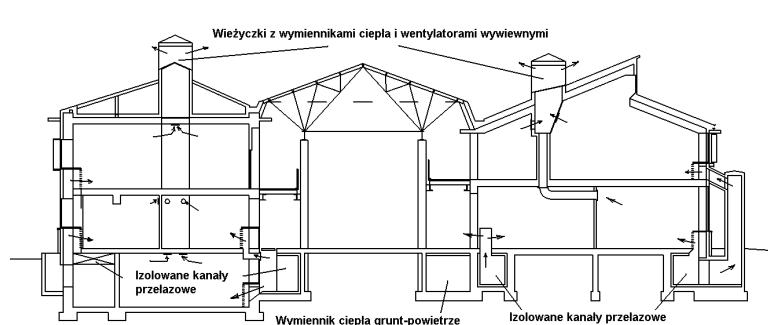
Zgodnie z koncepcją architektoniczną modernizacji [2], szkoła w Zgierzu dość mocno zmieniła swój kształt. Nad obecnym dziedzińcem wewnętrznym przewidziano atrium. System wentylacji naturalnej zastąpiono przez system wentylacji hybrydowej. Czerpnię powietrza zlokalizowano na jednej ze ścian budynku od strony północnej. Powietrze następnie przepływa przez kanał zlokalizowany pod atrium, w którym w okresie zimowym się ogrzewa, a w okresie letnim ochładza. W celu intensyfikacji wymiany powietrza na wlocie do kanału przewidziano wentylator osiowy. Powietrze będzie uzdatniane w maszynowni zlokalizowanej w centralnej części zespołu budynków. Uzdatnione powietrze będzie rozprowadzane przez system przełączanych kanałów zlokalizowanych w piwnicy oraz system przewodów doprowadzających powietrze do poszczególnych pomieszczeń.

W celu zwiększenia efektywności wentylacji zdecydowano się na wyporowy rozdział powietrza w klasach. Poszczególne klasy będą wyposażone w czujniki optyczne lub czujniki CO₂, za pomocą których będzie sterowana intensywność wentylacji. Powietrze zużyte będzie przepływało przez kratki wyrównawcze do przestrzeni atrium. Specjalne

wieżyczki połączone z atrium wyposażone w wentylator wywiewny będą służyły do zwiększenia wymaganego ciśnienia czynnego. W górnej części wieżyczek zostaną zainstalowane także wymienniki do odzysku ciepła z powietrza usuwanego.



Rys.1. Rzut fundamentów i piwnic szkoły podstawowej w Zgierzu po modernizacji z zaznaczeniem elementów wchodzących w skład systemu wentylacji hybrydowej (opcja)[2].
 Fig.1. Plan of foundations and basement of primary school in Zgierz after modernization with basic elements of hybrid ventilation marked (option) [2].



Rys.2. Przekrój przez dwa budynki szkolne połączone atrium (obecnie wewnętrzny dziedziniec) z zaznaczeniem głównych elementów wentylacji hybrydowej (opcja)[2].
 Fig.2. Cross-section through two school buildings connected by atrium (currently inner yard) with basic elements of hybrid ventilation marked (option) [2].

W celu optymalizacji zaprojektowanego systemu wykonana zostanie symulacja komputerowa wykorzystująca program ESP-r. Z powodu dużego skomplikowania bryły budynku model zostanie podzielony na trzy submodele odwzorowujące trzy główne budynki szkoły. Dla każdego z tych submodeli będą przeprowadzone dwa rodzaje symulacji komputerowych: pierwsza w celu przeanalizowania parametrów środowiska wewnętrznego w reprezentatywnej klasie, a druga w celu analizy energetycznej całego budynku. Symulacja będzie oparta na następujących założeniach:

- obliczeniowa temperatura powietrza (temperatura operacyjna) dla ogrzewania, 20 °C
- zakres wahań temperatury (godzinowe obliczenia energii na cele ogrzewania), 20-24 °C
- obliczeniowe wartości temperatury operacyjnej (przy założeniu, że powietrze nie jest mechanicznie chłodzone):
 - górna granica (sezon letni): $Ti_{max} = 17,8 + 3,5 + (0,31 T_o)$
 - dolna granica (sezon letni): $Ti_{min} = 17,8 - 3,5 + (0,31 T_o)$
 gdzie
 Ti – akceptowalna temperatura powietrza zewnętrznego,
 T_o – średnia miesięczna temperatura powietrza zewnętrznego, °C
- zakres wahań temperatury (godzinowe obliczenia energii na cele chłodzenia), 23-26 °C
- intensywność wentylacji:
 - intensywność wentylacji wynikająca z obecności ludzi 3,5 l/(s m²) tj 12,6 m³/(h m²),
 - dodatkowa intensywność wentylacji wynikająca z obecności materiałów wykończeniowych (założono materiały niskoemisyjne) 0,7 l/(s m²) tj 2,52 m³/(h m²),
 - całkowita intensywność wentylacji 4,2 l/(s m²) co odpowiada 37,8 m³/(h osobę) zakładając zagęszczenie 2,5 m²/osobę
- maksymalne stężenie CO₂ (ponad tło zewnętrzne) - 500 ppm dla systemu wentylacji sterowanej poziomem wymagań.

4. PODSUMOWANIE

Kompleksowa modernizacja oparta na zasadach rozwoju zrównoważonego jest w stanie zapewnić wysoki poziom jakości powietrza polskich szkółach przy jednoczesnym racjonalnym zużyciu energii. Zmodernizowanie szkoły podstawowej nr 1 w Zgierzu zgodnie zaleceniami opracowanymi w ramach projektu SUREBUILD oprócz stworzenia niezmiernie ciekawego obiektu demonstracyjnego pozwoliłoby na zgromadzenie danych umożliwiających weryfikowanie przeprowadzonych analiz i symulacji oraz poprawę wiarygodności metod poszukiwania rozwiązań optymalnych.

5. LITERATURA

1. ANDRESEN I., ASCHEHOUG Ø., MATUSIAK B., NESJE A., PANEK A., PRACKI P., RYNSKA E.D., SOWA J., Sustainable Rehabilitation of School Buildings in Poland, A State-Of-The-Art. WUT, NTNU, SINTEF, Warsaw/Trondheim, Poland/Norway, 2004.
2. BUDZYŃSKI, M, BADOWSKI Z, Zrównoważona modernizacja szkoły podstawowej w Zgierzu, Koncepcja, Marek Budzyński – Architekt Sp z o.o., Warszawa, 2004.
3. Dyrektywa Rady Wspólnot Europejskich w sprawie zbliżenia ustaw i aktów wykonawczych Państw Członkowskich dotyczących wyrobów budowlanych (89/106/EEC) wraz z Dokumentami Interpretacyjnymi, ITB, Warszawa, 1994-96.

4. IGNAR-GOLINOWSKA, B. Środowisko fizyczne szkoły, w Medycyna Szkolna: Główne Problemy i Kierunki Rozwiązań Systemowych red. Szymborski J., Materiały I Kongresu Demograficznego w Polsce, Warszawa 21.03.2002r, str. 33–46, 2002.
5. IGNAR-GOLINOWSKA, B., GAJEWSKA, M., Warunki nauczania w gimnazjach miejskich i wiejskich w pierwszym roku reformy systemu edukacji. Roczniki Państwowego Zakładu Higieny, nr1/2002, str. 89–109, 2002.
6. PN-B-03430:1983/Az3:2000 "Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej - Wymagania", 2000.
7. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz. U. Nr 75, poz. 690, z późniejszymi zmianami, 2002/2004.
8. SOWA, J. Air quality and ventilation rates in schools in Poland—requirements vs. reality. Air Infiltration Review 22 (2), 9–12, 2001.
9. SOWA, J. Air quality and ventilation rates in schools in Poland—requirements, reality and possible improvements. Proceedings of the 9th Conference on Indoor Air quality and Climate - Indoor Air 2002, Monterey, USA, Vol. III, pp. 68–73, 2002.
10. WACHENFELDT, B.J., Natural Ventilation in Buildings, Detailed Prediction of Energy Performance, PhD thesis, NTNU, Trondheim, 2003.



Dr inż. Jerzy Sowa

Adiunkt w Instytucie Ogrzewnictwa i Wentylacji
na wydziale Inżynierii Środowiska
Politechniki Warszawskiej
e-mail: Jerzy.Sowa@is.pw.edu.pl

Tematyka zainteresowań zawodowych:

- jakość powietrza wewnątrz,
- wentylacja i klimatyzacja,
- racjonalne wykorzystanie energii.



Dr inż. Aleksander Panek

Adiunkt w Instytucie Ogrzewnictwa i Wentylacji
na wydziale Inżynierii Środowiska
Politechniki Warszawskiej
e-mail: apanek@nape.pl

Tematyka zainteresowań zawodowych:

- racjonalne wykorzystanie energii,
- audyt energetyczny i środowiskowy,
- budownictwo zrównoważone.