

RAPORT
Z BADAŃ
ANKIETOWYCH

AKUSTYKA W SZKOŁACH



UNIWERSYTET ŚLĄSKI
W KATOWICACH

Ecophon
SAINT-GOBAIN

Autorzy



dr hab. **Irena Polewczyk**, prof. UŚ

Dyrektor Instytutu Pedagogiki
Wydział Nauk Społecznych
Uniwersytet Śląski w Katowicach
<https://us.edu.pl/>



mgr inż. arch **Mikołaj Jarosz**

Ecophon,
ul. Cybernetyki 9, 02-677 Warszawa,
mikolaj.jarosz@saint-gobain.com

Spis treści

1. Streszczenie	4
2. Wstęp	5
3. Przegląd badań	7
4. Budynek szkoły	9
5. Adaptacja akustyczna	11
5.1. Klasy lekcyjne	12
5.2. Sale świetlicowe	14
5.3. Korytarze i hole	15
5.4. Stołówka	18
5.5. Hala sportowa	20
6. Opinie użytkowników i badania ankietowe	22
7. Metodologia badań ankietowych	23
8. Odpowiedzi nauczycieli	25
8.1. Pytania ogólne	26
8.2. Pytania szczegółowe: zajęcia w sali lekcyjnej	27
8.3. Pytania szczegółowe: oceny okresowe	32
8.4. Pytania szczegółowe: przerwy na korytarzu	33
8.5. Pytania szczegółowe: zajęcia w sali sportowej	36
8.6. Pytania szczegółowe: samopoczucie	40
9. Odpowiedzi uczniów	43
9.1. Pytania ogólne	44
9.2. Pytania szczegółowe: zajęcia w sali lekcyjnej	44
9.3. Pytania szczegółowe: oceny okresowe	48
9.4. Pytania szczegółowe: przerwy na korytarzu	49
9.5. Pytania szczegółowe: zajęcia w sali sportowej	51
9.6. Pytania szczegółowe: samopoczucie	53
10. Podsumowanie	55
11. Terminy akustyczne	56
12. Przepisy	60
13. Literatura	64





1. Streszczenie

Badanie dotyczy zmian w funkcjonowaniu uczniów i nauczycieli w dużej szkole podstawowej poddanej modernizacji akustycznej.

Budynek szkoły podstawowej, w której odbyły się badania jest jednym z największych w Polsce. Duża liczba uczniów (1200) oraz niewłaściwe wykończenie pomieszczeń szkoły powodowały, że warunki akustyczne panujące w budynku były bardzo uciążliwe zarówno dla uczniów jak i nauczycieli. Pomiary akustyczne pokazały, że pomieszczenia w których przebywają uczniowie są bardzo głośne i pogłosowe. W wielu przypadkach pomierzone wartości czasu pogłosu były 3-4 razy wyższe od maksymalnych wartości określonych w obowiązującej normie PN-B-02151-4:2015-06. Również zrozumiałość mowy, wyrażona wskaźnikiem transmisji mowy STI była bardzo słaba, w skrajnym wypadku równa 0,31.

Wszystko to sprawiło, że budynek szkoły – jako pierwszy w kraju – został poddany całościowej modernizacji akustycznej i stał się pierwszym budynkiem szkolnym w Polsce spełniającym wymagania akustyczne normy PN-B-02151-4:2015-06. Tym samym stał się też poligonem doświadczalnym pozwalającym ocenić wpływ poprawy akustyki wewnątrz na efektywność pracy, samopoczucie i zdrowie uczniów oraz nauczycieli.

W badaniach opinii uczniów i nauczycieli wykorzystano autorską skalę pomiaru przygotowaną na potrzeby tego badania: Skalę Obserwowanych Zmian Akustycznych dla nauczycieli i uczniów – SOZA-N i SOZA-U. W badaniu wzięło udział 378 uczniów i 44 nauczycieli.

2. Wstęp

Ukształtowanie budynku szkoły, jego otoczenia i pomieszczeń, decyduje o jego funkcjonalności, o tym, czy będzie ułatwiało, czy też może utrudniało proces nauczania. Decyduje ono także o akceptacji użytkowników. Jeżeli budynek szkoły będzie lubiany przez uczniów, jeśli będą oni mogli w nim znaleźć przestrzeń, w której czują się dobrze i bezpiecznie, to wpłynie to pozytywnie na ich nastawienie do szkoły jako instytucji, nastawienie do rówieśników i nauczycieli, i w końcu do samej nauki. W konsekwencji również na ich osiągnięcia szkolne.

Zarówno na funkcjonalność pomieszczeń szkolnych, jak i na samopoczucie ich użytkowników duży wpływ ma akustyka wnętrz. W tym obszarze źródłem największej dokuczliwości w szkołach jest hałas. Nie chodzi tu o hałas przenikający do pomieszczeń z zewnątrz (np. hałas komunikacyjny) lecz ten, który jest związany z aktywnością uczniów. Hałas jest szczególnie wysoki w czasie rekreacji, zajęć ruchowych czy też pracy w grupach. Natomiast w trakcie zajęć polegających na komunikacji werbalnej, czy to w klasach lekcyjnych, czy w salach sportowych, bardzo często występują problemy z niedostateczną zrozumiałością mowy. Oba zarysowane powyżej problemy mają swoje przyczyny w sposobie wykończenia i wyposażenia pomieszczeń. Twarde gładkie powierzchnie łatwo odbijają fale dźwiękowe i dlatego tak wykończone wnętrza silnie wzmacniają wytworzone w nich dźwięki. Podobnie ma się sprawa z pochłosem pogarszającym zrozumiałość mowy: im większe jest pomieszczenie, im twardsze jego wykończenie i im mniej meblowania tym pogłósł jest silniejszy.

W Polsce funkcjonuje ponad 22 tysiące szkół podstawowych i średnich. Zdecydowana większość pomieszczeń w budynkach, w których funkcjonują te instytucje, pozbawiona jest jakichkolwiek rozwiązań służących kształtowaniu akustyki wnętrz. W przypadku tych nielicznych obiektów, przy których projektowaniu i wznoszeniu pomyślano jednak o akustyce wnętrz, projektem akustycznym objęto zazwyczaj tylko wybrane pomieszczenia. Bardzo nieliczne obiekty w Polsce doczekały się kompleksowego rozwiązania problemu. Przyczyną tego stanu rzeczy jest dosyć niska świadomość znaczenia akustyki pomieszczeń szkolnych dla samopoczucia, efektywności, a czasami nawet zdrowia ich użytkowników. Świadomość ta jest niska zarówno wśród projektantów budynków szkolnych jak i urzędników odpowiedzialnych za rozwój i utrzymanie bazy szkolnej. Wynika to z braków w programach studiów na wydziałach architektury, a także, a może przede wszystkim z braku odpowiednich przepisów. Ta niekorzystna sytuacja zaczęła się zmieniać za sprawą opublikowanej w 2015 normy PN-B-02151-4:2015-06 „Akustyka budowlana. Ochrona przed



hałasem w budynkach. Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań” (patrz: p 12.2), która jest pierwszą Polską Normą definiującą wymagania w stosunku do akustyki pomieszczeń budynków użyteczności publicznej (wymienia ona aż 19 typów pomieszczeń, które pojawiają się w budynkach szkolnych).

W roku 2018 miały miejsce dwa ważne zdarzenia, mające wpływ na poprawę warunków akustycznych w polskich szkołach.

W styczniu 2018 roku weszła w życie nowelizacja rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (patrz: p. 12.1). W treści znowelizowanego rozporządzenia znalazło się powołanie normy PN-B-02151-4:2015-06, która tym samym stała się obowiązkowa przy wznoszeniu nowych budynków, a także rozbudowie, przebudowie i modernizacji istniejących. Każda nowobudowana szkoła w Polsce powinna mieć już dobrą akustykę „w standardzie”.

W lutym 2018 roku zaczęły się prace przy modernizacji akustycznej Szkoły Podstawowej Nr 340 w Warszawie. Był to pierwszy przypadek całościowej modernizacji akustycznej istniejącego budynku szkolnego w Polsce. W trakcie prac dostosowano do wymagań normy pogłosowej PN-B-02151-4:2015-06 zdecydowaną większość pomieszczeń szkoły. Budynek SP 340 był przed modernizacją akustyczną zupełnie typowym przedstawicielem swojego typu, z przypadkową, a więc słabą akustyką. Z kolei po modernizacji stał się pierwszym gmachem szkolnym w Polsce, który spełniał wymagania normy pogłosowej. Na jego przykładzie możemy zobaczyć jak zmieniłyby się polska edukacja, gdyby akustyka budynków szkolnych nie była „przypadkowa” tylko „normowa”.





3. Przegląd badań

Na uciążliwość hałasu w polskich szkołach już w latach 90-tych zwracali uwagę Koszerny i Jankowska (1995). Także pomiary prowadzone w warszawskich szkołach podstawowych przez Augustyńską i wsp. (2010) wskazywały na wysokie poziomy dźwięku w szkolnych korytarzach, stołówkach, salach sportowych, a także w świetlicach i klasach lekcyjnych. W trakcie tych samych badań przeprowadzono ankietę wśród nauczycieli, w której jednoznacznie wskazywali oni na hałas, jako najpowszechniejszą fizyczną uciążliwość z jaką się spotykają na swoim stanowisku pracy. Pomiary wykonane przez Mikulskiego i Radosza (2011) wykazały natomiast nadmierną pogłosowość klas lekcyjnych w tych szkołach oraz słabe wartości STI. Kotus i wsp. (2010) analizował wpływ adaptacji akustycznych na poziom hałasu w szkolnych korytarzach dwóch warszawskich szkół podstawowych. Wróblewska i Leo (2012) analizowali wpływ adaptacji akustycznej klasy lekcyjnej na zrozumiałość mowy mierzoną metodami obiektywnymi i subiektywnymi. Wyniki wskazywały na bardzo słabą zrozumiałość mowy w standardowo wykończonym pomieszczeniu.

Wśród opracowań zagranicznych można znaleźć dużo prac przynoszących wyniki pomiarów poziomu dźwięku mierzonego w klasach lekcyjnych w czasie prowadzonych zajęć, a także wyniki pomiarów czasu pogłosu i STI w tych pomieszczeniach: Shield i Dockrell (2004), Wallinder i wsp. (2007), Sato i Bradley (2008), Astolfi i Pellerey (2008), Ana i wsp. (2009), Zannin i Zvirtes (2007), Waye i wsp. (2010), Golmohammadi i wsp. (2010), Bottalico i Astolfi (2012), Ali (2013), Sarantopolous i wsp. (2014), Lyberg Ahlander i wsp. (2014), Durup i wsp. (2015), Whiting i wsp. (2015), Shield i wsp. (2015), Choi (2016, 2018), Silva i wsp. (2016), Sala i Rantala (2016), Cutiva i wsp. (2017), Dongre i wsp. (2017), Peng i wsp. (2018), Shield i Carey (2007), Zannin i Loro (2007), Klatte i wsp. (2010), Escobar i Morillas (2015), John i wsp. (2016), Moodley (1989), Hay (1995), Mackenzie (2000), Lundquist i wsp. (2000). Pomierzone wartości czasu pogłosu znacznie się między sobą różnią, co jest oczywiste biorąc pod uwagę różnice pomiędzy badanymi salami lekcyjnymi (kubatura, wykończenie, umeblowanie i wyposażenie). Niemniej jednak można z nich wysnuć ogólny wniosek, że bez zastosowania dodatkowych rozwiązań dźwiękochłonnych na sufitach i ścianach

trudno osiągnąć warunki pogłosowe odpowiadające wymaganiom normowym obowiązującym w poszczególnych krajach. Również poziomy dźwięku mierzone w czasie zajęć w klasach lekcyjnych były bardzo zróżnicowane, co oczywiście odpowiada różnym formom zajęć. Istotne jest to, że praktycznie każde z badań wykazywało w pewnych sytuacjach poziomy LAeq > 70 dB, a kilka z nich znacznie wyższe (LAeq > 80 dB). Oznacza to, że klasy lekcyjne przy pewnych formach zajęć mogą być równie głośne jak stołówki czy korytarze.

Nieco mniej jest prac podających wyniki podobnych pomiarów prowadzonych w innych niż klasy lekcyjne pomieszczeniach szkolnych: Shield i Dockrell (2004), Golmohammadi i wsp. (2010), Pellegrin-Garcia i wsp. (2012), Bulunuz i wsp. (2014), Sarantopolous i wsp. (2014), Escobar i Morillas (2015), Shield i wsp. (2015), Pinho i wsp. (2018). Wynika z nich, że wszędzie najgłośniejsze są te same typy pomieszczeń: korytarze, stołówki i sale sportowe. Oczywiście dotyczy to sytuacji, kiedy w tych pomieszczeniach przebywają uczniowie.

Spora jest także prac, które odnoszą się do wpływu hałasu w klasie lekcyjnej i jej akustyki na zdolności poznawcze uczniów. Jeśli nawet pominąć opracowania odnoszące się wyłącznie do wpływu hałasu komunikacyjnego, to i tak takich prac jest dużo: Elliott (2002), Beaman (2005), Elliott i Briganti (2012), Meinhardt-Injac i wsp. (2015), Joseph i wsp. (2018), Klatte i wsp. (2007, 2010a, 2010b), Dockrell i Shield (2006), Shield i Dockrell (2004, 2008), Ronsse i Wang (2010, 2013), Lunquist i wsp. (2000), Ljung i wsp. (2009), Shield i wsp. (2015, 2018), Connolly i wsp. (2016). Badania te dowodzą, że zarówno hałas środowiskowy (zewnątrzny) jak i ten wytwarzany w pomieszczeniach szkolnych ma niekorzystny wpływ na postępy w nauce. Dostyc często zwracana jest uwaga na spowodowane oddziaływaniem hałasu opóźnienia w nauce czytania, a na późniejszym etapie edukacji osłabienie zdolności czytania ze zrozumieniem. Część autorów wskazuje na pogorszenie pod wpływem hałasu zdolności zapamiętywania informacji i odbioru mowy, a także osłabienie motywacji i koncentracji uwagi. Próbowano odnieść warunki akustyczne, w których pracują uczniowie do ocen uzyskiwanych przez nich w standardowych testach, znajdując negatywną korelację między poziomem hałasu w klasie a poziomem ocen. Z kolei krótszy czas pogłosu pozwala na lepszą zrozumiałość mowy, zwłaszcza jeśli jest zakłócana przez prowadzone wokół słuchacza rozmowy. Wskazuje się także na sprawniejsze przetwarzanie fonologiczne u uczniów pracujących w klasach lekcyjnych o krótszym czasie pogłosu. Ogólny wniosek wynikający z tych prac jest taki, że dla zapewnienia uczniom i nauczycielom optymalnych warunków akustycznych konieczne jest ograniczenie hałasu docierającego do klas lekcyjnych z zewnątrz (poprzez odpowiednią lokalizację szkoły i właściwe rozwiązania akustyczne przegród zewnętrznych), ale także ograniczenie hałasu wewnętrznego i poprawa zrozumiałości mowy (poprzez odpowiednie wykończenie samych pomieszczeń).

Stosunkowo nieliczne są natomiast badania ankietowe dotyczące subiektywnej oceny środowiska akustycznego w szkołach przez uczniów i nauczycieli. Dotyczą one niemal wyłącznie klas lekcyjnych: Mealings i wsp. (2015), Astolfi i Pellerey (2008), Ali (2013), Connolly i wsp. (2013), Boman i Enmarker (2004), Roy i Li (2013), Klatte i wsp. (2010b), Dockrell i wsp. (2013), Enmarker i Boman (2004), Kristiansen i wsp. (2011, 2013), Canning i James (2012). Z badań wynika, że uczniowie nadają większe znaczenie akustycznym i wizualnym aspektom otaczającej ich przestrzeni niż jakości powietrza i komfortowi cieplnemu. Jako jeden z najważniejszych skutków słabej akustyki klas lekcyjnych podają spadek koncentracji. Młodszy uczniowie częściej zgłaszają problemy ze zrozumieniem mowy nauczyciela, są też bardziej rozdrażnione hałasem. Jako najbardziej irytujące dźwięki, zarówno uczniowie jak i nauczyciele, podają głośne rozmowy w sali lekcyjnej lub na sąsiadującym z nią korytarzu. Hałas jest odbierany jako szczególnie irytujący w czasie sprawdzianów i czytania. Uczniowie uczący się w klasach lekcyjnych o względnie długim czasie pogłosu częściej skarżą się na hałas w nich panujący i gorzej oceniają swoje własne zaangażowanie oraz relacje z rówieśnikami z klasy i nauczycielami. Z kolei nauczyciele pracujący w takich pomieszczeniach częściej się skarżą na rozdrażnienie i brak energii po zajęciach. Wykazują także mniejszą satysfakcję z wykonywanej pracy. Z badań ankietowych jasno wynika, że im cichsze i mniej pogłosowe są klasy lekcyjne, tym lepiej są oceniane przez uczniów i nauczycieli. Nauczyciele wydają się jednak bardziej wrażliwi na hałas, bardziej nim zestresowani, częściej też mają problemy ze słuchem, co w warunkach słabej akustyki może być źródłem problemów w komunikacji. Wskazywana jest też szczególna wrażliwość na jakość środowiska akustycznego wśród uczniów o specjalnych potrzebach edukacyjnych (uczniowie wymagający wsparcia edukacyjnego, używający aparatów słuchowych czy też uczniowie z rodzin imigranckich dopiero przyswajający nowy język).



Szkoła podstawowa nr 340 na warszawskim Ursynowie jest jedną z największych szkół podstawowych w kraju - w zbudowanym kilkanaście lat temu budynku uczy się ok. 1200 uczniów

4. Budynek szkoły

Sam budynek szkoły, do czasu remontu z 2018 roku, niczym specjalnym się nie odróżniał od innych budowanych w tym samym czasie w całym kraju. Pod względem swojej architektury czy użytych rozwiązań materiałowych był absolutnie typową konstrukcją. Podłogi zostały wykończone wykładziną PCW, a ściany i sufity pokryte zwykłym tynkiem cementowo-wapiennym. Wszystkie te materiały doskonale odbijają fale dźwiękowe powodując, że pomieszczenia są bardzo pogłosowe, a wytwarzane w nich dźwięki są silnie wzmacniane co potęguje wszechobecny hałas. Dawało się to we znaki w świetlicach, w stołówce, ale w szczególności w korytarzach. Na każdym piętrze układ funkcjonalny wyznaczają dwa równoległe korytarze tworzące z szerokim holem literę U. Na całej długości tych pomieszczeń, po obu ich stronach ciągną się sale lekcyjne. Łącznie w całym budynku jest przeszło pół kilometra korytarzy, na które wylegają w czasie przerw setki uczniów. Od razu po otwarciu nowego budynku wszyscy zdali sobie sprawę, że jest w nim bardzo głośno, dużo głośniej niż w innych mniejszych budynkach szkolnych, z których trafiali tu uczniowie. Wyraźnie dało się odczuć ich pobudzenie i rozdrażnienie, które często znajdowało ujście w aktach agresji, których liczba ciągle wzrastała.



Zaniepokojona rada rodziców zaprosiła do szkoły pracowników Wojewódzkiej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej w Warszawie (Sanepid) w celu wykonania pomiarów poziomu dźwięku. Pomiar wykazał, że w korytarzu na II-im piętrze, równoważny poziom dźwięku LAeq (patrz objaśnienia terminu w p. 8.4). wahał się w czasie przerw w granicach 87,0 - 90,3 dBA. Natomiast na I piętrze było jeszcze głośniejsze: LAeq dochodził do 92,9 dBA! Niewiele ciszej było w stołówce w czasie obiadu (LAeq = 84,8 – 86,8 dBA). Maksymalne poziomy dźwięku L_{max} (patrz objaśnienia terminu w p. 11.4) dochodziły do 100 dBA w korytarzach i 92,0 dBA w stołówce. Takie poziomy hałasu w połączeniu ze stosunkowo długim czasem ekspozycji stwarzają ryzyko trwałych uszkodzeń słuchu. Ponadto hałas na takim poziomie utrudnia, czy wręcz uniemożliwia komunikację słowną, powoduje rozdrażnienie i zniechęcenie, przyspiesza zmęczenie oraz może sprzyjać wybuchom agresji. Uczniowie narażeni na wysoki hałas w czasie przerw trafiają na lekcję z podniesionym progiem słyszenia (czasowy niedosłuch), są pobudzeni i mają trudności z koncentracją uwagi. Hałas szczególnie dokucza uczniom nadwrażliwym na dźwięki, uczniom z zespołem Aspergera, z zaburzeniami centralnego przetwarzania słuchowego (CAPD) czy ADHD. Jest też czynnikiem wykluczającym dla dzieci z niedosłuchem – głośne otoczenie jeszcze bardziej pogłębia ich problemy ze zrozumiałością mowy. Hałas jest też problemem dla nauczycieli – nie dość, że są na niego narażeni tak samo jak uczniowie, to jeszcze muszą go przekrzykiwać forsując swój narząd głosu. Nic dziwnego, że z ankiet przeprowadzanych przez Centralny Instytut Ochrony Pracy (CIOP) wśród nauczycieli szkół podstawowych (Augustyńska D., Kaczmarek A., Mikulski W., Radosz J., 2012) wynika, że aż 88% z nich wskazuje na hałas jako główną fizyczną uciążliwość w ich pracy. Chociaż głównym problemem akustycznym w szkole był wysoki poziom hałasu to w wielu pomieszczeniach uciążliwy był także silny pogłos pogarszający zrozumiałość mowy. Najwyraźniej odczuwane było to w hali sportowej, gdzie ze względu na pogłos, jak i wysoki poziom hałasu nauczyciele często zmuszani byli to wyprowadzania uczniów na przyległy korytarz w celu udzielenia instrukcji przed ćwiczeniami.

Rada rodziców SP 340, dostrzegając zaostrzający się z powodu wzrostu liczby uczniów problem, zaczęła głośno o nim mówić, próbując zainteresować urząd dzielnicy Ursynów, radę miasta oraz media. W celu pokazania pozytywnych efektów modernizacji akustycznej w szkole, poddano jej dwie klasy lekcyjne instalując w nich dźwiękochłonne sufity podwieszane oraz panele ściennie. Klasy stały się cichsze, a uczniowie spokojniejsi i bardziej skoncentrowani. Co ciekawe, zauważalnie poprawiły się też oceny uzyskiwane przez uczniów klas korzystających z tych sal lekcyjnych. Kilkuletnie starania przyniosły w końcu efekt i rada m. st. Warszawy przeznaczyła w 2016 roku środki na przeprowadzenie w szkole całościowej adaptacji akustycznej.



5. Adaptacja akustyczna

W 2017 roku wyłoniono w drodze przetargu projektanta adaptacji akustycznej (firmę archAkustik z Krakowa), która miała objąć wszystkie klasy lekcyjne, sale świetlicowe, sale zabaw ruchowych, korytarze, hole, stołówkę, aulę i halę sportową.

Celem było dostosowanie tych pomieszczeń do wymagań normy PN-B-02151-4:2015-06 (normy określającej wymagania dotyczące akustyki wnętrz - szczegóły w punkcie 12.2).

Prace projektowe poprzedzała szczegółowa inwentaryzacja, która polegała na wykonaniu dokumentacji rysunkowej i fotograficznej, ale przede wszystkim na pomiarach akustycznych.

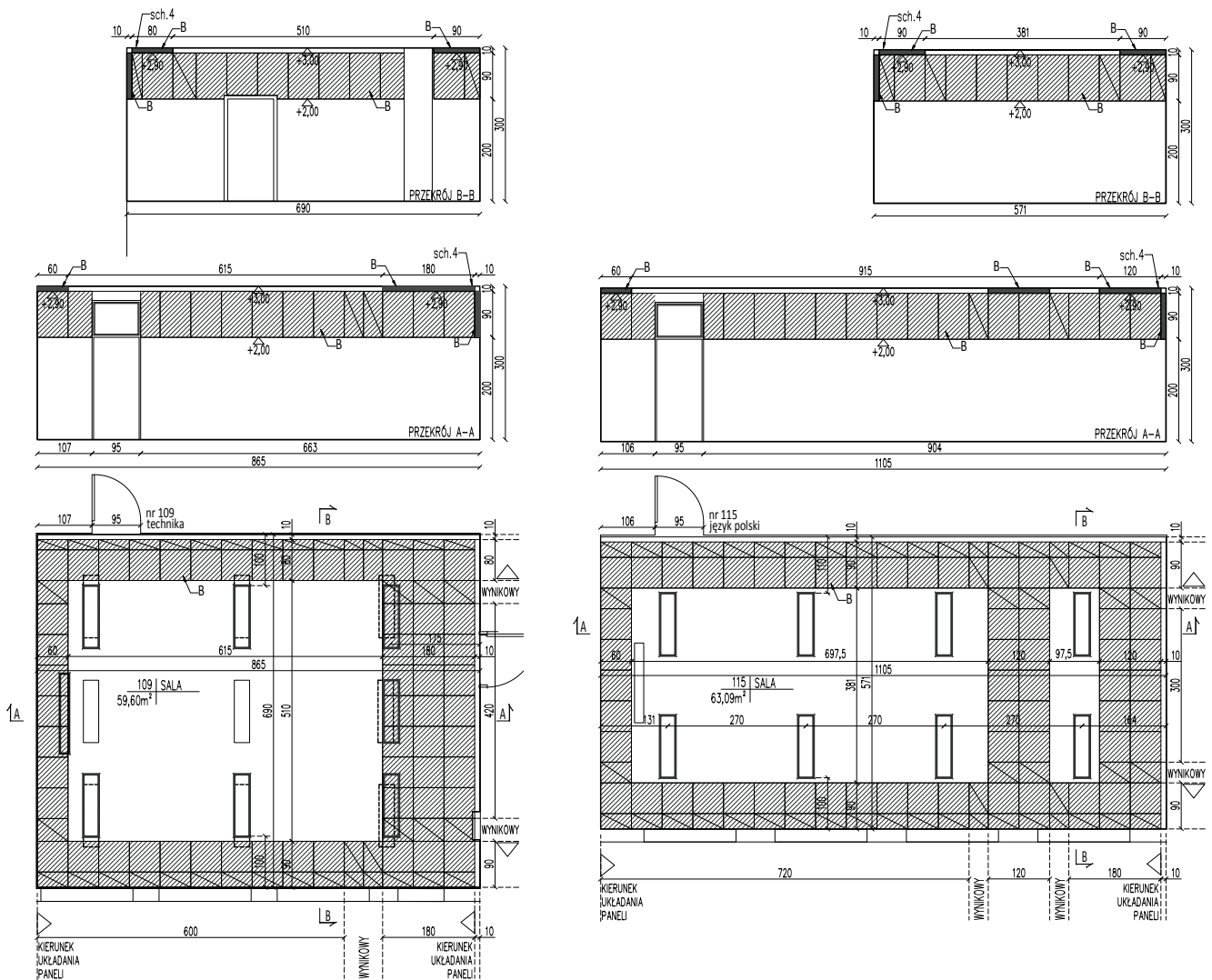
W każdym z pomieszczeń objętych projektem mierzono wartości czasu pogłosu T30 (patrz objaśnienia terminu w p. 11.2), a w wybranych salach lekcyjnych także wartości wskaźnika transmisji mowy STI (patrz objaśnienia terminu w p. 11.3).

W korytarzach mierzono dodatkowo zanik przestrzenny dźwięku. Przedprojektowe pomiary akustyczne pomieszczeń pozwoliły na precyzyjne skalibrowanie ich modeli obliczeniowych w programie do symulacji akustycznych. W rezultacie, dla każdego z objętych projektem pomieszczeń przygotowano indywidualne rysunki pokazujące rozmieszczenie paneli dźwiękochłonnych na sufitach i ścianach.

Projekt przewidywał zastosowanie paneli dźwiękochłonnych z wełny mineralnej o różnej grubości i gęstości instalowanych bezpośrednio na ścianach i stropach, jak i montowanych w formie sufitów podwieszanych. Same prace rozpoczęły się w lutym 2018 roku i do wakacji były prowadzone etapami, klasa po klasie, świetlica po świetlicy. W czasie wakacji przeprowadzono modernizację większych pomieszczeń, których nie można było zamknąć w ciągu roku szkolnego (hala sportowa, świetlica, korytarze).

5.1. Klasy lekcyjne

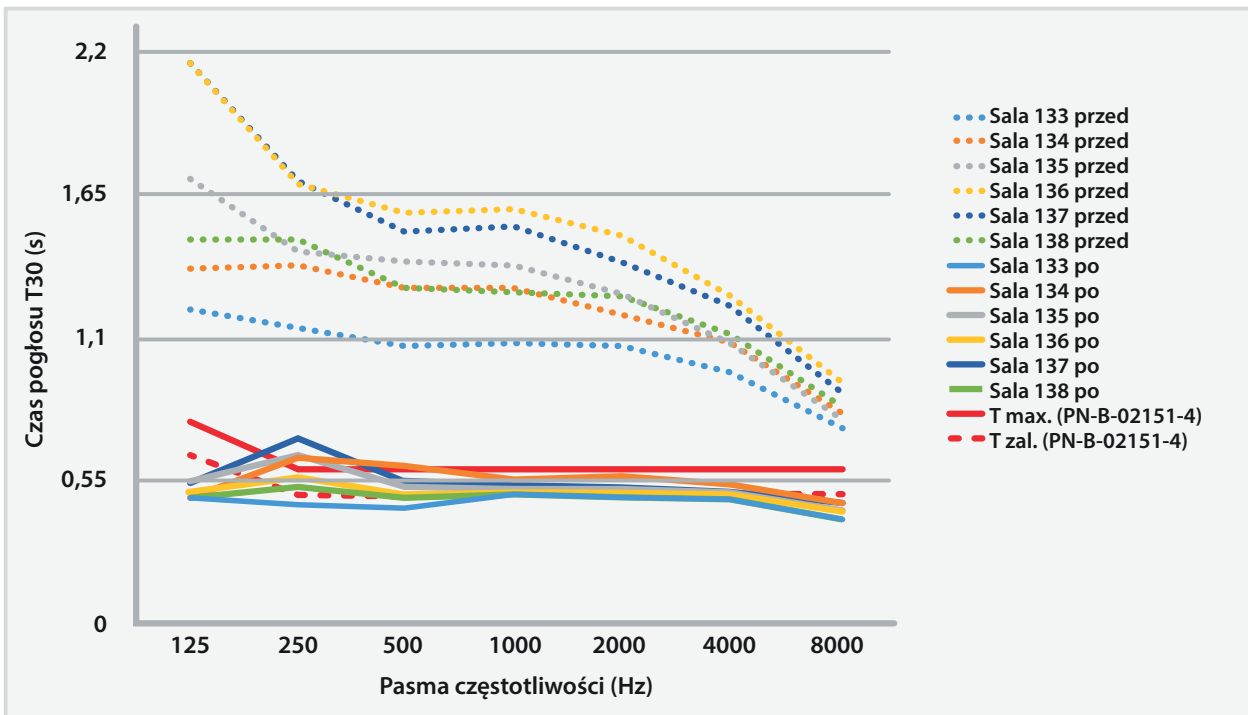
Wszystkie sale lekcyjne miały wysokość nieprzekraczającą 300 cm, wobec czego nie można było zastosować w nich dźwiękochłonnych sufitów podwieszanych, które są zwykle typowym rozwiązaniem w tego typu pomieszczeniach. Projektant zdecydował się więc na rozwiązanie kompromisowe: pokrycie ok. 50 % powierzchni sufitu (w pasach wzdłuż ścian) panelami dźwiękochłonnymi o grubości 100 mm. Duża grubość paneli pozwoliła na zachowanie dobrych własności dźwiękochłonnych mimo braku pustki powietrznej między nimi a stropem. Dodatkowo, takie samo rozwiązanie zastosowano na górnych partiach ścian: bocznej i tylnej (powyżej wysokości 200 cm). Zabiegi te pozwoliły na znaczne skrócenie czasu pogłosu w klasach lekcyjnych i w większości przypadków spełnienie wymagań normy w tym zakresie. Również wartości STI pomierzone po adaptacji akustycznej były znacznie lepsze (tutaj wymagania normy zostały spełnione z dużym zapasem).



Układ paneli dźwiękochłonnych na suficie i ścianach – przykład dwóch sal dydaktycznych.



Jedna z sal lekcyjnych po modernizacji akustycznej. Ograniczona powierzchnia paneli dźwiękochłonnych na suficie ze względu na niewielką wysokość pomieszczenia



Wykres nr 1. Zmierzone wartości czasu pogłosu T30 w salach przeznaczonych do nauczania początkowego. Przed i po adaptacji akustycznej.

Pomieszczenie	Wartości wskaźnika transmisji mowy STI					
	Wymaganie PN		Przed adaptacją		Po adaptacji	
	średnia*	min.**	średnia*	min.**	średnia*	min.**
Sala 116, język polski	0,60	0,55	0,49	0,46	0,71	0,68
Sala 123, język angielski	0,60	0,55	0,47	0,45	0,70	0,68
Sala 137, n. początkowe	0,60	0,55	0,52	0,50	0,72	0,69

*) Wartość średnia dla wszystkich punktów pomiarowych w pomieszczeniu
 **) Wartość najniższa (pomierzona w najbardziej niekorzystnym punkcie pomiarowym)

Tabela nr 1. Zmierzone wartości STI w wybranych salach lekcyjnych. Przed i po adaptacji akustycznej.

Z zaprezentowanych danych wynika, że po modernizacji akustycznej czas pogłosu w klasach lekcyjnych został zasadniczo ograniczony do poziomu wymaganego przez normę, uśrednione wartości wskaźnika transmisji mowy STI dla klas lekcyjnych zwiększyły się do ok. 0,7. Uzyskane wyniki pozwoliły, spełnić wymagania normy (STI) lub bardzo się do nich zbliżyć (czas pogłosu).

5.2. Sale świetlicowe

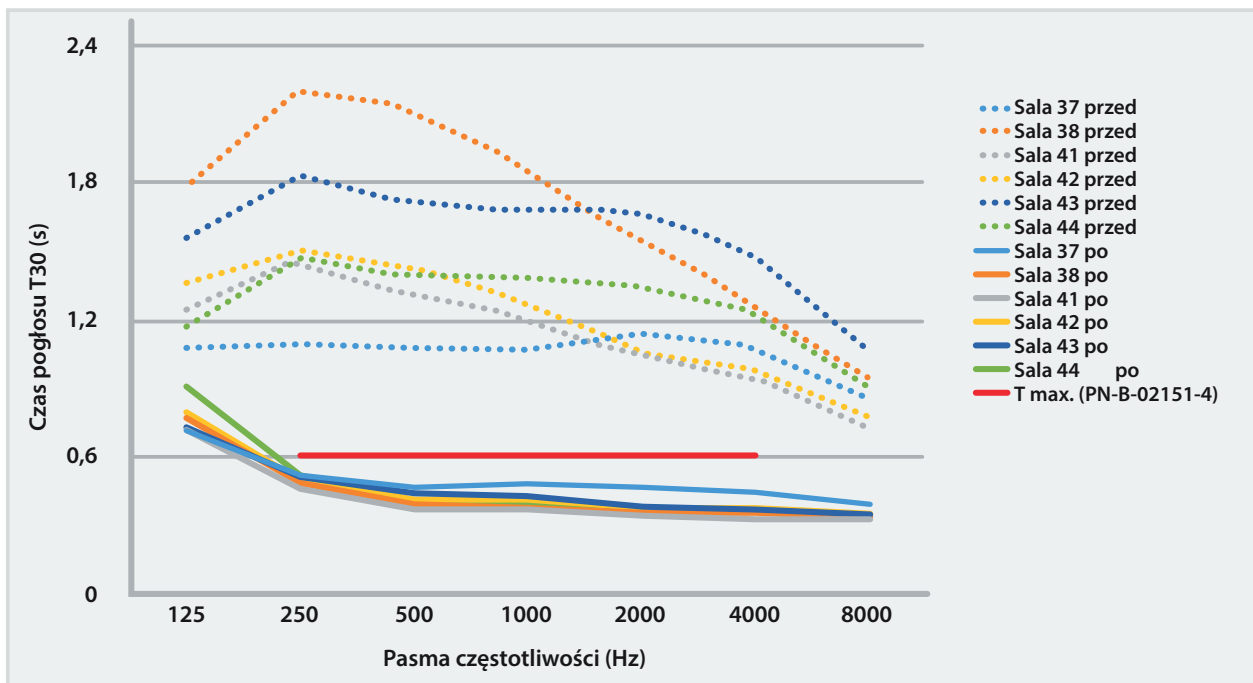
We wszystkich salach świetlicowych, zaprojektowano dźwiękochłonne sufity podwieszane wypełnione płytami z wełny szklanej grubości 15 mm. Sufity zostały zainstalowane na całej powierzchni pomieszczeń, ok. 20 cm poniżej stropu. Dodatkowo, na górnych partiach ścian bocznej i tylnej (powyżej wysokości 200 cm) zainstalowano panele z wełny szklanej grubości 40 mm. Czas pogłosu został skrócony do tego stopnia, że każda ze świetlic spełnia teraz wymagania normy. Skutkiem znacznego zwiększenia chłonności akustycznej świetlic jest nie tylko zmniejszona pogłosowość tych pomieszczeń ale także redukcja poziomu hałasu w trakcie prowadzenia zajęć.



Jedna ze świetlic na parterze po modernizacji. Panele ściennie instalowane tuż pod sufitem aby uniknąć kolizji z istniejącym meblowaniem.

Pomieszczenie	Rodzaj zajęć	Uwagi	L _{Aeq} (dBA)	
			Przed	Po
Sale świetlicowe	Zajęcia dowolne	30 uczniów klas młodszych zajętych zabawami w grupach	79,2 - 81,5	72,8 - 77,2

Tabela nr 2. Wartości równoważnego poziomu dźwięku L_{Aeq} (dBA) pomierzone w dwóch salach świetlicowych (dla okresów 5 minutowych). Przed i po adaptacji akustycznej.



Wykres nr 2. Zmierzone wartości czasu pogłosu T30 w salach świetlicowych. Przed i po adaptacji akustycznej.

Pomieszczenia świetlic bardzo się między sobą różniły jeśli chodzi o czas pogłosu (przerwane linie) – wynikało to z różnic w umeblowaniu. Ponieważ w świetlicach, w odróżnieniu do klas lekcyjnych, można było zastosować dźwiękochłonne sufity podwieszane na całej powierzchni sufitu wymagania normy dotyczące czasu pogłosu zostały spełnione z dużym zapasem, a różnice między pomieszczeniami zostały zniwelowane.

5.3. Korytarze i hole

We wszystkich korytarzach i holach, zaprojektowano dźwiękochłonne sufity podwieszane wypełnione płytami z wełny szklanej grubości 15 mm. Sufity zostały zainstalowane na całej powierzchni pomieszczeń, ok. 20 cm poniżej stropu. Rozwiązanie takie powinno wystarczyć do spełnienia wymagań normy jednak zdecydowano się zainstalować dodatkowo na ścianach, (powyżej wysokości 200 cm) panele z wełny szklanej grubości 40 mm. Było to podyktowane dwoma przesłankami:

- w wielu korytarzach dostępną do instalacji sufitów dźwiękochłonnych przestrzeń ograniczały obudowy instalacyjne wykonane z płyt GK, więc dodatkowe panele na ścianach kompensowały ten ubytek,
- korytarze i hole były przed adaptacją akustyczną ekstremalnie głośne, więc chodziło o ich maksymalne wytłumienie.

W rezultacie udało się z nawiązką spełnić wymagania normy dotyczące minimalnej chłonności akustycznej korytarzy szkolnych.

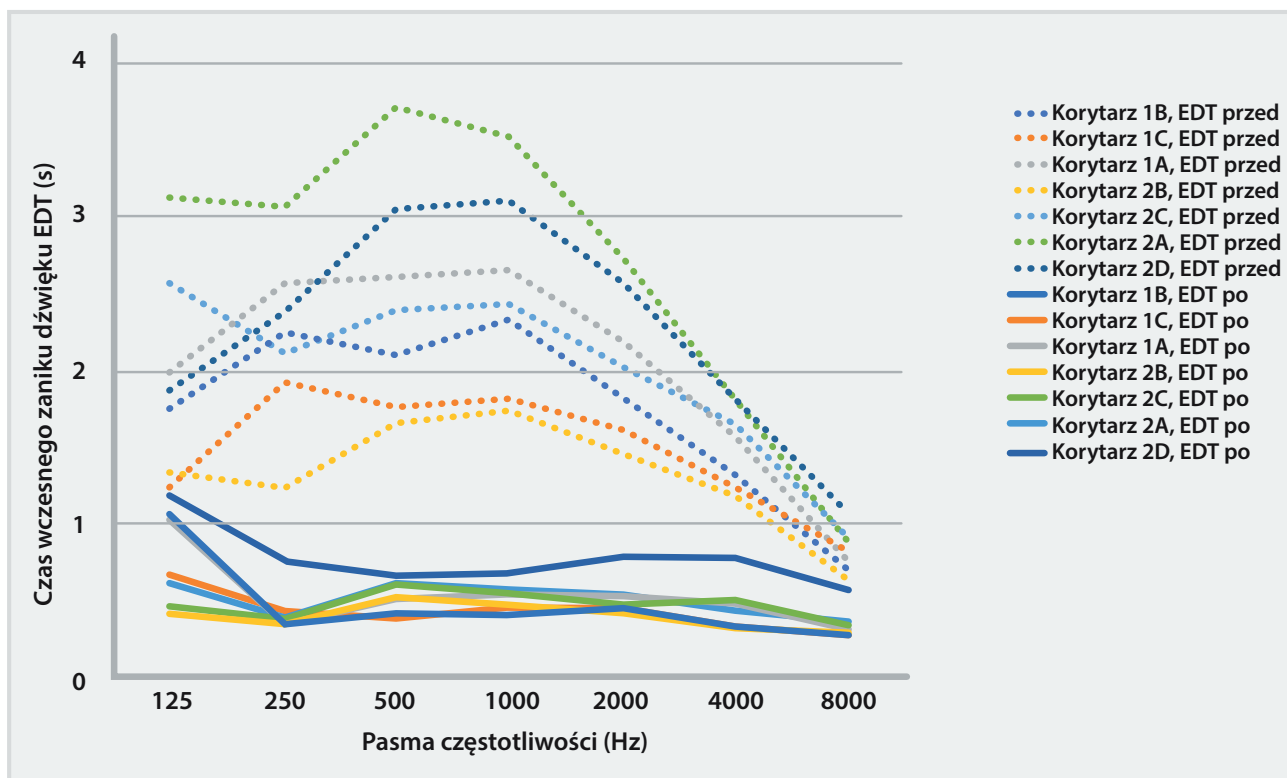
Pomieszczenie	Powierzchnia S, (m ²)	Równoważna powierzchnia dźwiękochłonna A, (m ²)				
		Wymagana w/g PN-B-02151-4:2015-06	Obliczona			
				500 Hz	1 kHz	2 kHz
Korytarz 1B	137	≥ 137	przed	18	20	26
			po	193	181	198
Korytarz 1C	195	≥ 195	przed	25	26	33
			po	225	211	231
Korytarz 1A	214	≥ 214	przed	21	23	29
			po	255	236	260

Tabela nr 3. Równoważna powierzchnia dźwiękochłonna (chłonność akustyczna) wyliczona dla trzech korytarzy na I piętrze. Przed i po adaptacji akustycznej.

Zwiększona chłonność akustyczna korytarzy skutkuje mniejszą ich pogłosowością (lepsza zrozumiałość mowy) oraz znacznie niższym poziomem hałasu i mniejszym jego zasięgiem przestrzennym (dźwięki nie „niosą” się tak korytarzami jak przedtem).



Jeden z głównych korytarzy szkoły po wyciszeniu.

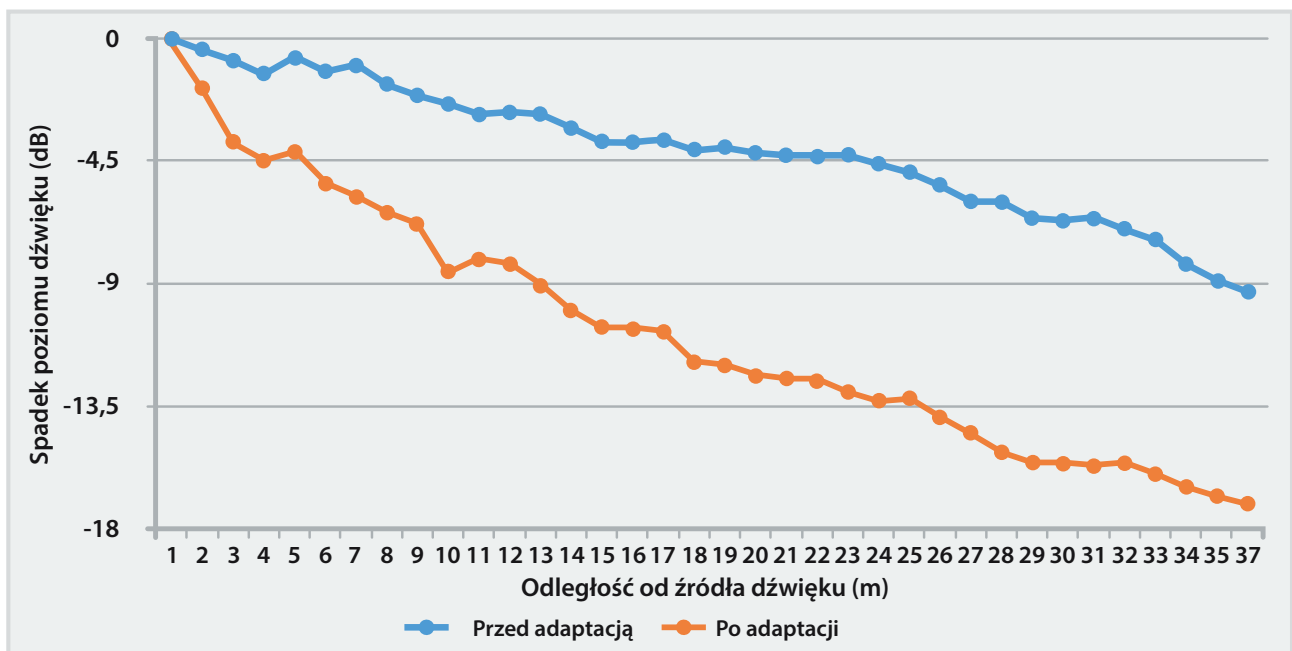


Wykres nr 3. Zmierzone wartości czasu wczesnego zaniku dźwięku EDT w korytarzach na I i II piętrze. Przed i po adaptacji akustycznej.

Pomieszczenie	Rodzaj zajęć	Uwagi	L_{Aeq} (dBA)	
			Przed	Po
Hol II piętra	Przerwa	30-70 uczniów klas młodszych	81,4 - 86,9	73,8 - 80,0

Tabela nr 4. Wartości równoważnego poziomu dźwięku L_{Aeq} (dBA) zmierzone w holu na II piętrze (dla okresów 2 minutowych). Przed i po adaptacji akustycznej.

Ponieważ źródłem hałasu na szkolnych korytarzach są uczniowie jest on bardzo zmienny (i zależy od liczby uczniów na korytarzu i stopnia ich pobudzenia). Z tego powodu trudno jest pomierzyć różnice w poziomie dźwięku przed i po adaptacji akustycznej bez długoterminowych pomiarów. Jednodniowe pomiary pozwalają określić tą redukcję na 7-8 dB. Dla przeciętnego użytkownika oznacza to spadek subiektywnie odczuwanej głośności dźwięku o połowę.



Wykres nr 3. Zanik przestrzenny dźwięku zmierzony na jednym z korytarzy. Przed i po adaptacji akustycznej.

Powyższy wykres pokazuje, że wyciszenie korytarzy spowodowało znaczne zwiększenie zaniku przestrzennego dźwięku. Poziom dźwięku w miarę oddalania się od jego źródła spada znacznie szybciej. Jest to odczuwalne szczególnie w czasie lekcji, kiedy korytarze są prawie puste - dźwięk nie niesie się tak daleko.

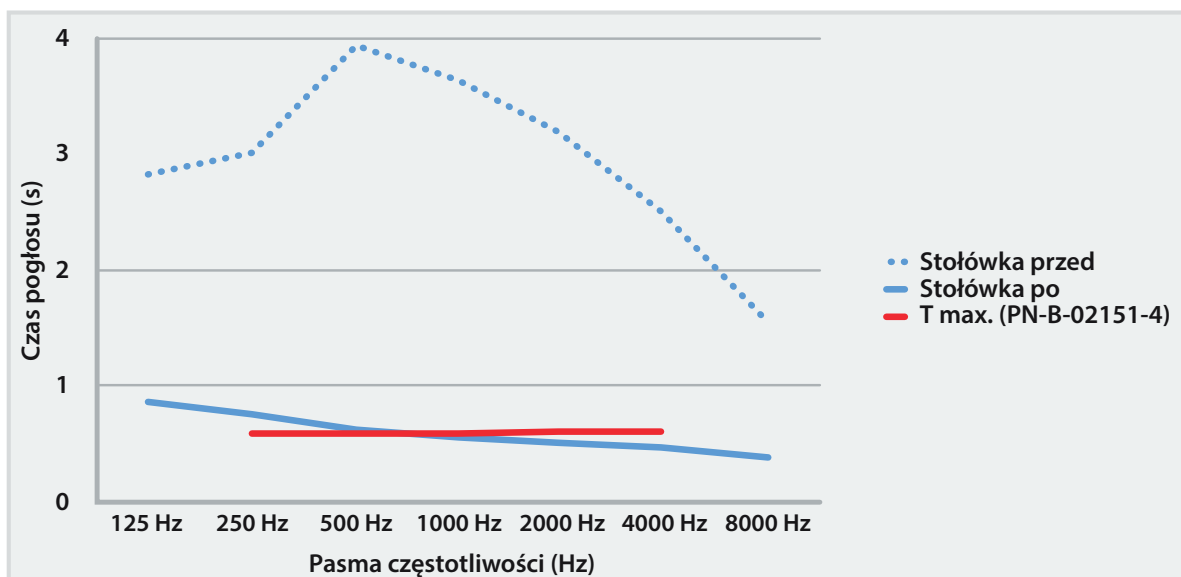
5.4. Stołówka

Na całej dostępnej powierzchni sufitu (pomiędzy obudowami kanałów wentylacyjnych) zainstalowano panele



Stołówka po wyciszeniu. Zwraca uwagę stosunkowo duża powierzchnia paneli dźwiękochłonnych (szare i niebieskie pola).

dźwiękochłonne z wełny szklanej o grubości 40 mm i 100 mm (montowane bezpośrednio do stropu). Dodatkowo na ścianach zainstalowano panele dźwiękochłonne z wełny szklanej o grubości 40 mm. Stosunkowo duża ich powierzchnia wynikała z konieczności skompensowania skromnego umeblowania pomieszczenia oraz ograniczonej powierzchni paneli dźwiękochłonnych na suficie (pokrycie 78%).



Wykres nr 4. Zmierzone wartości czasu pogłosu T30 w pomieszczeniu stołówki. Przed i po adaptacji akustycznej.

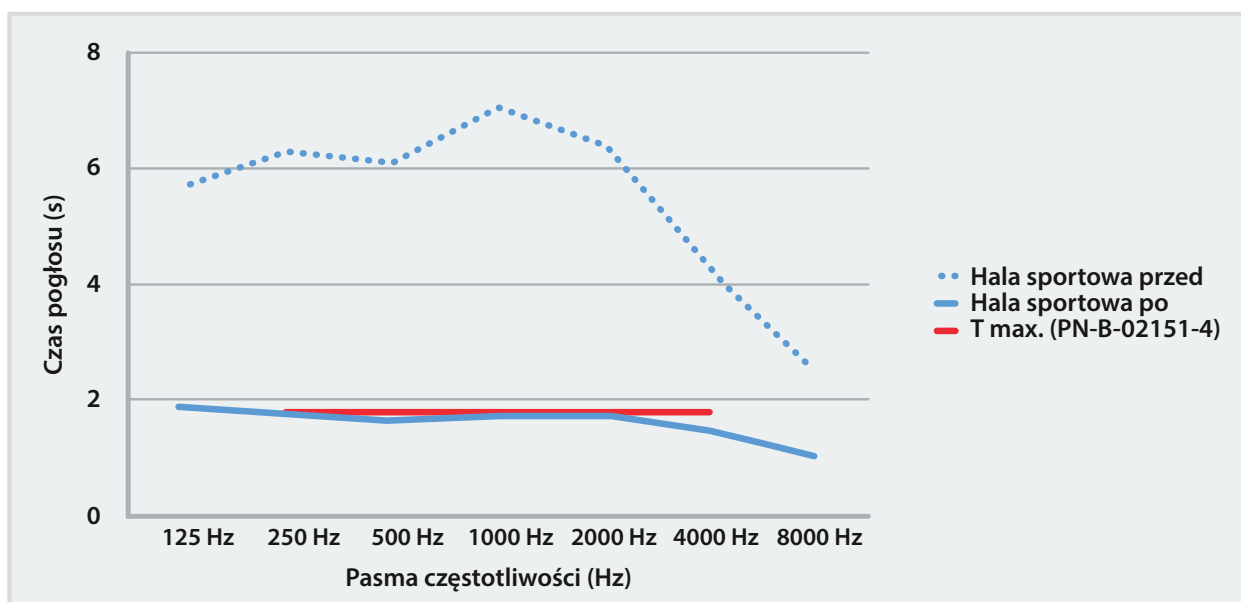
W wyniku adaptacji akustycznej czas pogłosu został zasadniczo zredukowany do poziomu określonego w normie, jedynie w paśmie 250 Hz nastąpiło niewielkie przekroczenie wartości maksymalnej. Niemniej jednak osiągnięto znaczną redukcję poziomu hałasu (>10 dB).

Pomieszczenie	Rodzaj zajęć	Uwagi	L _{Aeq} (dBA)	
			Przed	Po
Stołówka	Obiad	70-140 uczniów	85,5 - 86,0	73,4 - 76,6

Tabela nr 5. Wartości równoważnego poziomu dźwięku LAeq (dBA) zmierzone w stołówce (dla okresów 2 minutowych). Przed i po adaptacji akustycznej.

5.5. Hala sportowa

W hali sportowej wszystkie wprowadzone panele dźwiękochłonne zaprojektowano na ścianach. Zdecydowano się na takie nietypowe rozwiązanie (zwykle większość materiałów dźwiękochłonnych w salach sportowych montuje się na suficie), aby nie obciążać dodatkowo istniejącej konstrukcji dachu. W pasie do wysokości 370 cm zainstalowano panele z wełny szklanej o grubości 40 mm, a powyżej tej wysokości podobne panele lecz o grubości 100 mm.



Wykres nr 5. Zmierzone wartości czasu pogłosu T30 w hali sportowej. Przed i po adaptacji akustycznej.



Hala sportowa po wyciszeniu. Całe powierzchnie ścian szczytowych (krótkich) jak i większość powierzchni ścian krótkich pokryte panelami dźwiękochłonnymi.

Pomieszczenie	Rodzaj zajęć	Uwagi	L _{Aeq} (dBA)	
			Przed	Po
Hala sportowa	Gra w zbijaka	40 uczniów grających w zbijaka w środkowej sekcji hali; w obu bocznych sekcjach dwie grupy po 20 uczniów zajęte cichszymi zajęciami	82,0	75,7 - 76,3

Tabela nr 6. Wartości równoważnego poziomu dźwięku LAeq (dBA) zmierzone w hali sportowej (dla okresów 5 minutowych). Przed i po adaptacji akustycznej.

W hali sportowej odnotowano największe zmiany w zakresie czasu pogłosu a co za tym idzie zrozumiałości mowy. Osiągnięto także wyraźną redukcję hałasu (o ok. 6 dB).

6. Opinie użytkowników i badania ankietowe

Po ukończeniu modernizacji akustycznej efekty mówiły same za siebie. Najbardziej zauważalna była redukcja poziomu hałasu w korytarzach i na stołówce, a nauczyciele zwracali uwagę znacznie lepszą zrozumiałość mowy w klasach lekcyjnych.

Modernizacja akustyczna SP 340 była swojego rodzaju eksperymentem, ale wrażenia użytkowników budynku były tak jednoznacznie pozytywne, że władze stolicy zdecydowały się na wdrożenie programu pilotażowego obejmującego modernizację akustyczną w kolejnych dziesięciu podstawówkach. Pilotaż w chwili pisania tego raportu (wrzesień 2020) powoli dobiega do końca, ale w dalszej perspektywie jest wyciszanie kolejnych podstawówek w stolicy.



Całościowy charakter adaptacji akustycznej w SP 340 (objęła ona praktycznie wszystkie pomieszczenia dostępne dla uczniów) sprawia, że projekt ten był pionierskim w skali kraju, i jako taki prosił się o dokładniejszą analizę. I nie chodziło tutaj o pomiary akustyczne, których wyniki były dosyć przewidywalne, ale próbę oceny wpływu zmienionej akustyki pomieszczeń szkoły na dobrostan i efektywność pracujących w nich nauczycieli i uczniów. Wielkość szkoły dała możliwość przeprowadzenia szerszych badań ankietowych – tak pod względem liczby ocenianych typów pomieszczeń i sytuacji, jak i liczby uczniów i nauczycieli, którzy mogli wziąć udział w badaniu. Ponieważ badanie mogło być przeprowadzone krótko po ukończeniu prac, nauczyciele i uczniowie mogli odnieść aktualną sytuację do stanu sprzed modernizacji. Zadania przygotowania i przeprowadzenia ankiety podjęła się prof. Irena Polewczuk z Wydziału Pedagogiki i Psychologii Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach.



7. Metodologia badań ankietowych

Główny problem badawczy został zawarty w pytaniu:

Czy i w jakim zakresie, i w jakim stopniu, adaptacja akustyczna pomieszczeń szkoły wpłynęła na ocenę obserwowanych zmian przez uczniów i nauczycieli w następujących obszarach:

- *zajęcia w salach dydaktycznych*
- *przerwy na korytarzach*
- *zajęcia i uroczystości na sali sportowej*
- *samopoczucie uczniów i nauczycieli*

W badaniach opinii uczniów i nauczycieli wykorzystano autorską skalę pomiaru przygotowaną na potrzeby tego badania:

Skalę Obserwowanych Zmian Akustycznych dla nauczycieli i uczniów – SOZA-N i SOZA-U. Za pomocą skali zbadano zmiany odczuwane przez uczniów i nauczycieli w wielu szczegółowych aspektach ich funkcjonowania w szkole, np.: koncentracji uwagi, tempa pracy, trwałości pamięci, poziomu zmęczenia, poziomu agresji i wielu innych. Skalę respondenci wypełniali po modernizacji akustycznej szkoły, ale oceniali dane zjawisko przed i po modernizacji akustycznej w skali 5 stopniowej – czy dane zjawisko występowało na poziomie bardzo niskim czy bardzo wysokim. W badaniach wykorzystano obliczenia statystyczne testem rangowych znaków Wilcoxon, opartych na wartościach rangowych. Wszystkie obliczenia wykonano na poziomie istotności $\alpha=0,05$. Obliczenia te zostały w niniejszym opracowaniu pominięte ze względu na jego popularnonaukowy charakter. Ujęto jedynie wnioski płynące z tych obliczeń.

W badaniach ankietowych udział wzięło 44 nauczycieli oraz 378 uczniów od klasy drugiej do klasy ósmej. Najliczniej reprezentowane były klasy IV (45% badanej populacji) i klasy V (30% badanej populacji). Uczniowie wypełniali ankiety w czasie lekcji (zwykle były to zajęcia z informatyki).

Skala Odczuwanych Zmian Akustycznych (SOZA) dla nauczycieli przed i po optymalizacji akustycznej wewnątrz szkoły

Sytuacja badania	Zakres badany	Przed optymalizacją akustyczną						Po optymalizacji akustycznej					
	Skala/poziom	BARDZO WYSOKI	WYSOKI	ŚREDNI	NISKI	BARDZO NISKI	BRAK WYKONANIA ZADANIA	BARDZO WYSOKI	WYSOKI	ŚREDNI	NISKI	BARDZO NISKI	BRAK WYKONANIA ZADANIA
PRACA Z UCZNIAMI W KLASIE													
Praca indywidualna uczniów na zajęciach	Skupienie uwagi ucznia na zadaniu	5	4	3	2	1	0	5	4	3	2	1	0
	Wykonanie prostych poleceń nauczyciela	5	4	3	2	1	0	5	4	3	2	1	0
	Wykonanie złożonych poleceń nauczyciela	5	4	3	2	1	0	5	4	3	2	1	0

Tabela nr 7. Badania naukowe prowadzone przez I. Polewczyk (UŚ Katowice) w celu ewaluacji działań zmierzających do redukcji hałasu w szkołach podstawowych
Proszę ocenić zmiany w funkcjonowaniu uczniów w Państwa szkole oraz warunków swojej pracy przed zmianami akustyki wewnątrz szkoły oraz po tych zmianach. Proszę zaznaczyć znakiem X wybrane opcje w obu kategoriach - **PRZED I PO OPTIMALIZACJI AKUSTYCZNEJ**.

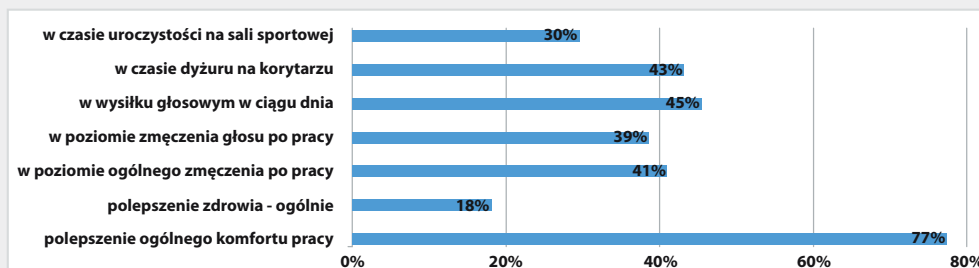


8. Odpowiedzi nauczycieli

Nauczyciele otrzymali ankietę składającą się z serii szczegółowych pytań dotyczących czterech podstawowych zakresów tematycznych: zajęć w klasach lekcyjnych, zajęć w sali sportowej, dyżurów na korytarzach oraz samopoczucia nauczycieli. Te szczegółowe pytania poprzedzone jednak były trzema pytaniami ogólnymi, które pozwoliły wychwycić najważniejsze zmiany.

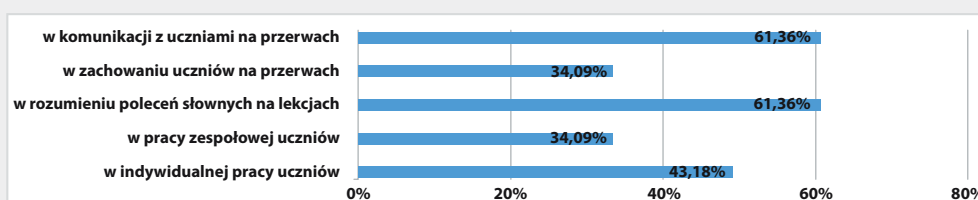
8.1. Pytania ogólne

Pierwsze pytanie dotyczyło ogólnych spostrzeżeń nauczycieli dotyczących warunków ich pracy – byli oni proszeni o zaznaczenie tych z przedstawionych stwierdzeń, z którymi się zgadzają. Choć blisko 80% nauczycieli zauważyło polepszenie ogólnego komfortu pracy, to akcentowali oni nieco inne aspekty tego polepszenia.



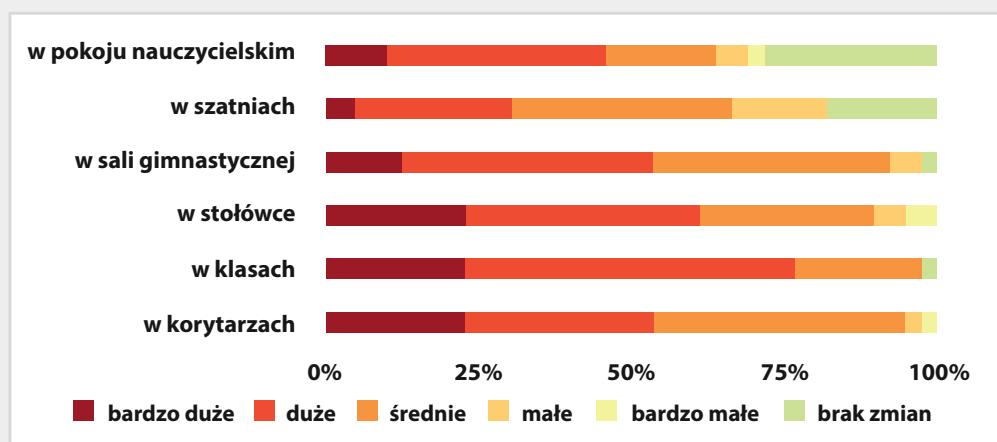
Wykres nr 6. Zauważone zmiany w warunkach pracy nauczycieli

Drugie pytanie ogólne dotyczyło zaobserwowanych zmian w zachowaniu uczniów. W tym wypadku nauczyciele wskazali, że największą zmianę obserwują w jakości indywidualnej pracy uczniów.



Wykres nr 7. Zauważone zmiany w funkcjonowaniu uczniów

W trzecim pytaniu nauczyciele byli proszeni o określenie skali zauważonych zmian w poszczególnych typach pomieszczeń szkolnych. Najwyraźniejsze zmiany zostały przez nich zaobserwowane w klasach lekcyjnych – aż 77% nauczycieli stwierdziło, że zaszły tutaj „duże” lub „bardzo duże” zmiany. Jest to bardzo ciekawa obserwacja, ponieważ w typowo wykończonych szkołach (które mają oczywiście złą akustykę) nauczyciele najczęściej zgłaszają problemy z akustyką korytarzy, stołówek, świetlic czy sal sportowych. Na tej liście klasy lekcyjne prawie się nie pojawiają, może z wyjątkiem sal językowych. Jeśli jednak mają oni okazję pracować w budynku szkolnym, w którym wszystkie pomieszczenia mają poprawną akustykę, to najbardziej doceniają poprawę akustyki właśnie w salach lekcyjnych. Z drugiej strony takie odpowiedzi nie powinny dziwić w kontekście poprzedniego pytania: wszak nauczyciele zwracali tam uwagę przede wszystkim na poprawę w indywidualnej pracy uczniów, która to poprawa musiała mieć miejsce w klasach lekcyjnych. Widać to zresztą doskonale w odpowiedziach na pytania szczegółowe (punkt 8.2).

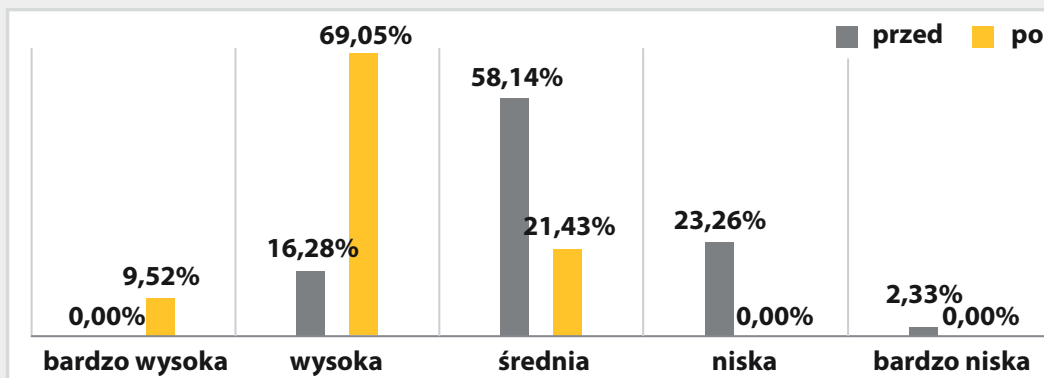


Wykres nr 8. Skala zmian zaobserwowanych w pomieszczeniach szkolnych

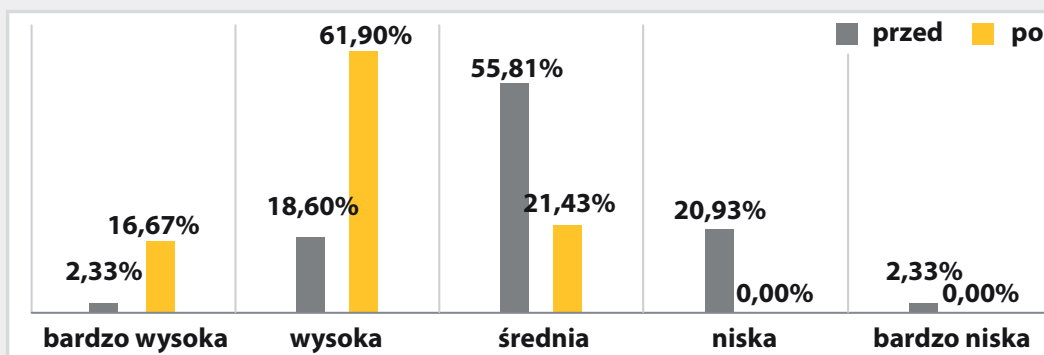
8.2. Pytania szczegółowe: zajęcia w sali lekcyjnej

8.2.1. Praca indywidualna

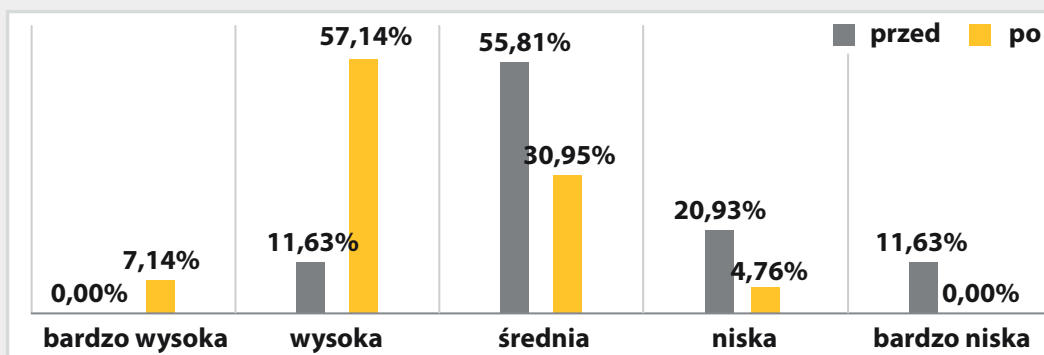
W przypadku oceny pracy indywidualnej uczniów nauczyciele byli pytani o stopień koncentracji uwagi, a także o poprawność wykonywania poleceń nauczyciela (prostych i złożonych). Koncentracja uwagi może spadać na skutek zmęczenia uczniów (które jest większe jeśli w klasie jest głośno), dużej koncentracji CO₂ w klasie, czy na skutek bodźców powodujących rozproszenie uwagi uczniów. Nie bez znaczenia jest także stopień zrozumiałości mowy. Uczeń, który ma trudności ze zrozumieniem nauczyciela szybciej się zniechęca i odrywa od tematu lekcji. Odpowiedzi udzielone w tej części ankiety pozwalają stwierdzić, że po adaptacji akustycznej nastąpiła bardzo wyraźna poprawa warunków pracy i nauki.



Wykres nr 9. Koncentracja uwagi (p. indywidualna)



Wykres nr 10. Stopień wykonania prostych poleceń nauczyciela (p. indywidualna)

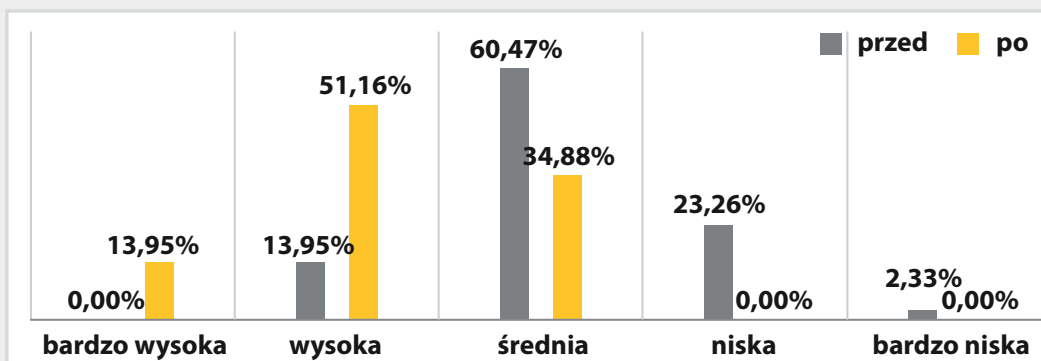


Wykres nr 11. Stopień wykonania złożonych poleceń nauczyciela (p. indywidualna)

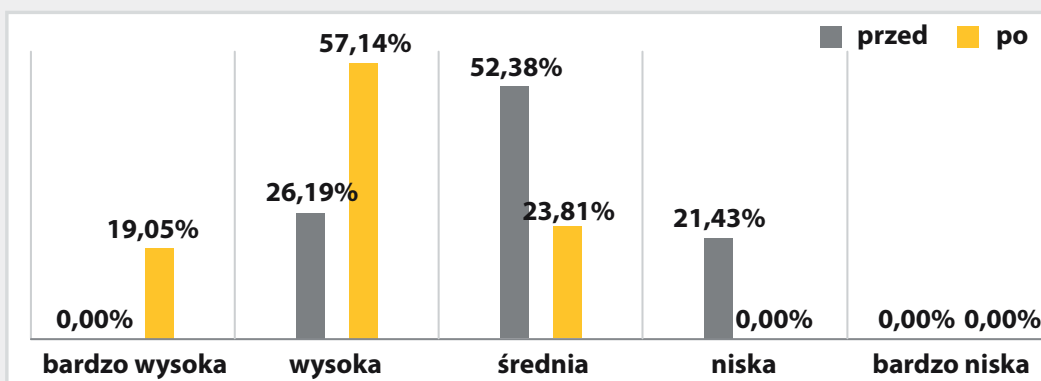
Oceniając koncentrację uwagi uczniów przed adaptacją akustyczną tylko 16,3% nauczycieli określiło ją jako „wysoką” (a nikt nie dał oceny „bardzo wysoka”). Podczas gdy po wyciszeniu 78,5% nauczycieli oceniło ją jako „wysoką” lub „bardzo wysoką”. Również w ocenie wykonywania poleceń prostych i złożonych widzimy ogromne różnice. Wykonanie prostych i złożonych poleceń przed adaptacją akustyczną w 55% nauczyciele oceniali na poziomie średnim, natomiast po zmianie w obrębie akustyki w 61% (polecenia proste) i 57% (polecenia złożone) ocenili na poziomie wysokim.

8.2.2. Praca w grupach

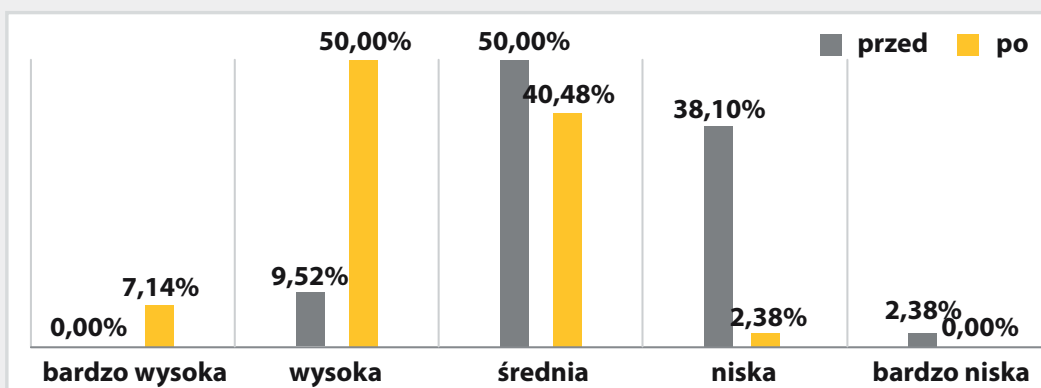
Pytania odnoszące się do pracy w grupach ponownie dotyczyły stopnia koncentracji uwagi uczniów na zadaniu i stopnia zrozumiałości poleceń nauczyciela. Wyniki były bardzo podobne jak w przypadku pytań dotyczących pracy indywidualnej. Dodano dodatkowe pytanie o wzajemne rozumienie się uczniów w poszczególnych grupach i także w tym przypadku poprawa ich oceny była widoczna.



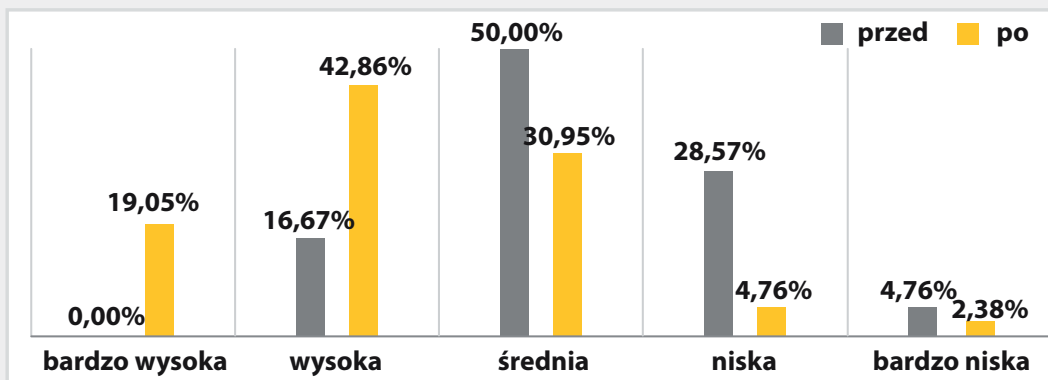
Wykres nr 12. Koncentracja uwagi (p. grupowa)



Wykres nr 13. Stopień wykonania prostych poleceń nauczyciela (p. grupowa)



Wykres nr 14. Stopień wykonania złożonych poleceń nauczyciela (p. grupowa)

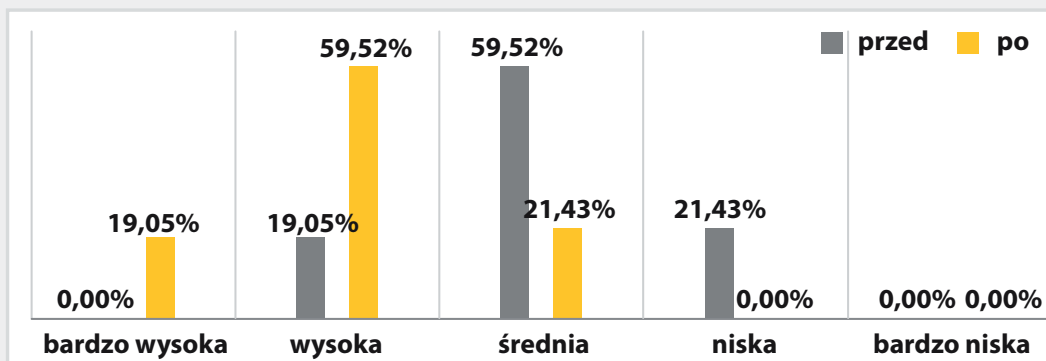


Wykres nr 15. Stopień wzajemnego zrozumienia się uczniów w grupie

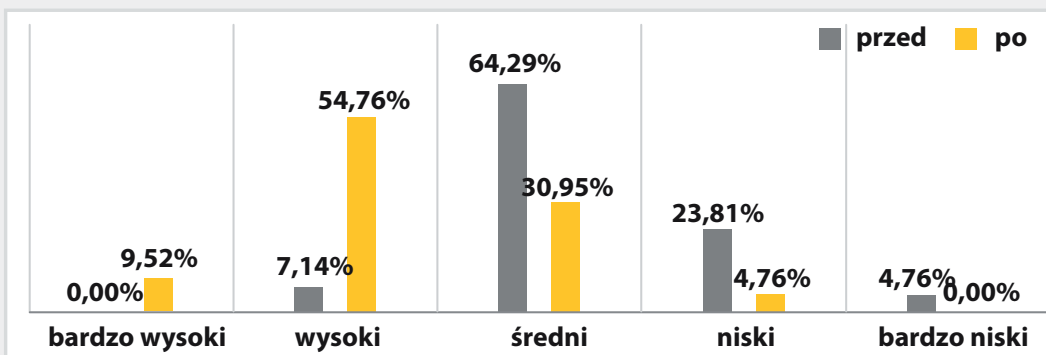
"Z zaprezentowanych danych wynika, że poprawę w zakresie pracy grupowej badani nauczyciele ocenili wskazując poziomy wysokie i bardzo wysokie we wszystkich wskazanych zakresach (przed modernizacją akustyki dominował poziom średni). To cenne uwagi nauczycieli, wskazujące, że poziom hałasu wcześniej zakłócał w stopniu znaczącym pracę uczniów w zakresie pracy grupowej, a różnice w funkcjonowaniu uczniów w tym zakresie po modyfikacji akustyki szkoły są dla nich zauważalne."

8.2.3. Zrozumiałość mowy w czasie lekcji

Poprawa zrozumiałości mowy jest jedną z dwóch głównych korzyści (obok redukcji hałasu) wynikających z poprawy akustyki pomieszczeń szkolnych. Skala tej poprawy była widoczna zwłaszcza w przypadku pytania o stopień zrozumienia złożonych poleceń nauczyciela.



Wykres nr 16. Stopień zrozumienia prostych poleceń nauczyciela

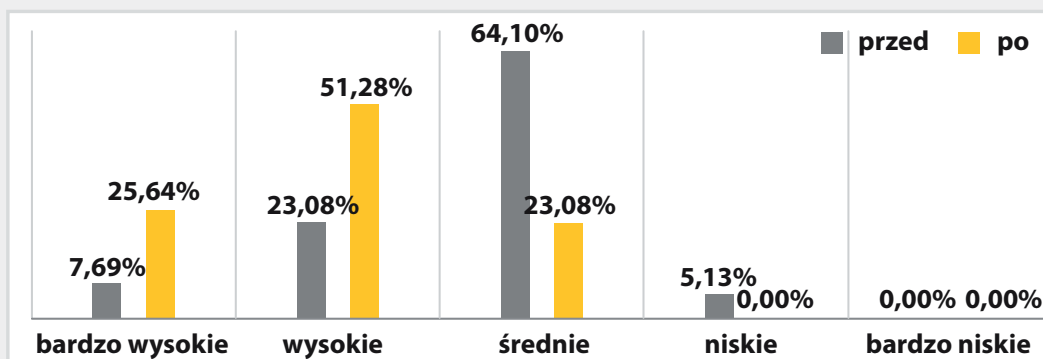


Wykres nr 17. Stopień zrozumienia złożonych poleceń nauczyciela

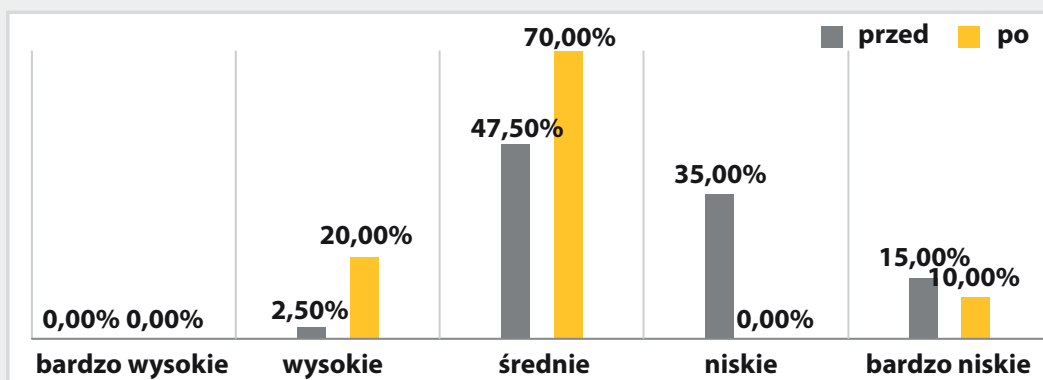
"Z badań wynika, że tylko 7,14% nauczycieli stwierdziło, że przed adaptacją akustyczną zrozumienie tych poleceń było „wysokie” (nikt nie wskazał określenia „bardzo wysokie”). Odnosząc się do sytuacji po modernizacji akustycznej aż 64,28% procent uczestniczących w ankiecie nauczycieli określiło stopień zrozumienia złożonych poleceń jako „wysoki” lub „bardzo wysoki”.

8.2.4. Tempo pracy i poziom zmęczenia

Nauczyciele wskazywali na znaczące po modernizacji akustycznej zwiększenie tempa pracy uczniów w trakcie lekcji porannych. Widoczne na wykresach zmiany są bardzo podobne w tym przypadku do tych jakie możemy zaobserwować na wykresach dotyczących koncentracji uwagi i zrozumienia poleceń nauczyciela. Nieco inaczej przedstawia się sprawa w przypadku lekcji popołudniowych – widać tutaj przede wszystkim znaczący spadek tempa pracy uczniów w porównaniu z lekcjami porannymi (i dotyczy to zarówno sytuacji przed remontem jak i po nim). Tempo pracy uczniów zależy w dużym stopniu od stopnia ich koncentracji, od zrozumienia poleceń nauczyciela, ale także od stopnia zmęczenia. Zrozumiałe jest więc, że będzie ono słabło z lekcji na lekcję wraz z narastającym zmęczeniem. Niemniej jednak i tutaj widać istotną poprawę.

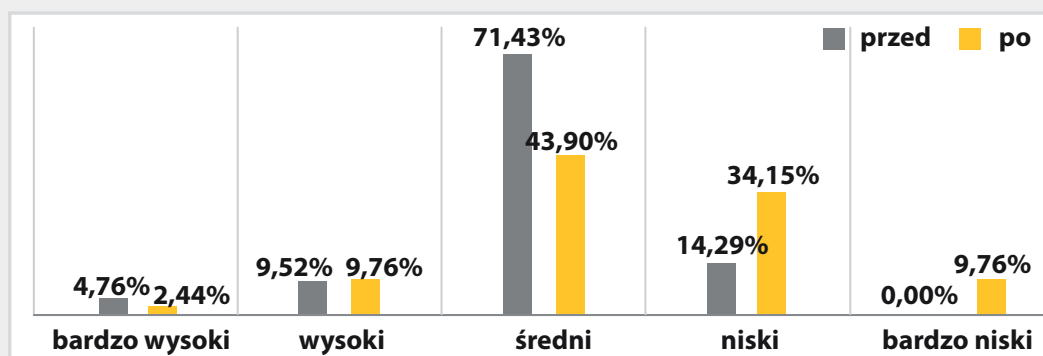


Wykres nr 18. Tempo pracy ucznia lekcje poranne

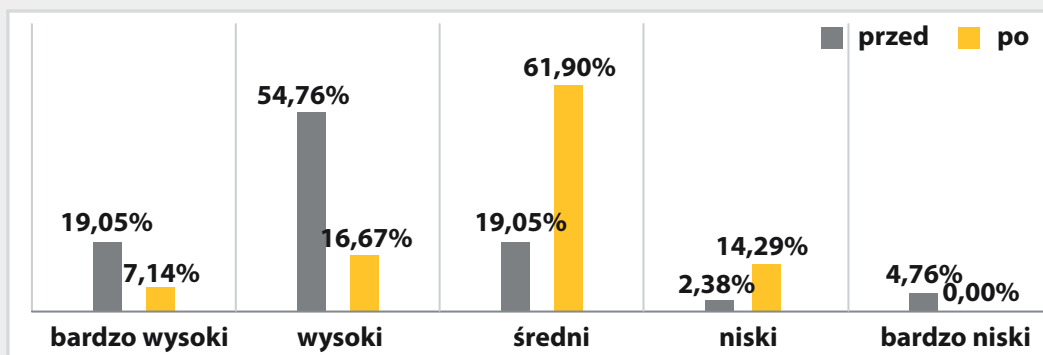


Wykres nr 19. Tempo pracy ucznia lekcje popołudniowe

Różnice w poziomie zmęczenia uczniów na lekcjach porannych (przed i po wyciszeniu) są zauważalne, ale nie tak wyraźne jak w przypadku lekcji popołudniowych.



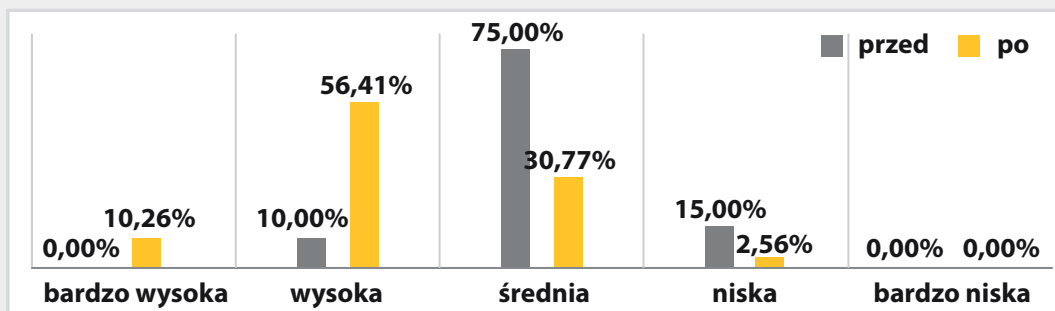
Wykres nr 20. Poziom zmęczenia uczniów lekcje poranne



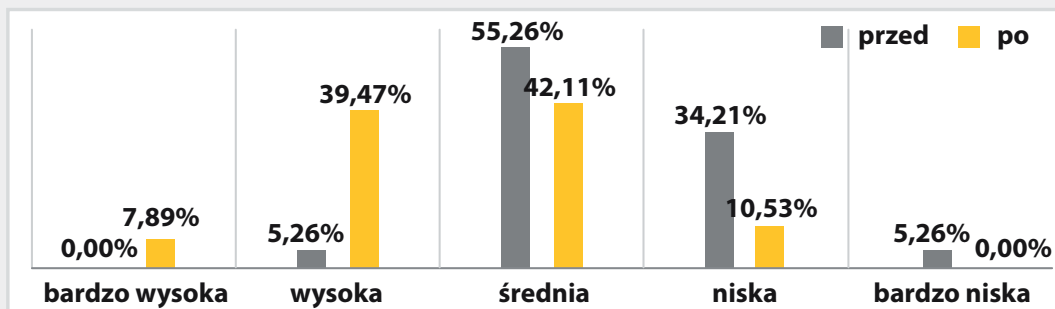
Wykres nr 21. Poziom zmęczenia uczniów lekcje popołudniowe

8.2.5. Pamięć

W tej części ankiety nauczyciele byli pytani o zdolność uczniów do zapamiętywania informacji oraz trwałości tego zapamiętywania. Zdolność zapamiętywania może być ograniczona przez brak koncentracji uwagi (wywołany zmęczeniem lub też rozpraszającymi bodźcami), ale przyczyną może być także nienajlepsza zrozumiałość mowy w klasie lekcyjnej wynikająca np. ze zbyt silnego pogłosu. W takim przypadku duża część zasobów pamięci krótkotrwałej jest spożytkowana na interpretację i zrozumienie zniekształconego przekazu słownego. Z odpowiedzi nauczycieli wynika, że pozytywny wpływ poprawy akustyki klas lekcyjnych zaznacza się przede wszystkim w poprawie zdolności zapamiętywania nowego materiału. W przypadku materiału trudnego zmiany, aczkolwiek dobrze widoczne, nie są tak silne.

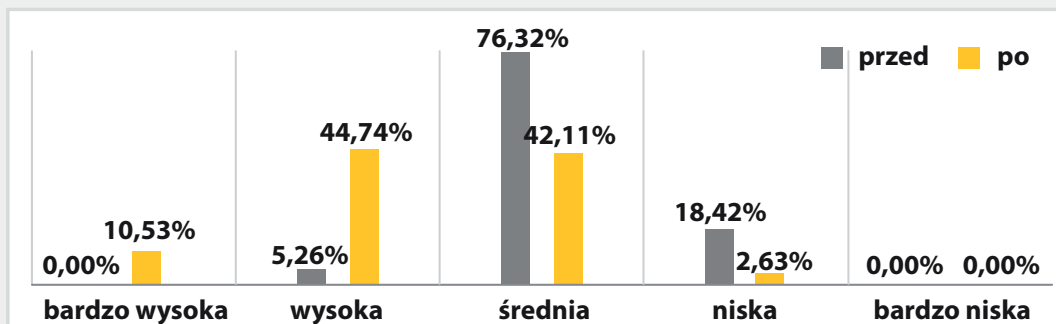


Wykres nr 22. Zdolność zapamiętywania - nowy materiał

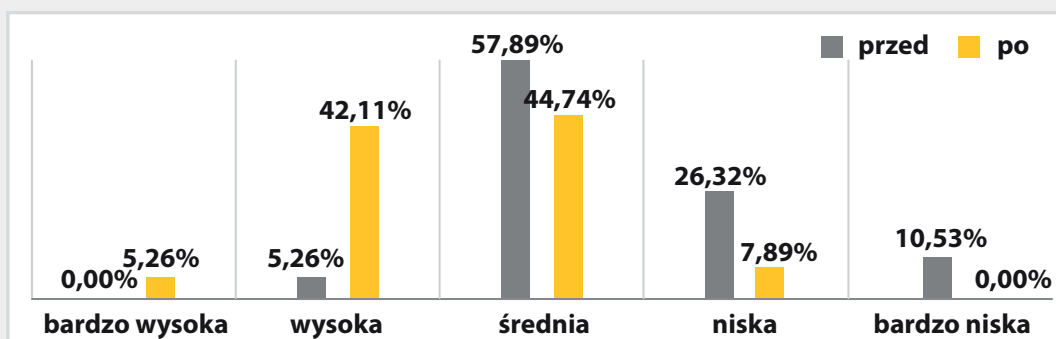


Wykres nr 23. Zdolność zapamiętywania - trudny materiał

W przypadku oceny trwałości zapamiętywania nie widać istotnych różnic między nowym a trudnym materiałem. W obu przypadkach widać natomiast uderzającą poprawę po adaptacji akustycznej klas lekcyjnych. Przed modernizacją jedynie ok. 5% nauczycieli oceniało trwałość zapamiętywania jako „wysoką” (nikt nie dał oceny „bardzo wysoka”), natomiast po modernizacji średnio aż 50% z nich użyło określenia „wysoka” lub „bardzo wysoka”.



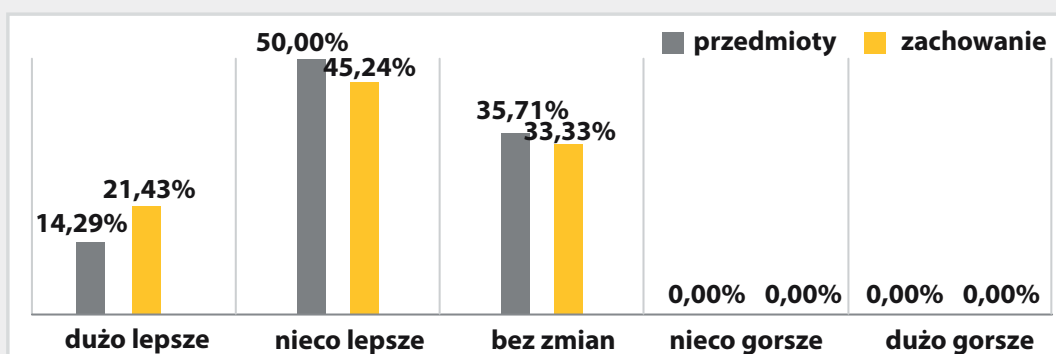
Wykres nr 24. Trwałość zapamiętywania - nowy materiał



Wykres nr 25. Trwałość zapamiętywania - trudny materiał

8.3. Pytania szczegółowe: oceny okresowe

Nauczyciele byli także proszeni o ogólną ocenę zmian w ocenach okresowych uczniów, zarówno z przedmiotów jak i z zachowania. W obu przypadkach dwie trzecie z nich oceniło, że oceny te są „nieco lepsze” lub „dużo lepsze”.

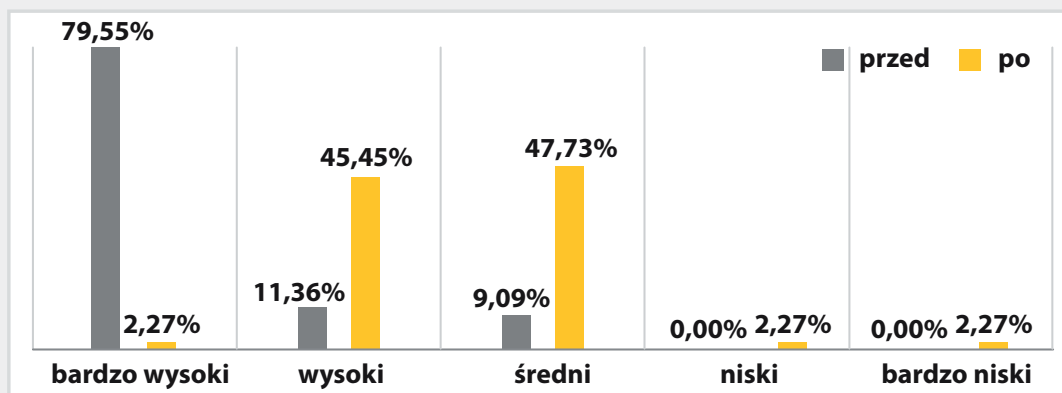


Wykres nr 26. Oceny okresowe uczniów są po wyciszeniu

8.4. Pytania szczegółowe: przerwy na korytarzach

8.4.1. Poziom hałasu

W wyniku adaptacji akustycznej korytarzy nastąpiła znacząca redukcja poziomu hałasu wytwarzanego przez uczniów w czasie przerw (patrz pkt 2.3). Zapytano więc nauczycieli jak sami subiektywnie oceniają tą zmianę. Odsetek nauczycieli, którzy oceniali poziom hałasu jako „bardzo wysoki” spadł z blisko 80% do ok. 2%.

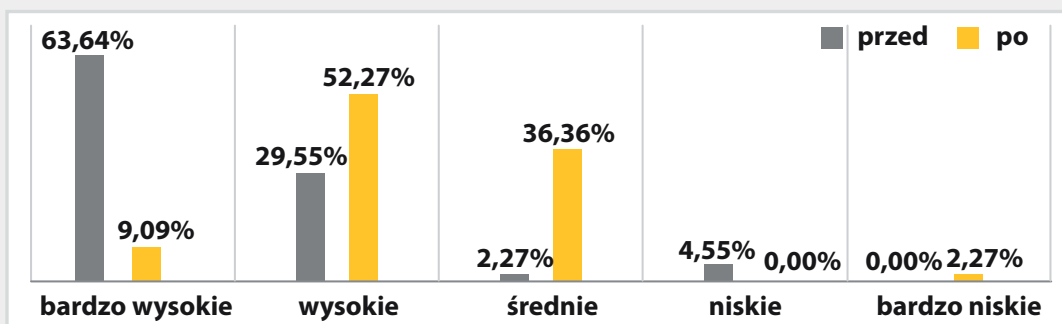


Wykres nr 27. Poziom hałasu na korytarzach

Zmiana w ocenie redukcji hałasu jest jedną z najbardziej zauważalnych zmian wskazanych przez badanych nauczycieli. Jako najważniejsze skutki hałasu WHO podaje: uczucie dyskomfortu (rozdrażnienie, niepokój), wskaźnik stresu (wydzielają się hormony stresu), czynnik ryzyka (podniesione ciśnienie krwi, zwiększona krzepliwość krwi), choroby sercowo – naczyniowe, zaburzenia poznawania, zaburzenia snu, szumy w uszach, Przypadki śmiertelne. (Raport WHO opublikowany w 2011r. „Burden of disease from environmental noise” (Obciążenie chorobą spowodowane hałasem środowiskowym). Quantification of healthy life years lost in Europe, s.100-102).

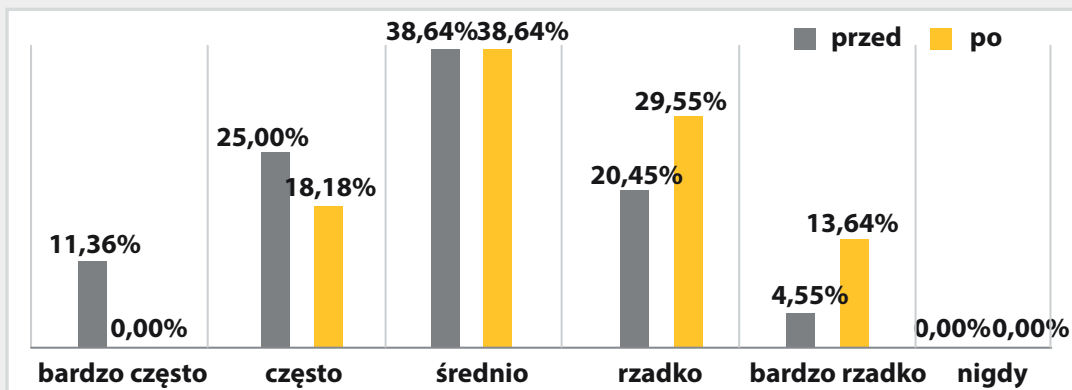
8.4.2. Poziom pobudzenia uczniów i agresji

Główną przyczyną dla której rada rodziców rozpoczęła starania o wyciszenie szkoły był wzrost agresji pomiędzy uczniami, który był wiązany z bardzo wysokim poziomem hałasu. Spytano więc nauczycieli, czy zaobserwowali spadek pobudzenia uczniów i ich agresji w czasie przerw.

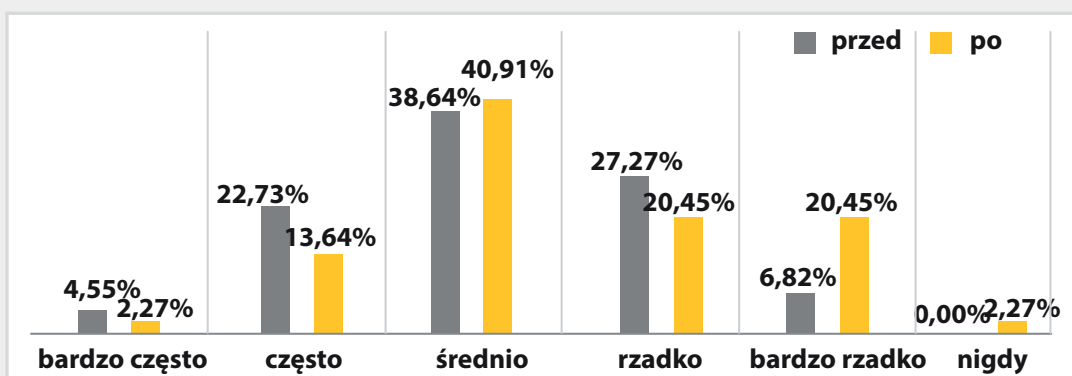


Wykres nr 28. Pobudzenie uczniów w czasie przerwy na korytarzu

Z odpowiedzi wynika, że zaobserwowano wyraźny spadek pobudzenia uczniów: 93,2% odpowiedzi „wysokie” i „bardzo wysokie” dla stanu sprzed wyciszenia i 61,4% dla stanu obecnego. Warto dodać, że odsetek nauczycieli wskazujących „bardzo wysokie” pobudzenie uczniów spadł z 63,6% do 9,1%.



Wykres nr 29. Występowanie agresji słownej

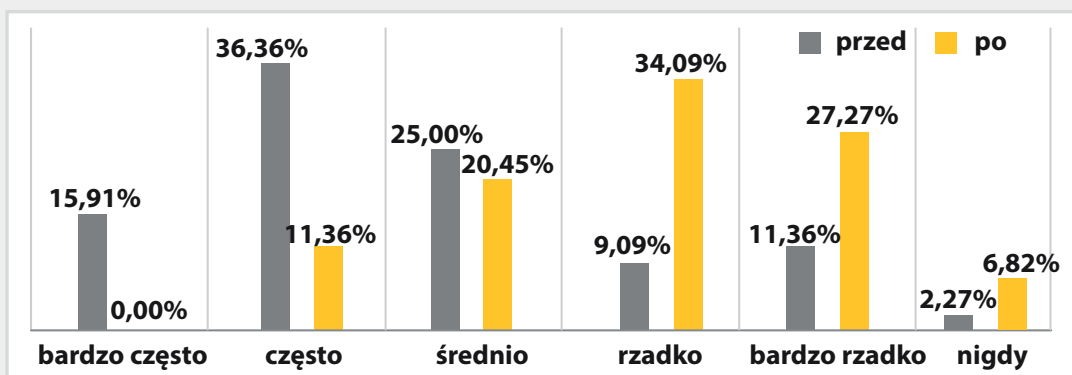


Wykres nr 30. Występowanie agresji fizycznej

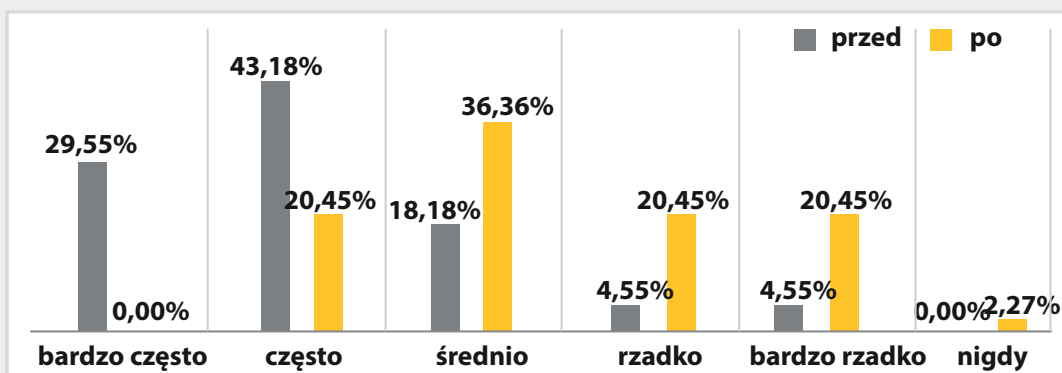
W przypadku agresji słownej i fizycznej różnice nie są aż tak widoczne, przy czym nieco wyraźniej odznacza się spadek częstości występowania agresji słownej.

8.4.3. Komunikacja słowna

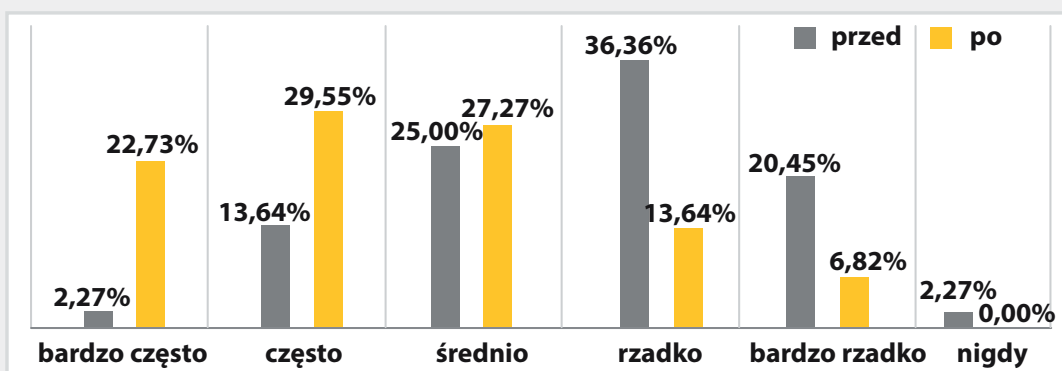
Ponieważ poziom hałasu na korytarzach w czasie przerw obniżył się po adaptacji akustycznej o ok. 7-8 dB, musiało to wpłynąć na sposób komunikacji słownej między nauczycielami a uczniami. Spytano nauczycieli jak często musieli podnosić głos i co się w tym względzie zmieniło. Odsetek nauczycieli wskazujących konieczność „częstego” lub „bardzo częstego” używania krzyku spadł z 52,3% do 11,4%. Z drugiej strony odsetek nauczycieli, którzy określili, że użycie normalnego, niepodniesionego głosu jest „często” lub „bardzo często” wystarczające wzrósł z 15,9% do 52,3%.



Wykres nr 31. Nauczyciele muszą używać krzyku

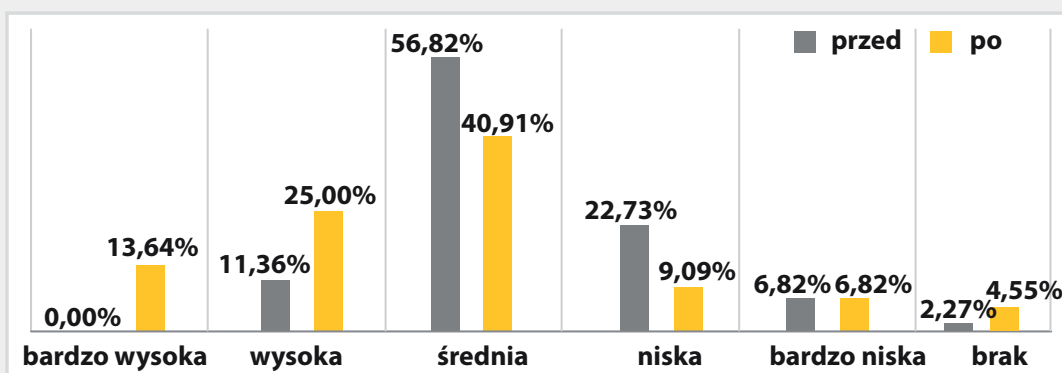


Wykres nr 32. Nauczyciele muszą używać podniesionego głosu

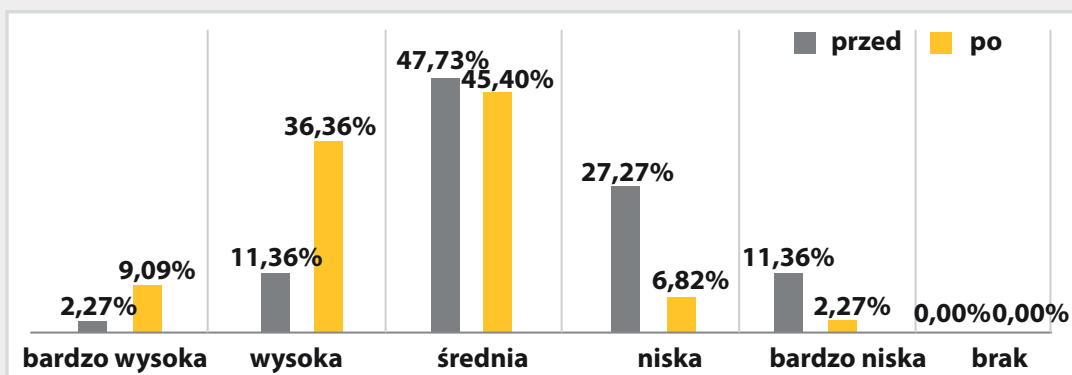


Wykres nr 33. Nauczyciele mówią normalnym głosem

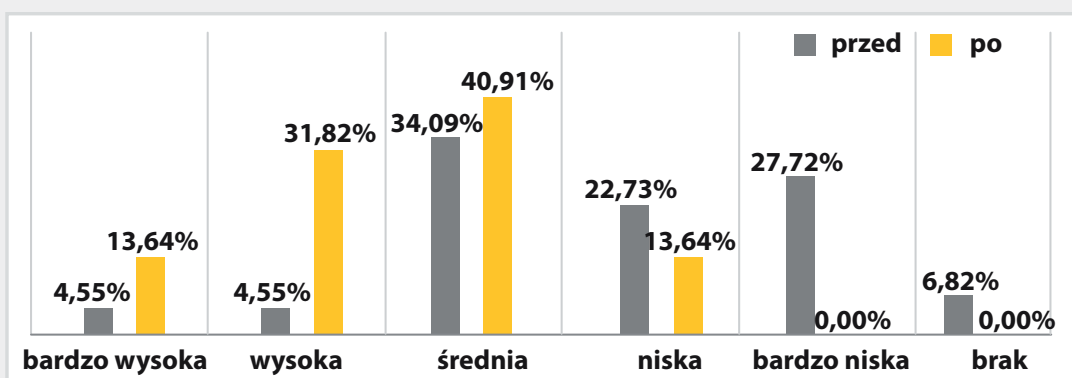
Odpowiedzi dotyczące zrozumiałości mowy (w odniesieniu do głosu normalnego, podniesionego i krzyku) wyraźnie pokazują na znaczną poprawę możliwości komunikacji słownej.



Wykres nr 34. Zrozumiałość poleceń nauczyciela: krzyk



Wykres nr 35. Zrozumiałość poleceń nauczyciela: głos podniesiony

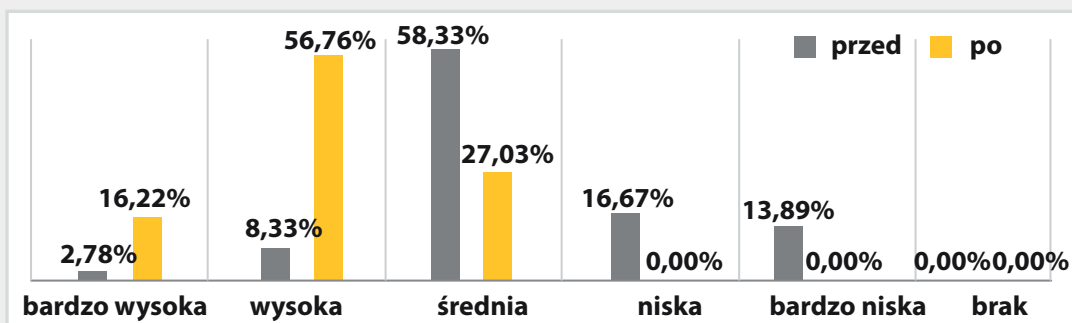


Wykres nr 36. Zrozumiałość poleceń nauczyciela: głos normalny

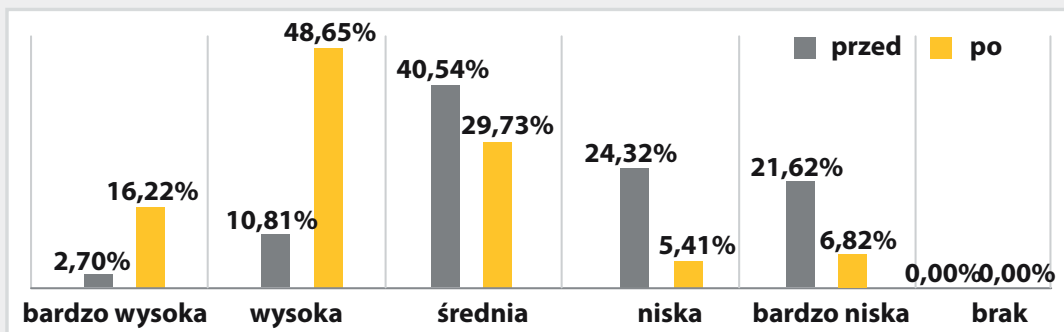
8.5. Pytania szczegółowe: zajęcia w sali sportowej

8.5.1. Zrozumiałość mowy

Największym problemem akustycznym z jakim spotykają się użytkownicy dużych sal sportowych (i podobnych wewnątrz o dużej kubaturze – np. hal basenów pływackich) jest bardzo słaba zrozumiałość mowy, i to niezależnie od tego czy jest używane nagłośnienie czy nie. Nauczycieli zapytano więc o stopień zrozumienia przez uczniów prostych i złożonych poleceń wydawanych przez nauczyciela w trakcie lekcji wychowania fizycznego. Wzrost zrozumiałości mowy był bardzo wyraźny, chociaż nie aż tak wyraźny jak w przypadku sal lekcyjnych (patrz punkt 6.2.3). Wynikać to może z faktu, że sala sportowa, nawet dobrze wytlumiona, zawsze będzie gorszym środowiskiem do bezpośredniej (bez użycia nagłośnienia) komunikacji słownej w porównaniu do klasy lekcyjnej (ze względu na jej większą kubaturę oraz większe odległości mówca – słuchacz).

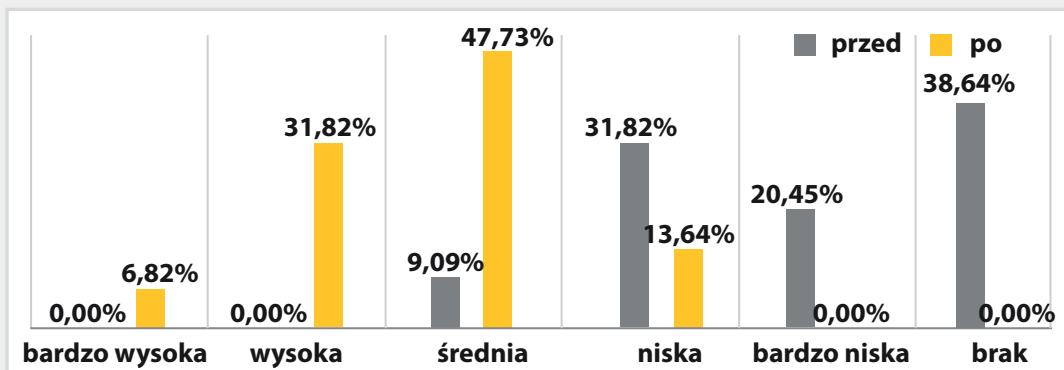


Wykres nr 37. Zrozumiałość prostych poleceń nauczyciela



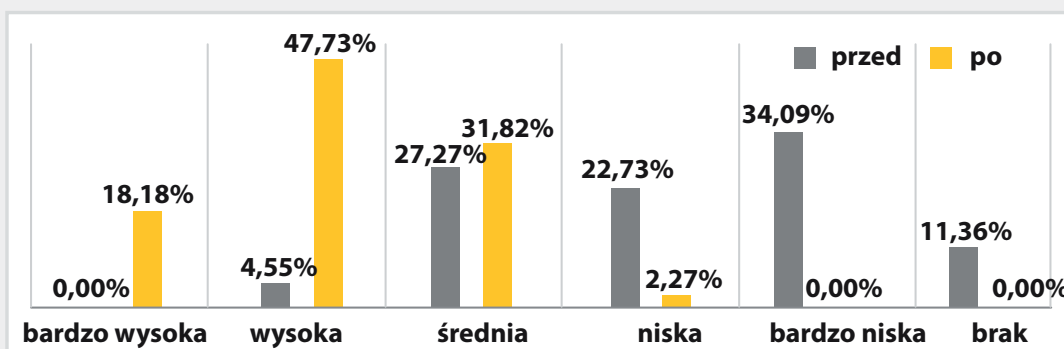
Wykres nr 38. Zrozumiałość złożonych poleceń nauczyciela

Ciekawe wyniki dało pytanie o zrozumiałość mowy w czasie akademii i innych uroczystości organizowanych dla ogółu uczniów w sali sportowej. Opisując imprezy odbywające się przed modernizacją akustyczną, i bez użycia nagłośnienia, 9,1% nauczycieli określiło zrozumiałość mowy jako „średnią” a nikt nie odważył się nazwać jej „wysoką” czy tym bardziej „bardzo wysoką”. Po modernizacji 47,7% z nich użyło określenia „średnia”, a aż 38,6% „wysoka” lub „bardzo wysoka”.



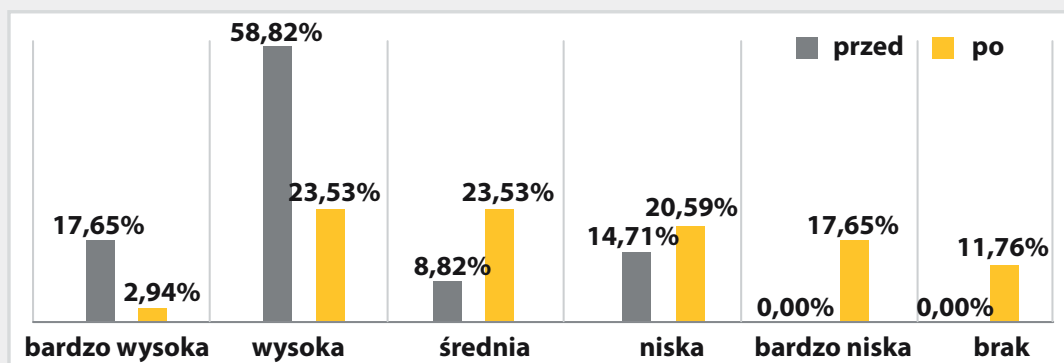
Wykres nr 39. Zrozumiałość mowy w czasie akademii (bez nagłośnienia)

Jeszcze większa różnica ujawniła się w przypadku imprez z nagłośnieniem. Tylko 4,5% nauczycieli określiło zrozumiałość mowy przed wyciszeniem jako „wysoką”. Po wyciszeniu odsetek nauczycieli określających zrozumiałość mowy jako „wysoką” i „bardzo wysoką” wzrósł do 66,0%!



Wykres nr 40. Zrozumiałość mowy w czasie akademii (z nagłośnieniem)

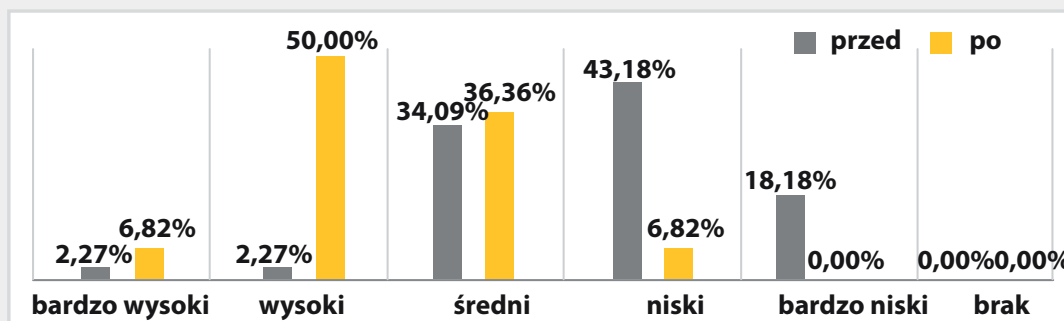
Nauczyciele byli też proszeni o zaznaczenie maksymalnej odległości pomiędzy mówcą i słuchaczem, przy jakiej możliwa jest jeszcze skuteczna komunikacja słowna (chodzi oczywiście o komunikację w czasie zajęć/imprez organizowanych w sali sportowej). Opisując sytuację przed remontem, tylko 23,6% nauczycieli stwierdziło, że taka komunikacja jest możliwa przy odległości powyżej 3 m. Dodatkowo nie znalazł się nikt, kto twierdziłby, że jest ona możliwa przy dystansie przekraczającym 9 m. Przy obecnym wykończeniu sali aż 73,5% uważa, że jest możliwa komunikacja przy dystansie przekraczającym 3 m, w tym 29,4% uważa, że jest ona możliwa nawet przy odległości przekraczającej 9 m.



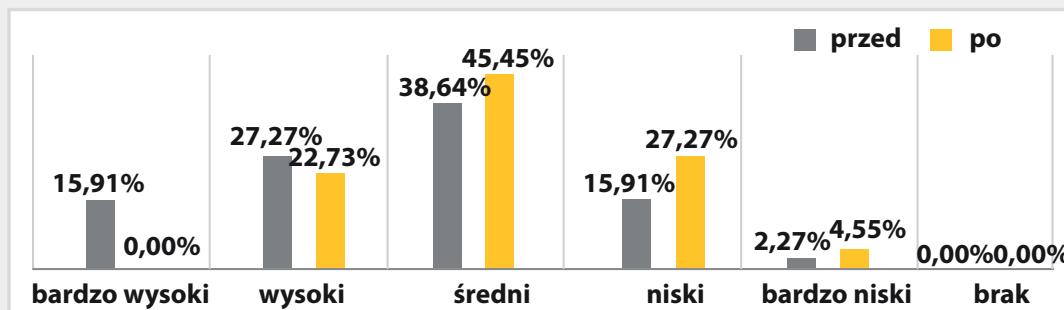
Wykres nr 41. Odległość skutecznej komunikacji słownej

8.5.2. Koncentracja uwagi

Kolejną badaną kwestią był poziom koncentracji uwagi uczniów w trakcie akademii i uroczystości organizowanych w sali sportowej. Na rozproszenie uwagi uczniów w tym środowisku mają wpływ te same czynniki jak w klasie lekcyjnej (patrz: p. 6.2.1. i 6.2.2.), ale jeszcze większego znaczenia nabiera wpływ pogorszonej zrozumiałości mowy (bo jest ona w salach sportowych znacznie niższa niż w klasach lekcyjnych). Z drugiej strony jednak, poprawa zrozumiałości mowy w przypadku sal sportowych przekłada się na jeszcze wyższy wzrost koncentracji uwagi uczniów, niż w przypadku sal lekcyjnych.



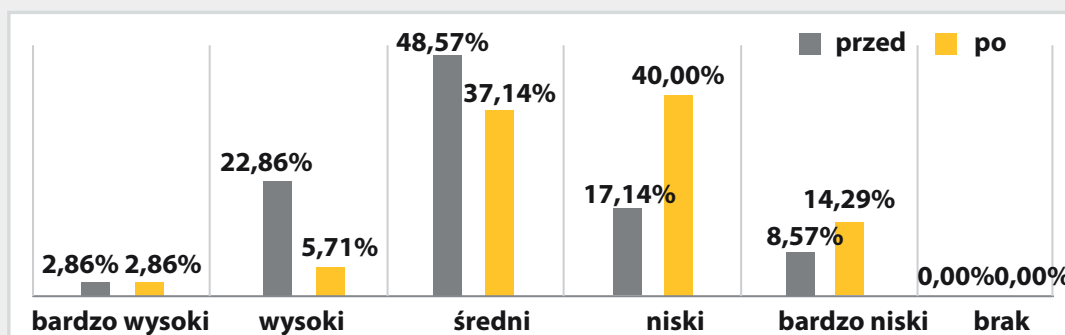
Wykres nr 42. Uroczystość w sali sportowej - stopień koncentracji uwagi



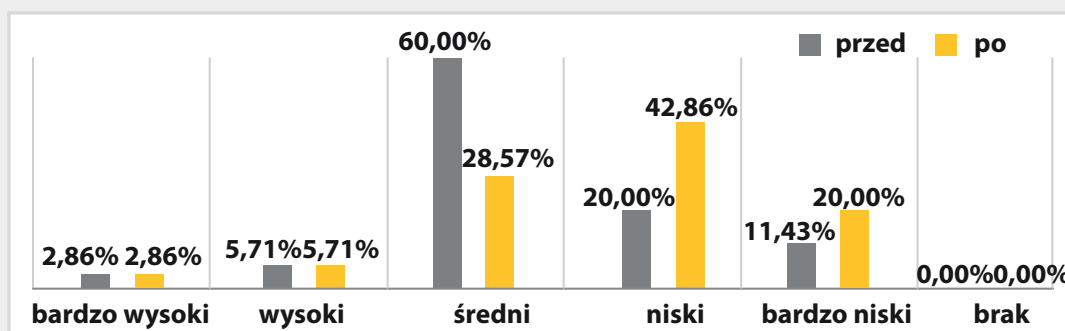
Wykres nr 43. Uroczystość w sali sportowej - stopień rozproszenia uwagi

8.5.3. Agresja

Odpowiedzi na pytania dotyczące agresji w sali sportowej w czasie zajęć wychowania fizycznego, pokazują, że poziom agresji, zwłaszcza fizycznej jest tutaj zdecydowanie niższy niż w przypadku korytarzy w czasie przerw. Najprawdopodobniej wynika to po części z lepszego nadzoru nad uczniami w sali sportowej, jak i z skanalizowania emocji w aktywności fizycznej. Niemniej jednak wyciszenie sali sportowej obniżyło poziom agresji w sali sportowej jeszcze bardziej.



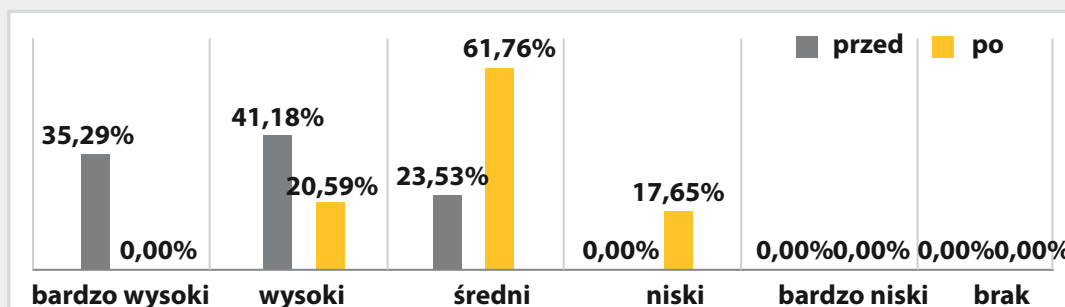
Wykres nr 44. Lekcja WF w sali sportowej - poziom agresji słownej



Wykres nr 45. Lekcja WF w sali sportowej - poziom agresji fizycznej

8.5.4. Zmęczenie

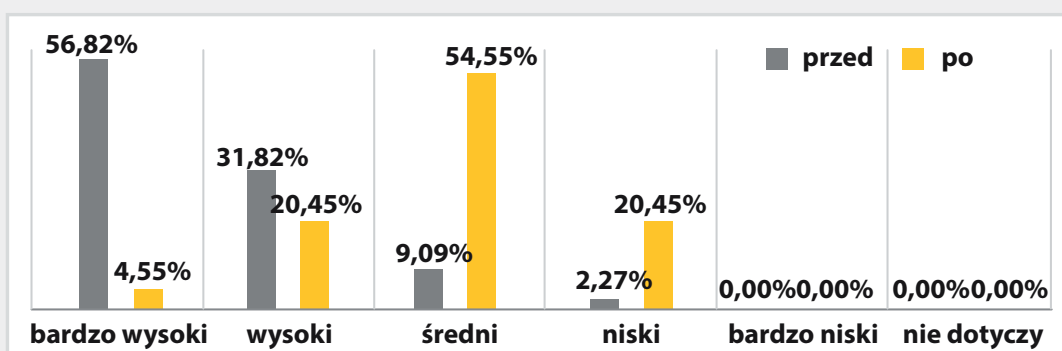
Hałas jest silnym stresorem i jako taki powoduje przyspieszone zmęczenie i znużenie osób zmuszonych do długotrwałego przebywania w głośnych miejscach. Stąd pytanie dotyczące poziomu zmęczenia nauczycieli WF-u po zajęciach. Również tutaj widać ogromną zmianę. Przed wyciszeniem sali sportowej 76,5% odpowiedzi wskazywało na „wysokie” lub „bardzo wysokie” zmęczenie po zajęciach. Po wyciszeniu odsetek ten spadł do 20,6%.



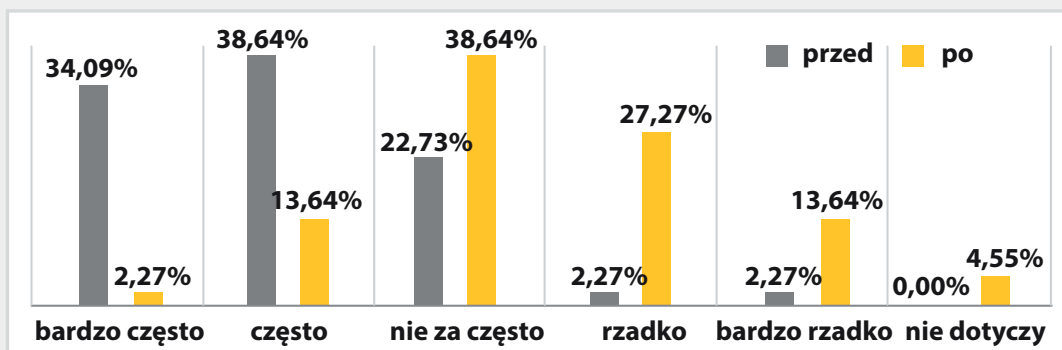
Wykres nr 46. Poziom zmęczenia nauczycieli WF po zajęciach

8.6. Pytania szczegółowe: samopoczucie

Najczęściej występującą dolegliwością (i chorobą zawodową) związaną z zawodem nauczyciela są schorzenia narządu mowy wynikające z forsowania głosu. Nauczyciele muszą dużo mówić w trakcie zajęć, a zwykle duża odległość nauczyciel-uczeń (nawet do 8-9 m) oraz wysoki poziom tła akustycznego zmuszają ich do podnoszenia głosu. Jeszcze gorzej jest w przypadku dyżurów na korytarzach czy w stołówce, gdzie ze względu na ekstremalnie wysokie poziomy hałasu nauczyciele muszą często posługiwać się krzykiem. Obniżenie poziomu dźwięku w całej szkole musi więc prowadzić do pewnej ulgi w tym zakresie. Zapytano więc nauczycieli o poziom zmęczenia głosu po całodziennych zajęciach oraz częstość występowania chrypki (jako skutku forsowania głosu). Odpowiedzi wskazują na skokowy spadek poziomu zmęczenia głosu. Przed wyciszeniem 88,6% nauczycieli deklarowało „wysoki” lub „bardzo wysoki” poziom zmęczenia głosu po zajęciach (z tego 56,8% mówiło o „bardzo wysokim” poziomie zmęczenia. Po wyciszeniu odsetek ten spadł do 25,0% (z tego tylko 4,5% odpowiedzi „bardzo wysoki”). Bardzo podobnie wyglądają zmiany dotyczące częstości występowania chrypki.

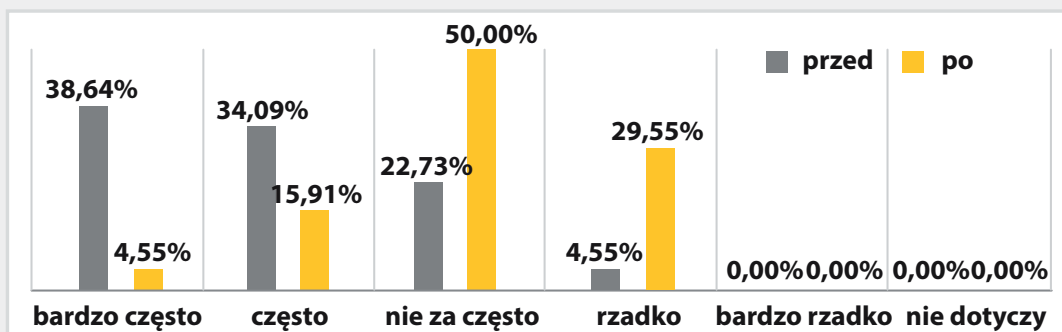


Wykres nr 47. Poziom zmęczenia głosu nauczyciela



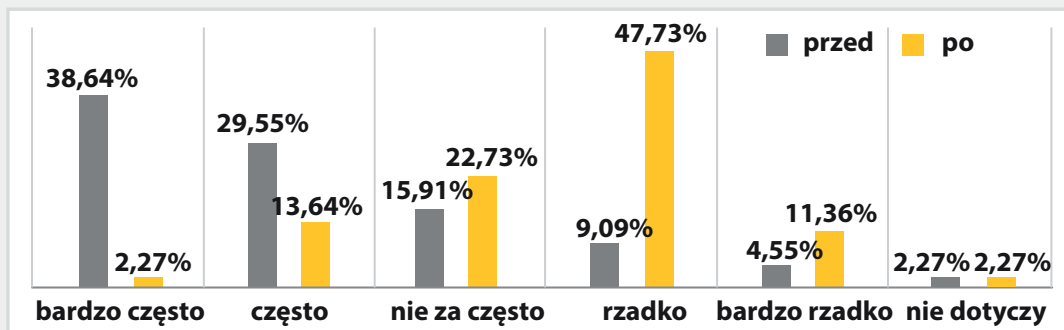
Wykres nr 48. Występowanie chrypki

Częstym skutkiem ekspozycji na hałas są bóle głowy, więc i o te dolegliwości pytani byli nauczyciele. Przed wyciszeniem szkoły 72,7% nauczycieli uskarżało się na „częste” lub „bardzo częste” bóle głowy. Po wyciszeniu jedynie 20,5%. Z drugiej strony odsetek nauczycieli których ta dolegliwość nawiedza tylko „rzadko” wzrósł z 4,5% do 29,5%.



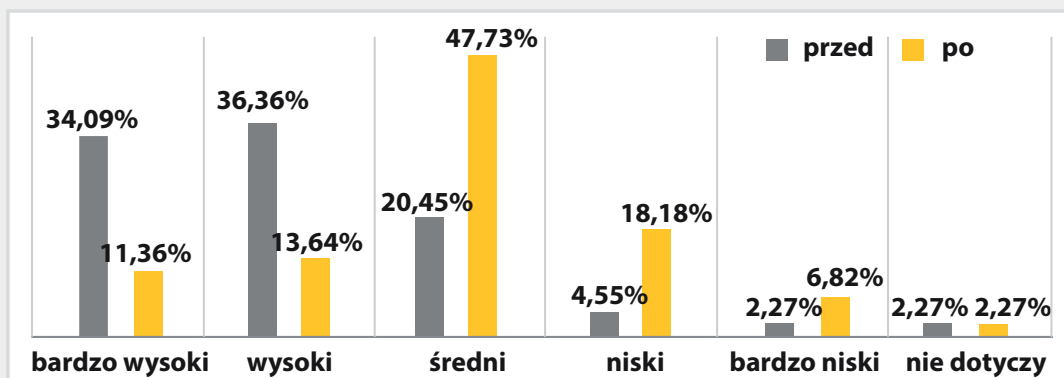
Wykres nr 49. Występowanie bólów głowy

Skutkiem narażenia na hałas są też tzw. szumy uszne (tinnitus), określane potocznie „dzwonieniem w uszach”. Tutaj także widać istotny spadek częstości występowania będący logicznym następstwem spadku poziomu dźwięku w budynku.



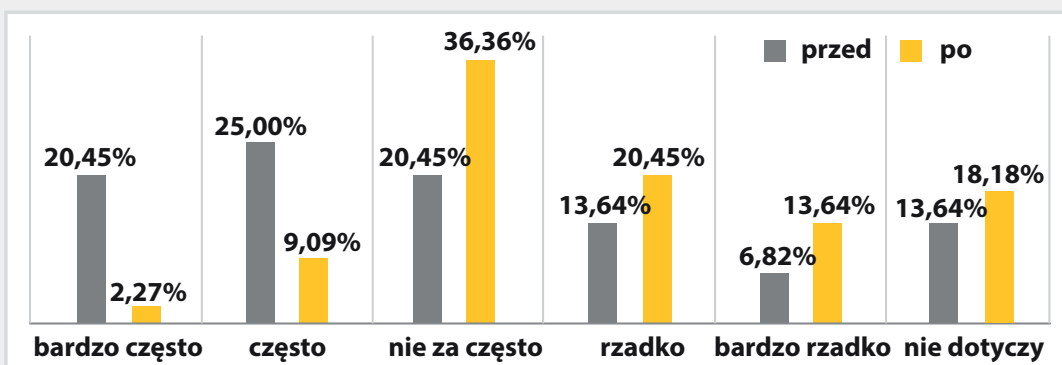
Wykres nr 50. Występowanie szumów usznych

Jak już wcześniej wspomniano hałas jest silnym stresorem, więc jego wyraźne obniżenie w budynku szkoły powinno skutkować równie wyraźnym obniżeniem poziomu stresu u nauczycieli. I tak też się stało. Odsetek nauczycieli deklarujących „bardzo wysoki” lub „wysoki” poziom stresu w pracy spadł z 70,5% do 25,0%, a odsetek tych, którzy wskazują na „niski” lub „bardzo niski” poziom stresu wzrósł z 6,8% do 25,0%.



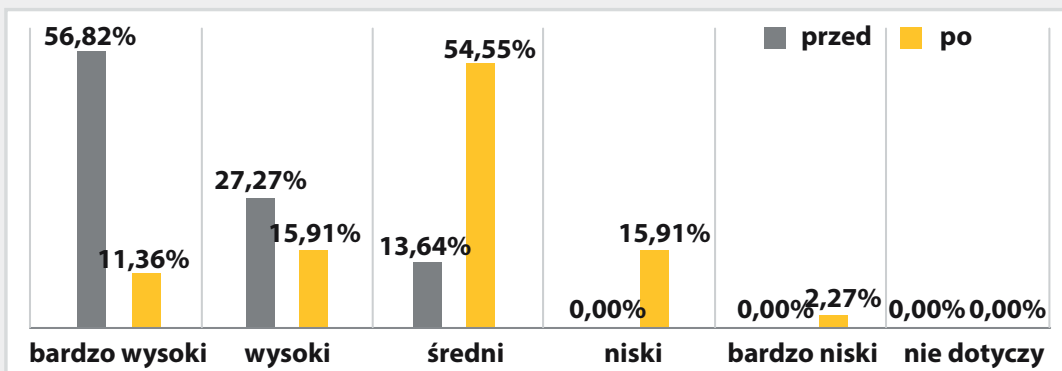
Wykres nr 51. Poziom stresu

Skutkiem stresu doświadczanego w ciągu dnia może być nieświadome zaciskanie szczęk w ciągu snu. To z kolei powoduje odczuwane w ciągu dnia bóle stawu żuchwowo-skroniowego i mięśni żuchwy. Również i o to byli pytani nauczyciele. Odpowiedzi układały się bardzo podobnie jak te dotyczące stresu.



Wykres nr 52. Występowanie bólów żuchwy (szczękocisk)

Wywołany, czy wzmożony hałasem stres jest przyczyną przyspieszonego zmęczenia. Obniżenie poziomu hałasu powinno więc skutkować obniżeniem zmęczenia. Potwierdzają to odpowiedzi nauczycieli. Odsetek tych, którzy deklarowali „wysoki” lub „bardzo wysoki” poziom zmęczenia po zajęciach spadł z 84,1% do 27,3%. Na uwagę zasługuje też spadek odsetka nauczycieli doświadczających „bardzo wysokiego” poziomu zmęczenia z 56,5% do zaledwie 11,4%.



Wykres nr 53. Poziom zmęczenia po zajęciach

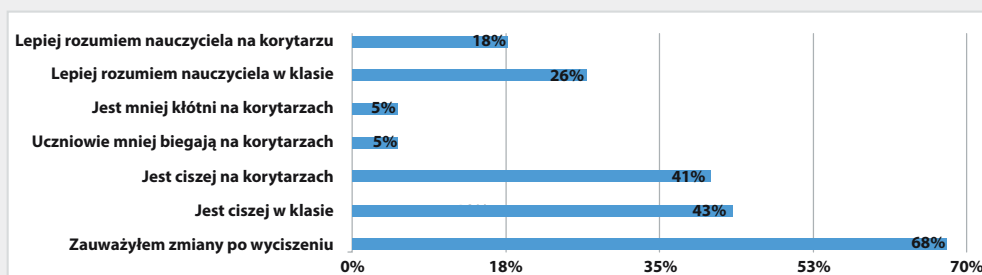


9. Odpowiedzi uczniów

Podobnie jak nauczyciele, uczniowie otrzymali ankietę składającą się z serii szczegółowych pytań dotyczących czterech podstawowych zakresów tematycznych: zajęć w klasach lekcyjnych, zajęć w sali sportowej, przerw na korytarzach oraz ich ogólnego samopoczucia. Pytania dotyczyły co prawda tych samych problemów, ale były nieco inaczej sformułowane i było ich mniej. Szczegółowe pytania poprzedzone jednak były dwoma pytaniami ogólnymi, które pozwoliły wychwycić najważniejsze zmiany.

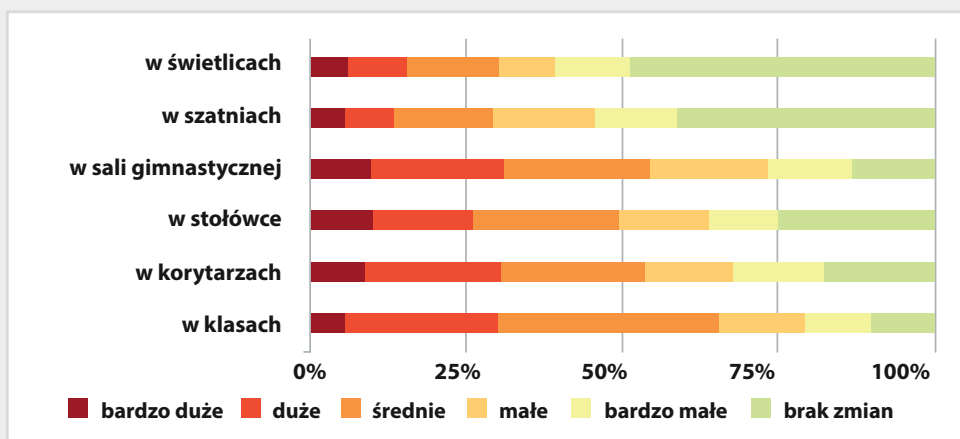
9.1. Pytania ogólne

Pierwsze pytanie dotyczyło ogólnych spostrzeżeń uczniów – byli oni proszeni o zaznaczenie tych z przedstawionych stwierdzeń z którymi się zgadzają. Z uzyskanych odpowiedzi wynika, że dwie trzecie uczniów zauważyła jakiegokolwiek zmiany, a najbardziej zauważalną zmianą jest obniżenie poziomu hałasu.



Wykres nr 54. _

W drugim pytaniu uczniowie byli proszeni o określenie skali zauważonych zmian w poszczególnych typach pomieszczeń. Najwyraźniejsze zmiany zostały przez nich zaobserwowane w klasach lekcyjnych, korytarzach, sali sportowej i stołówce. Warto przy tym zaznaczyć, że uczniowie w wyrażnie mniejszym stopniu odczuli (czy też uzmysłowili sobie) zmiany niż nauczyciele. Na przykład zmiany w klasach lekcyjnych zostały określone jako „bardzo duże” lub „duże” przez 77% nauczycieli i tylko przez 30% uczniów.

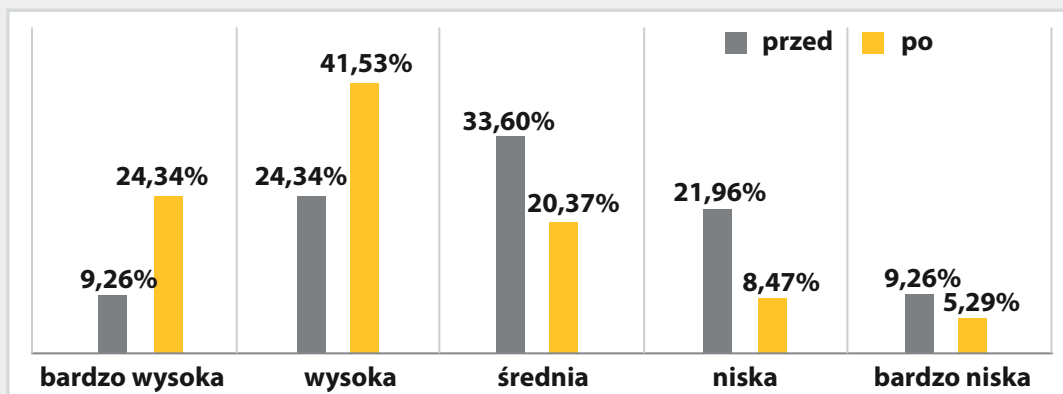


Wykres nr 55. _

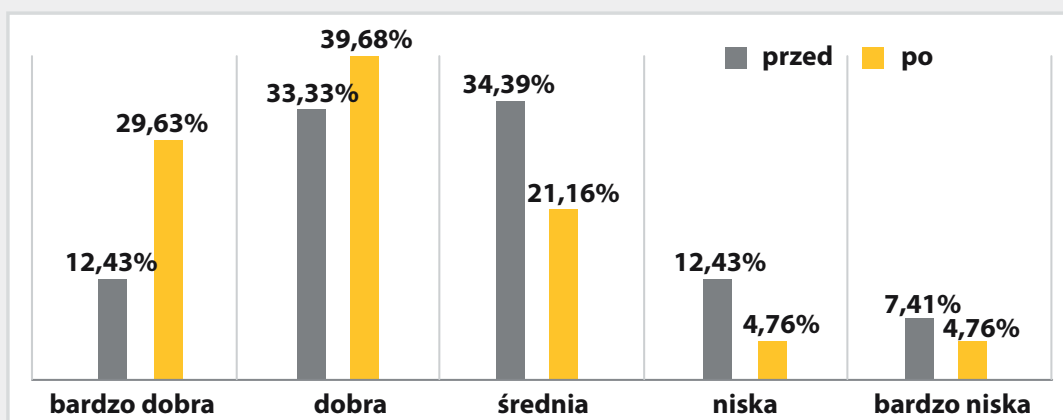
9.2. Pytania szczegółowe: zajęcia w sali lekcyjnej

9.2.1. Praca indywidualna

W przypadku pracy indywidualnej uczniowie byli pytani o stopień koncentracji uwagi, a także o słyszenie i rozumienie poleceń nauczyciela. 33,6% uczniów określiła swoją koncentrację uwagi przed wyciszeniem szkoły jako „wysoką” lub „bardzo wysoką”. Po wyciszeniu takiego zdania było aż 65,9% z nich. W przypadku oceny zrozumiałości poleceń nauczyciela odsetek ten wyniósł odpowiednio 45,8% i 69,3%. Warto zauważyć, że skala zmian wyłaniająca się z odpowiedzi uczniów jest wyrażnie mniejsza niż w przypadku nauczycieli.



Wykres nr 56. Koncentracja uwagi (p. indywidualna)



Wykres nr 57. Zrozumiałość poleceń nauczyciela (p. indywidualna)

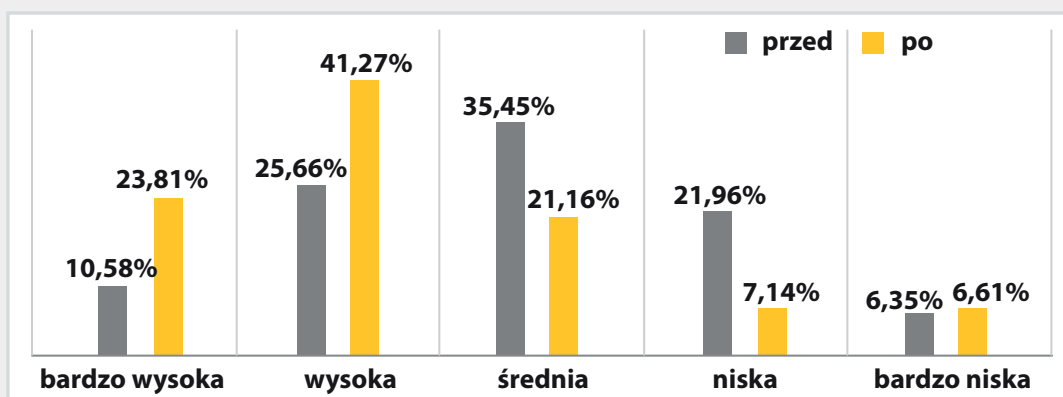
Porównując obie grupy badanych – nauczycieli i uczniów – w zakresie koncentracji uwagi, można zauważyć, że uczniowie w większym stopniu zwrócili uwagę na poprawę swojej koncentracji uwagi na zadaniach im powierzonych po zmianie akustyki w klasie. Wskazuje na to wynik na poziomie bardzo wysokim (24%) i poziomie wysokim (41%) po zmianie akustyki a u nauczycieli poziom wysoki wśród 70% nauczycieli.

To ważna zmiana, gdyż decyduje ona o rozwoju funkcji poznawczych uczniów dzięki właśnie uwadze, która intensywnie rozwija się w okresie późnego dzieciństwa. Lepsza koncentracja uwagi sprawia, że dzieci mogą skupić się na przedmiocie percepcji, na treści zadania czy również kontrolować własną aktywność i czynności. Jest również zdolne do zdobywania zorganizowanego doświadczenia, które jest prowadzone w warunkach szkoły. Dzięki uwadze możliwe jest zarówno uzyskanie potrzebnych informacji, jak również i ich przetwarzanie oraz zapamiętanie. Dokonuje się to za pośrednictwem ukierunkowanego przeglądu (scanningu) eksponowanych bodźców, eliminacji bodźców zbędnych lub nieadekwatnych do oczekiwań, zahamowaniu działań impulsywnych, selekcji i kontroli reakcji własnych.” (Harwas-Napierała B., J. Trempała, s. 134)

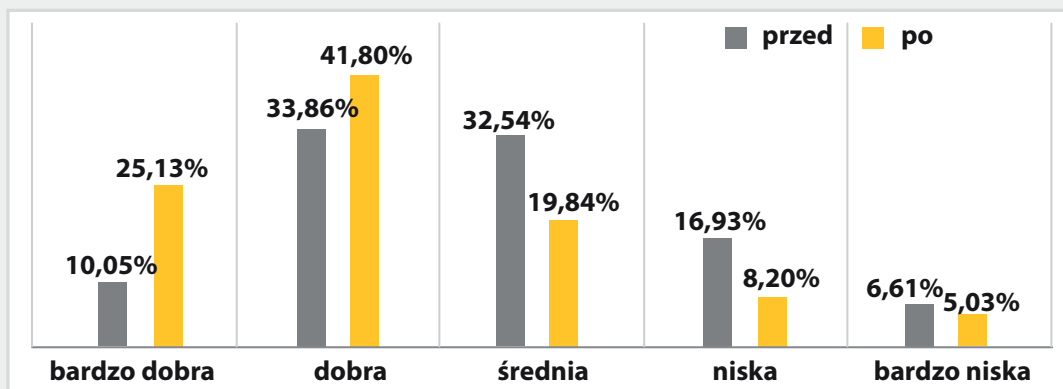
W okresie wczesnej edukacji jest wyraźna zmiana rozwojowa w obrębie uwagi dziecka – to zmiana zarówno ilościowa jak i jakościowa. Dziecko może dłużej skupić swoją uwagę, ale również rozwija się uwaga dowolna – tzn., że uwaga zaczyna być kontrolowana przez wewnętrzne reguły poznawcze. Zmiany w obrębie uwagi są wynikiem dojrzewania centralnego układu nerwowego oraz efektem uczenia się. Zatem środowisko szkolne, gdzie dokonują się te zmiany jest bardzo ważne, im bardziej sprzyjające tym lepiej dla rozwoju. Akustyka szkoły – jak zauważają i uczniowie i nauczyciele, ma tu ogromne znaczenie.

9.2.2. Praca w grupach

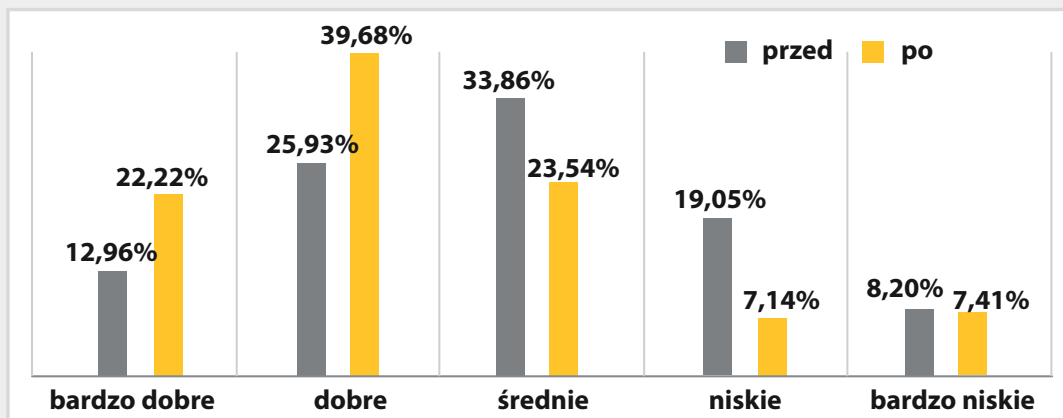
W przypadku pracy w grupach uczniowie byli pytani również o ich koncentrację uwagi i zrozumiałość poleceń nauczyciela, ale także o stopień wzajemnego rozumienia się w grupie (chodzi o zrozumiałość mowy). Odpowiedzi dotyczące koncentracji uwagi i zrozumiałości poleceń nauczyciela w czasie zajęć w grupach rozkładały się bardzo podobnie jak w przypadku pracy indywidualnej. Również odpowiedzi dotyczące zrozumiałości mowy w ramach grupy pokazują podobną dynamikę poprawy.



Wykres nr 58. Koncentracja uwagi (p. grupowa)



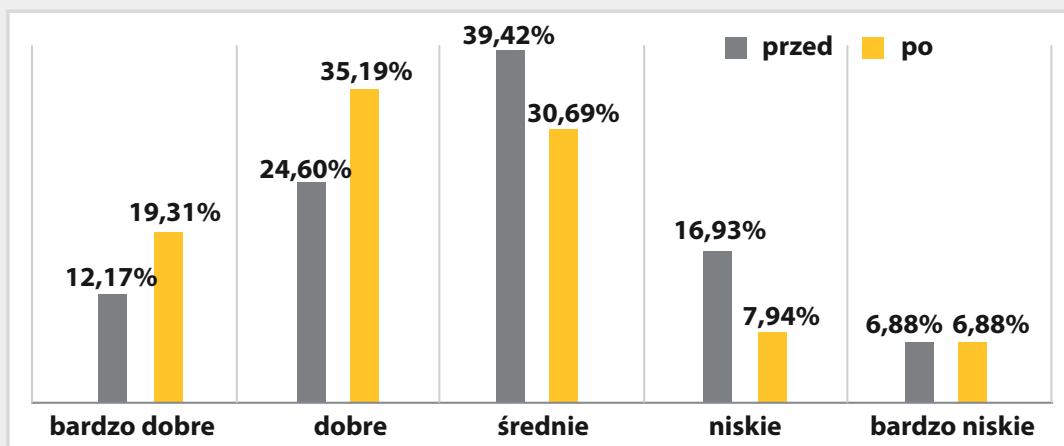
Wykres nr 59. Zrozumiałość poleceń nauczyciela (p. grupowa)



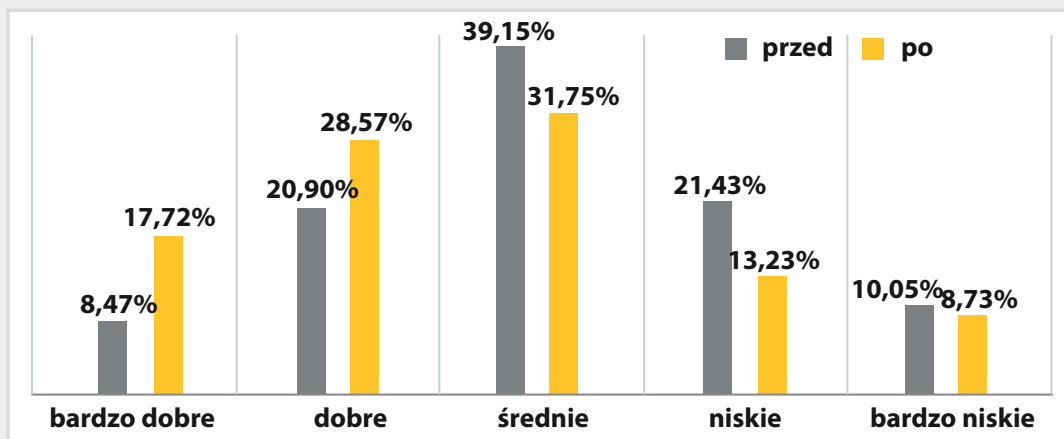
Wykres nr 60. Wzajemne rozumienie się uczniów (p. grupowa)

9.2.3. Tempo pracy i poziom zmęczenia

Uczniowie wskazali na widoczne zwiększenie tempa ich pracy po modernizacji akustycznej, jednak ta zmiana w ich ocenie nie była tak duża, jak w oczach nauczycieli. Przede wszystkim bez porównania bardziej optymistycznie niż nauczyciele charakteryzowali tempo swojej pracy przed wyciszeniem budynku szkoły. Co więcej nie dostrzegają różnicy w tempie swojej pracy na lekcjach porannych i popołudniowych (zarówno przed jak i po wyciszeniu). Jest to zaskakujące wobec rzucającej się w oczy różnicy między tyli lekcjami w odpowiedziach nauczycieli.

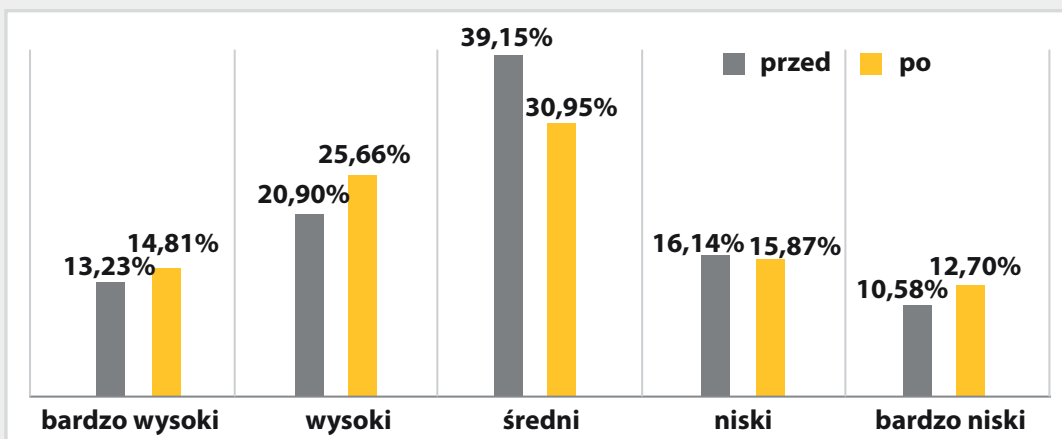


Wykres nr 61. Tempo pracy na lekcjach porannych

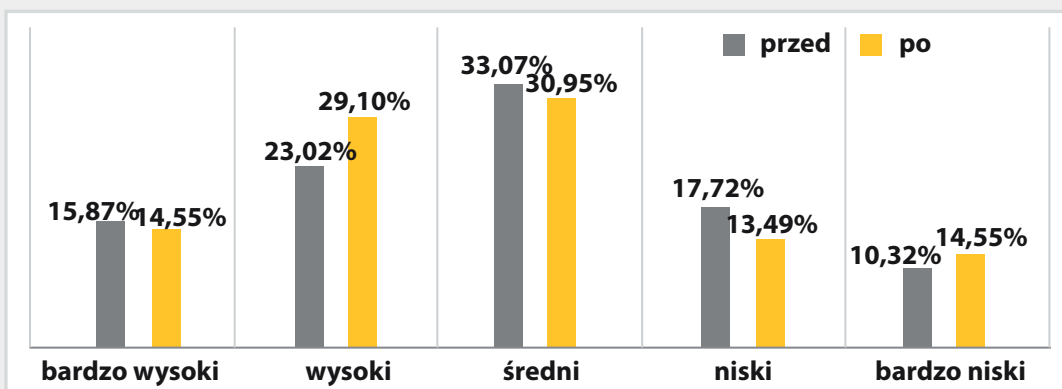


Wykres nr 62. Tempo pracy na lekcjach popołudniowych

Uczniowie nie zauważyli praktycznie żadnych zmian w poziomie swojego zmęczenia w szkole po jej wyciszeniu. Nie widzą też różnicy w poziomie swojego zmęczenia na lekcjach porannych i popołudniowych (tak przed jak i po modernizacji). Ponieważ taka różnica rzucała się w oczy w odpowiedziach nauczycieli (dotyczących poziomu zmęczenia uczniów), można przyjąć, że uczniowie są w ogóle nieświadomi swojego zmęczenia w szkole.



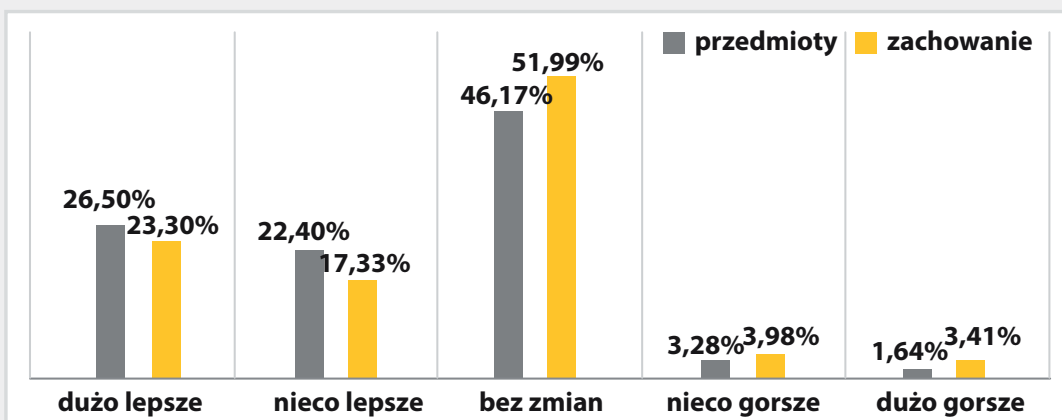
Wykres nr 63. Poziom zmęczenia po lekcjach porannych



Wykres nr 64. Poziom zmęczenia po lekcjach popołudniowych

9.3. Pytania szczegółowe: oceny okresowe

Pytani o oceny okresowe uczniowie wskazują na ich poprawę w okresie po modernizacji akustycznej, jednak w jej ocenie są dużo ostrożniejsi od nauczycieli. Część z nich nawet oceniła, że ich oceny okresowe są teraz „nieco gorsze” lub „dużo gorsze”. Trzeba jednak pamiętać, że pytanie skierowane do poszczególnych uczniów dotyczyło ich indywidualnych ocen, a nauczyciele byli pytani o oceny ogółu uczniów.

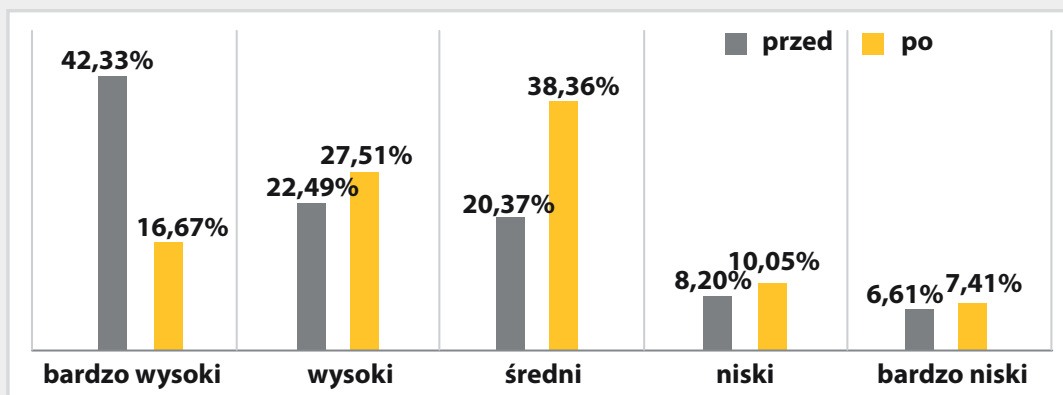


Wykres nr 65. Moje oceny okresowe są po wyciszeniu

9.4. Pytania szczegółowe: przerwy na korytarzach

9.4.1. Poziom hałasu

Odsetek uczniów, którzy oceniali poziom hałasu na korytarzach jako „bardzo wysoki” spadł z blisko 42,3% do ok. 16,7%. Uczniowie zauważyli zmianę ale jej skalę ocenili znacznie ostrożniej niż nauczyciele.

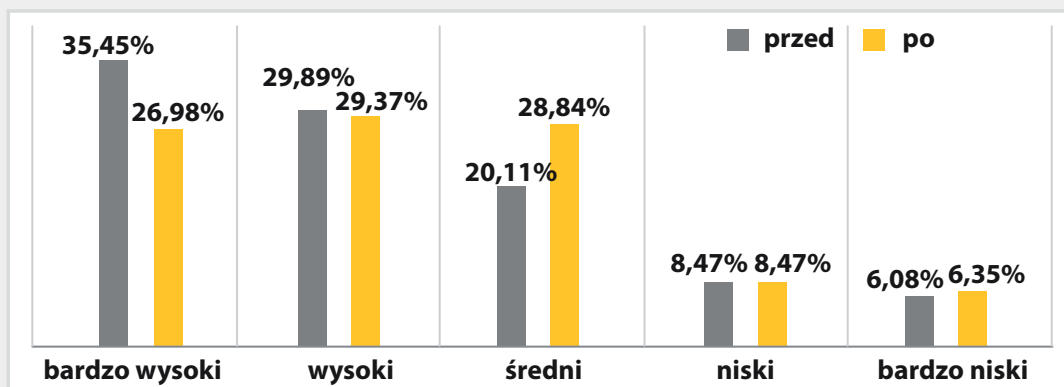


Wykres nr 66. Poziom hałasu na korytarzach

9.4.2. Poziom pobudzenia uczniów i agresji

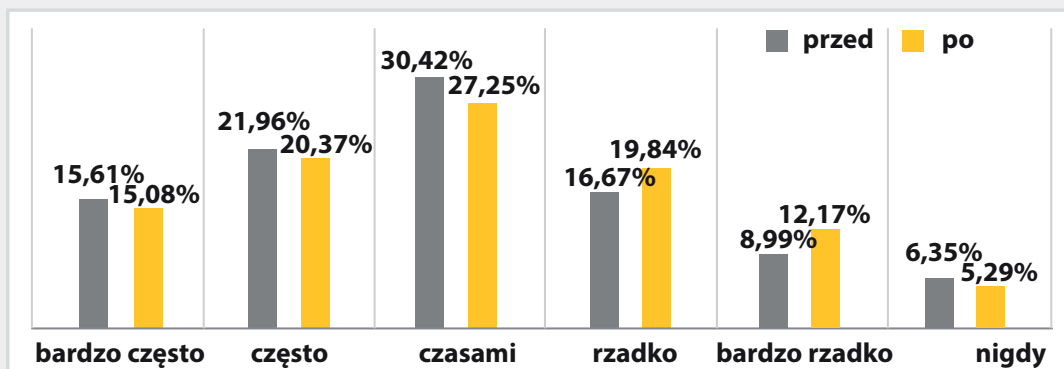
Uczniów, podobnie jak i nauczycieli, pytano o poziom ich agresji i pobudzenia na korytarzach szkolnych w czasie przerw. Zastąpiono jedynie pojęcie „pobudzenie” przez „aktywność”, precyzując, że chodzi o bieganie. Uczniowie zaobserwowali nieznaczny (dużo mniejszy niż nauczyciele) spadek poziomu aktywności uczniów na przerwie: 65,3% odpowiedzi „wysoki” i „bardzo wysoki” dla stanu sprzed wyciszenia i 56,3% dla stanu obecnego.

Warto dodać, że w szkole obowiązuje zakaz używania smartfonów.

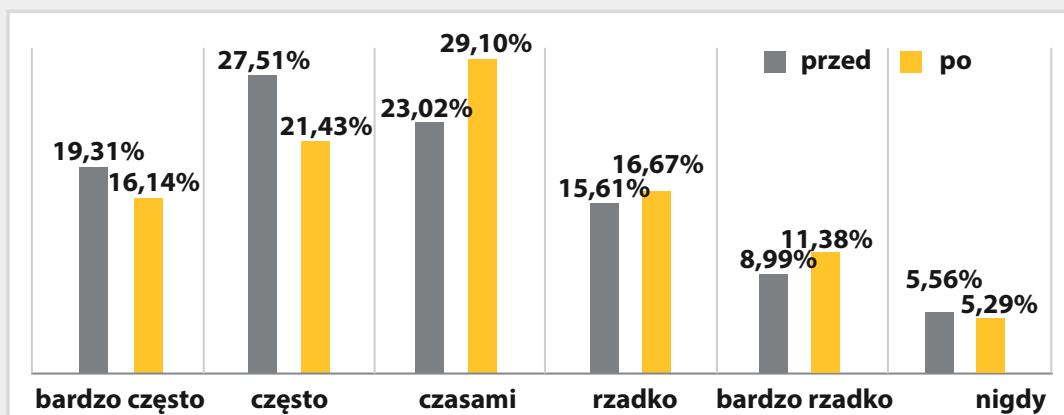


Wykres nr 67. Poziom aktywności uczniów na przerwach

Z odpowiedzi uczniów wynika, że zaobserwowali oni pewien spadek agresji fizycznej, ale jest on według nich znacznie mniejszy niż w ocenie nauczycieli. W przypadku agresji słownej zaobserwowane zmiany są jeszcze subtelniejsze. Na uwagę zasługuje ogólnie wyższy w ocenie uczniów poziom agresji fizycznej niż w przypadku oceny nauczycieli.



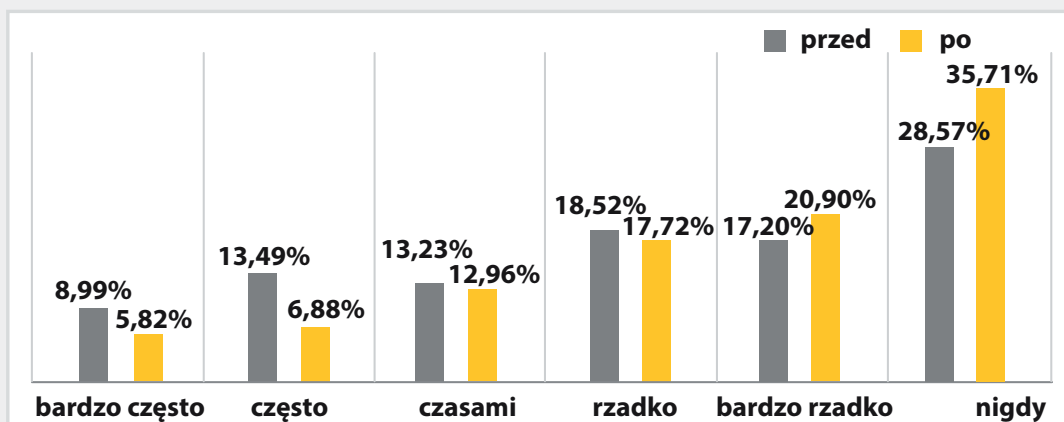
Wykres nr 68. Występowanie agresji słownej



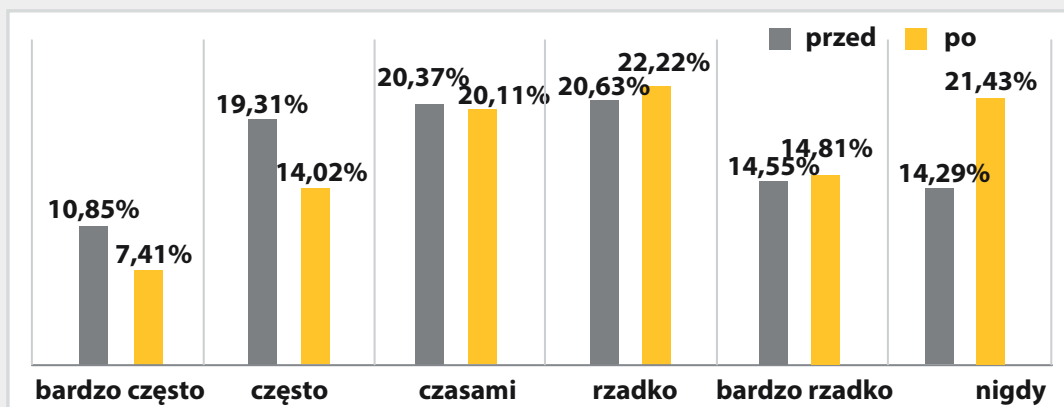
Wykres nr 69. Występowanie agresji fizycznej

9.4.3. Komunikacja słowna

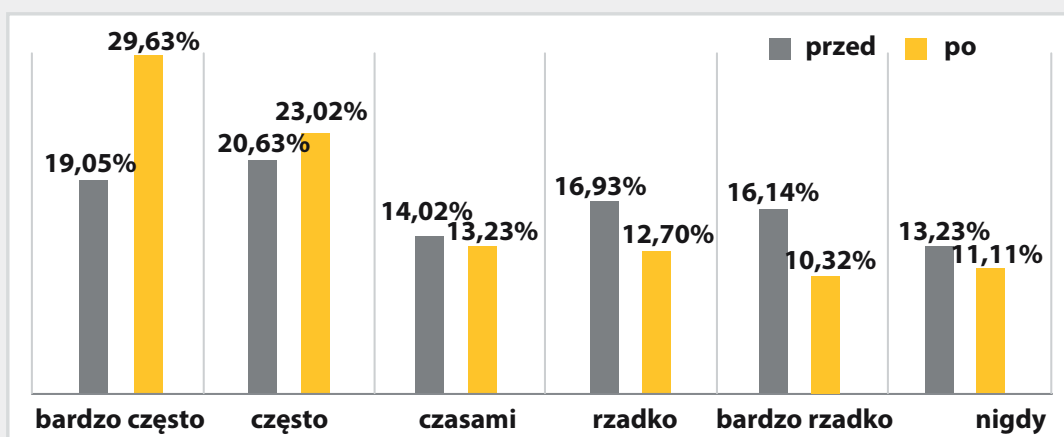
Podobnie jak było to w wypadku nauczycieli, uczniów pytano jak często nauczyciele muszą używać podniesionego głosu lub krzyku komunikując się z uczniami na korytarzach (w czasie przerwy). Odsetek uczniów wskazujących „częste” lub „bardzo częste” używanie krzyku przez nauczycieli spadł z 22,5% do 12,7%. Z drugiej strony odsetek uczniów, wskazujących, że nauczyciele „często” lub „bardzo często” komunikują się przy użyciu normalnego głosu wzrósł z 39,7% do 52,6%. Także tutaj zmiany wskazywane przez uczniów są wyraźne, ale nie tak duże jak te opisywane przez nauczycieli.



Wykres nr 70. Nauczyciele muszą używać krzyku



Wykres nr 71. Nauczyciele muszą podnosić głos

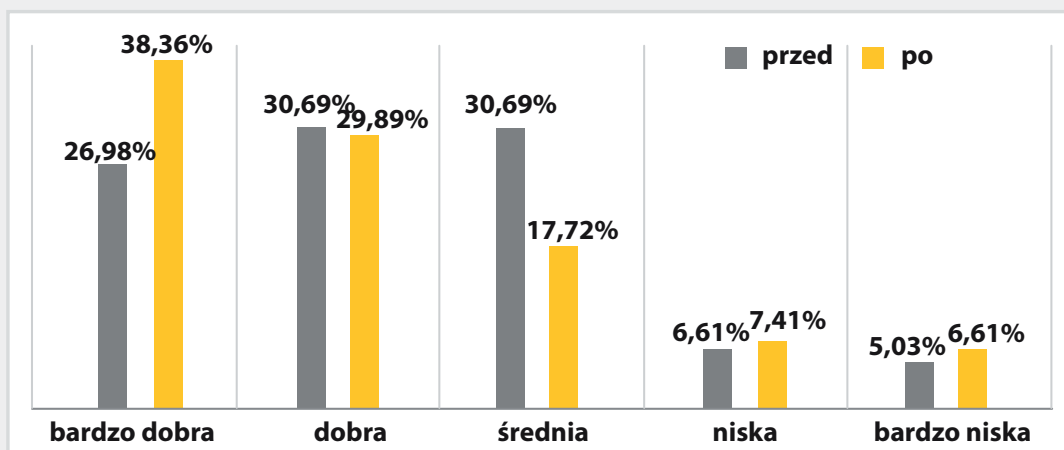


Wykres nr 72. Nauczyciele mówią normalnym głosem

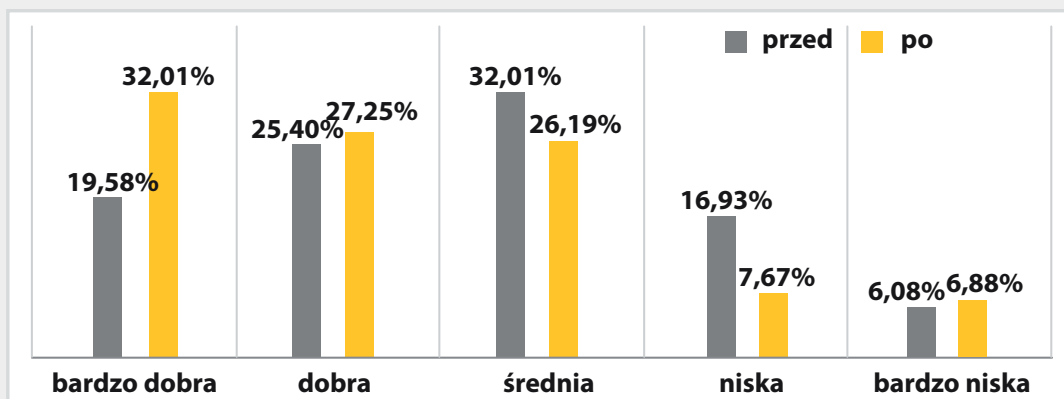
9.5. Pytania szczegółowe: zajęcia w sali sportowej

9.5.1. Zrozumiałość mowy

Uczniów pytano o stopień zrozumienia przez nich prostych i złożonych poleceń wydawanych przez nauczyciela w trakcie lekcji wychowania fizycznego. Wzrost zrozumiałości mowy był wyraźny, chociaż nie aż tak mocno wyrażony jak w przypadku odpowiedzi nauczycieli na to samo pytanie.

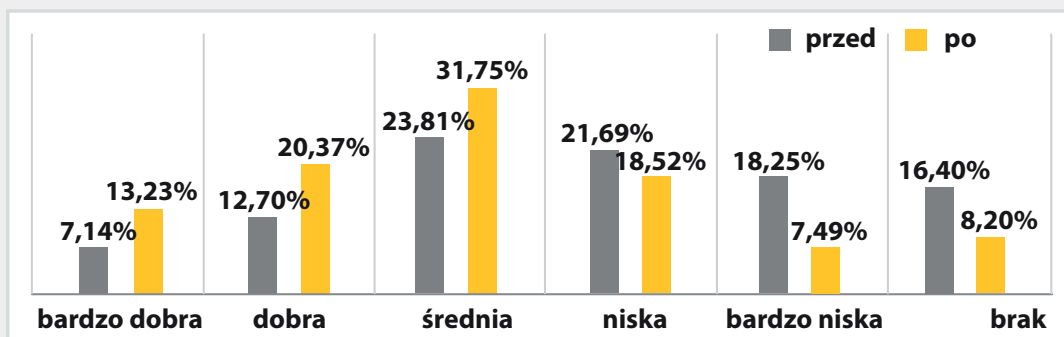


Wykres nr 73. Zrozumiałość prostych poleceń nauczyciela

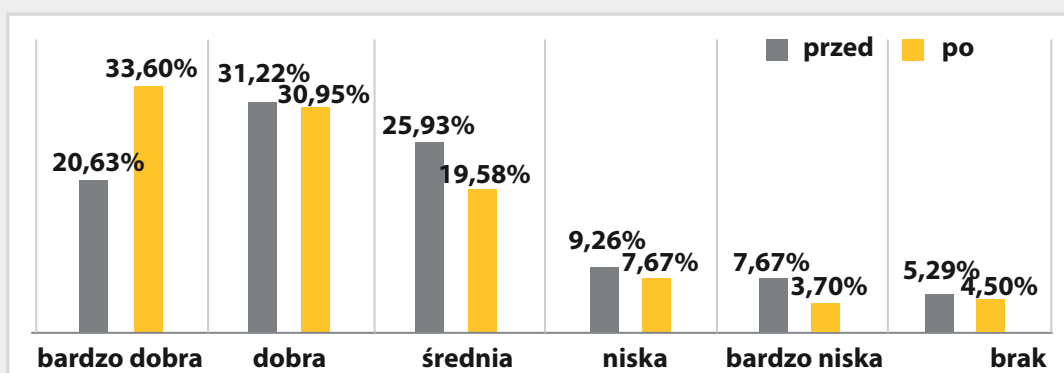


Wykres nr 74. Zrozumiałość złożonych poleceń nauczyciela

Podobnie jest z uczniowską oceną stopnia zrozumiałości mowy w trakcie uroczystości organizowanych w sali sportowej. Poprawa jest wyraźnie widoczna, ale nie tak głęboka jak to wynika z odpowiedzi nauczycieli.



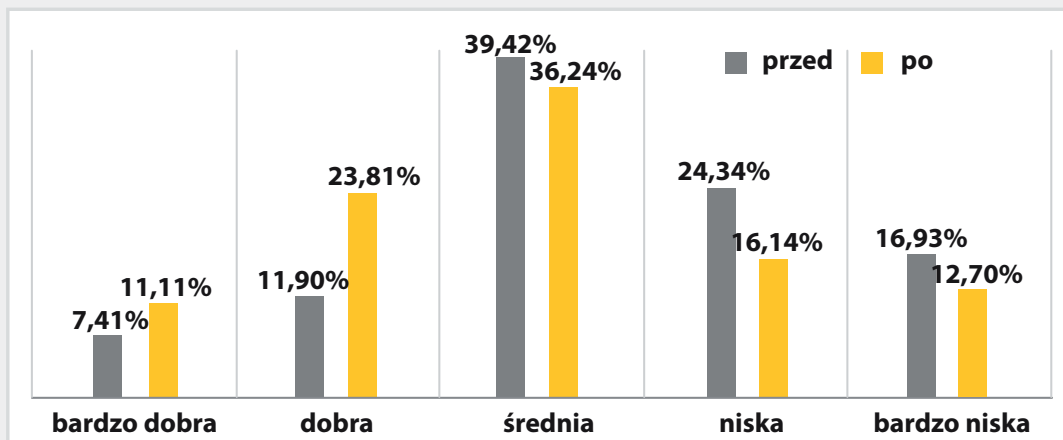
Wykres nr 75. Zrozumiałość mowy podczas uroczystości (bez nagłośnienia)



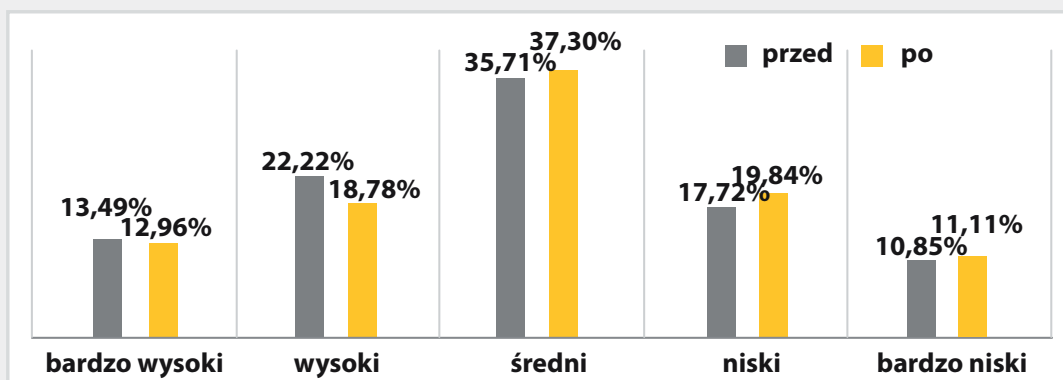
Wykres nr 76. Zrozumiałość mowy podczas uroczystości (z nagłośnieniem)

9.5.2. Koncentracja uwagi

Uczniowie widzą poprawę w swojej koncentracji uwagi w czasie uroczystości w sali sportowej, ale w ich oczach ta poprawa nie jest tak duża jak to widzą nauczyciele. Co ciekawe, zupełnie nie zauważają zmiany w stopniu rozproszenia swojej uwagi przed i po modernizacji akustycznej sali sportowej.



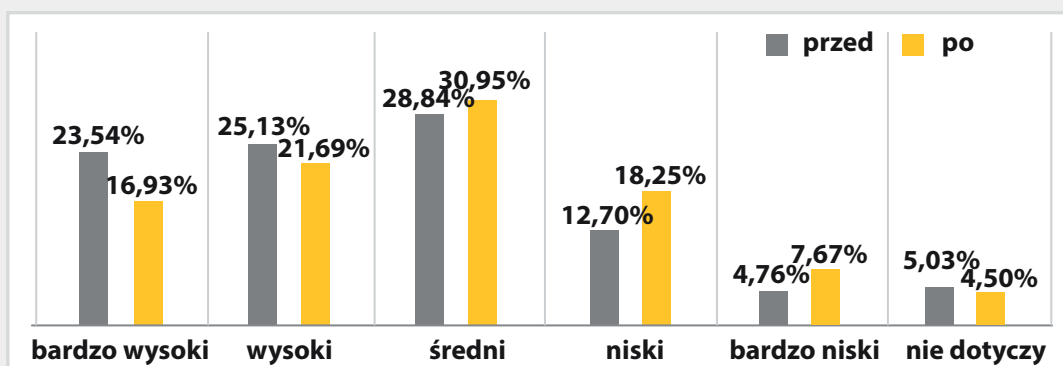
Wykres nr 77. Stopień skupienia uwagi podczas uroczystości



Wykres nr 78. Stopień rozproszenia uwagi podczas uroczystości

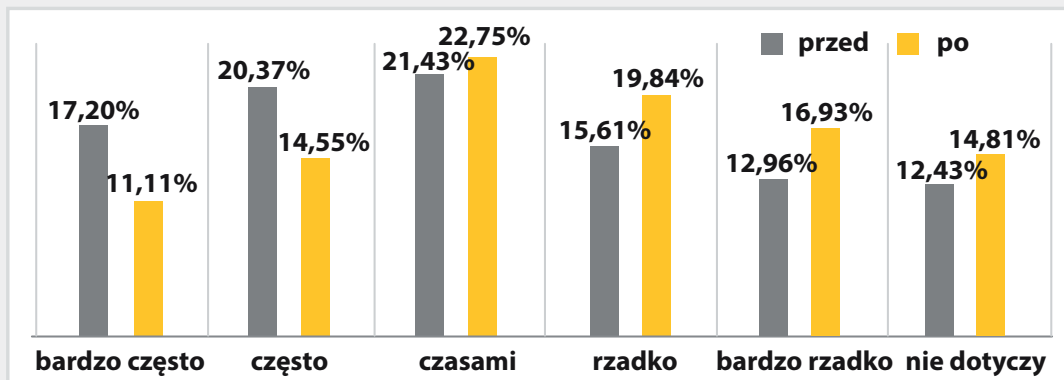
9.6. Pytania szczegółowe: samopoczucie

Uczniowie zauważają spadek swojego ogólnego poziomu zmęczenia po lekcjach: odsetek oceniających ten poziom jako „wysoki” lub „bardzo wysoki” spadł z 48,7% do 38,6%. Obserwowany przez uczniów spadek poziomu zmęczenia po lekcjach jest niewielki (w stosunku do tego co opisują nauczyciele), ale i tak większy niż ten, który obserwują oni w czasie lekcji (patrz: p 7.2.3.).

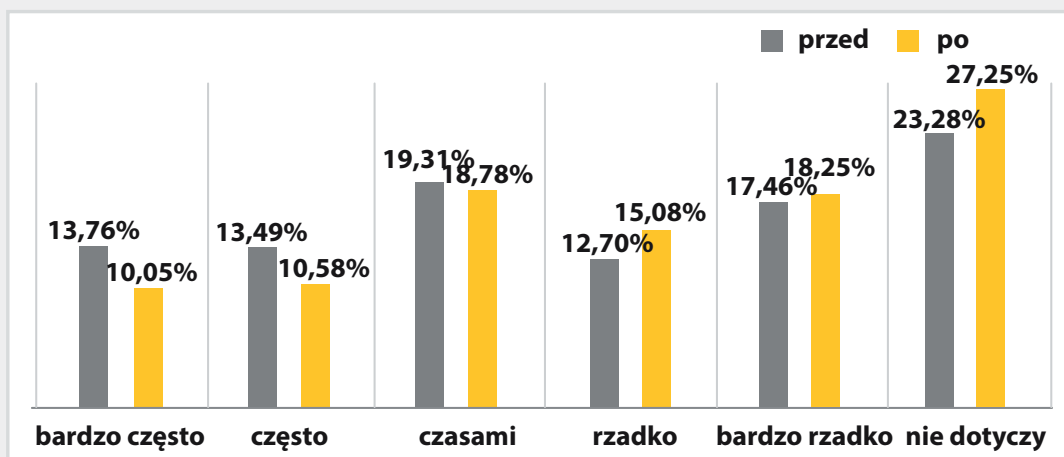


Wykres nr 79. Poziom ogólnego zmęczenia po zajęciach

Uczniowie zauważyli też spadek częstości występowania u nich bólów głowy, jednak zarówno ten spadek, jak i powszechność tej dolegliwości wśród uczniów jest wyraźnie niższa niż w przypadku nauczycieli. Podobne stwierdzenie można odnieść do szumów usznych.



Wykres nr 80. Występowanie bólów głowy



Wykres nr 81. Występowanie szumów usznych

10.

Podsumowanie

Wpływ czasu oddziaływania hałasu na krótkoterminowe i długoterminową reakcję narządu słuchu u dzieci i dorosłych prowadzi do następujących obserwacji. Po pierwsze, wykryto między innymi mechanizm obronny narządu słuchu, polegający na podniesieniu progu słyszenia zależnego nie tylko od poziomu ciśnienia akustycznego hałasu, ale również czasu oddziaływania. Po drugie powrót do progu słyszenia do wartości wyjściowej, wymaga czasu i to tym dłuższego, im wyższy jest poziom hałasu powodujące narażenie. (A.Lipowczan, 2016, s. 8).

Jeśli na stanowisku pracy zmierzono 100dB, to bezpieczny dla narażonego człowieka czas działania takiego hałasu wynosi 1000s (ok 16 min), po czym osoba ta powinna resztę doby spędzać w środowisku zapewniającym regenerację organizmu. (Lipowczan, 2019, s.7).

Jeśli poziom ekspozycji na hałas nie jest wystarczająco wysoki dla uszkodzenia słuchu, to zawsze możemy mówić o czasowym podniesieniu progu słyszenia.

Uczeń narażony przez 20 min na hałas o poziomie ok. 85 dB będzie miał przytępiony słuch, jego próg słyszenia zostanie podniesiony o kilka decybeli - słuch wróci do pełnej sprawności po 45-50 min.

Idąc tą myślą warto troszczyć się o środowisko akustyczne uczniów i nauczycieli dla lepszego funkcjonowania obu tych środowisk. Zaprezentowane wyniki badań są jedynie wycinkiem szeroko zaprojektowanych badań. W podsumowaniu podano również inne badane obszary z badań subiektywnych, badających opinie uczniów i nauczycieli.

W zakresie warunków własnej pracy nauczyciele dostrzegają zmianę głównie w polepszeniu ogólnego komfortu pracy (77,27 %), w drugiej kolejności zmiany w wysiłku głosowym po całym dniu pracy (45,45%) oraz zmianie komfortu pracy w czasie dyżurów na korytarzach (43,18%).

Nauczyciele dostrzegali również zmiany w zakresie osiągnięć szkolnych uczniów (okres obejmował czas około 1 semestru). Zmianę pozytywną zauważyło 67% badanych. W opinii nauczycieli stopień skupienia uwagi ucznia na zadaniu, stopień wykonania prostych i złożonych poleceń jest statystycznie wyższy po wyciszeniu, założona hipoteza o wpływie adaptacji akustycznej na te elementy się potwierdziła,

W przypadku uczniów obliczenia statystyczne pozwoliły na pozytywną weryfikację założonych hipotez, zatem adaptacja akustyczna w szkole wpływa pozytywnie na poziom skupienia uwagi uczniów, słyszenie i rozumienie poleceń nauczyciela. Wymienione elementy są statystycznie wyższe niż przed wyciszeniem.



11. Terminy akustyczne

11.1. Pochłanianie dźwięku i chłonność akustyczna

Fala dźwiękowa docierająca do przeszkody może zostać przez nią pochłonięta lub odbita.

Stopień dźwiękochłonności danego materiału określają współczynniki pochłaniania dźwięku α , które przyjmują wartości z zakresu 0–1. Jeżeli dla danego materiału i dla danego pasma częstotliwości współczynnik α przyjmuje wartość 0,6, oznacza to, że materiał ten pochłania 60% energii padającej na niego fali dźwiękowej, a odbija 40%. Wartości współczynnika pochłaniania dźwięku dla danego materiału mogą się znacząco różnić w zależności od częstotliwości dźwięku (patrz: tabela poniżej).

Znając własności dźwiękochłonne materiałów użytych we wnętrzu, można obliczyć chłonność akustyczną całego pomieszczenia:

$$A_{\text{pom}} = S_1 \times \alpha_1 + S_2 \times \alpha_2 + S_3 \times \alpha_3 + \dots$$

gdzie S_n – pole powierzchni poszczególnych elementów ograniczających wnętrze (ściany, okna, sufit itd.),
 α_n – właściwy dla tego elementu współczynnik pochłaniania dźwięku.

Obliczając chłonność akustyczną pomieszczenia można także uwzględnić chłonność akustyczną powietrza w nim zawartego oraz znajdujących się w nim obiektów (np. mebli). Dla tego samego pomieszczenia chłonność akustyczna w różnych pasmach częstotliwości może się znacznie różnić.

Materiał	Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku α_p					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Tynk cem.-wap., szpachlowany i szlifowany	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Mur ceglany z wypełnionymi spoinami, nietynkowany i niemalowany	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07
Płyty GK 2x12,5 mm na profilach stalowych z wypełnieniem wełną mineralną	0,15	0,10	0,06	0,04	0,04	0,05
Podwójne szklenie 3/10/3	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
Wykładzina PCW na wylewce cementowej	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05
Podłoga sportowa na legarach	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Wykładzina dywanowa pętłkowa gr. 5 mm klejona na wylewce cementowej	0,01	0,02	0,06	0,15	0,28	0,35
Tablica z miękkiej płyty pilśniowej zainstalowana na masywnej ścianie	0,05	0,07	0,10	0,10	0,10	0,10
Dźwiękochłonne panele ściennie z wełny szklanej grubości 40 mm	0,25	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00
Dźwiękochłonny sufit podwieszony wypełniony płytami z wełny szklanej grubości 40 mm, odległość od stropu 200 mm	0,60	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00

11.2. Pogłos i czas pogłosu

Pogłos jest zjawiskiem stopniowego zanikania energii dźwięku w pomieszczeniu po wyłączeniu źródła dźwięku. Jest związany z występowaniem dużej liczby odbić fal dźwiękowych od powierzchni ograniczających to pomieszczenie oraz przedmiotów w nim się znajdujących. Jeżeli odstęp czasowy pomiędzy kolejnymi odbiciami docierającymi do słuchacza jest mały (przyjmuje się zwykle, że mniejszy niż 50 ms), zlewają się one w jeden ciągły dźwięk. Ponieważ każde kolejne odbicie fali dźwiękowej i każdy metr pokonywanej przez nią przestrzeni oznacza pewną utratę energii (wskutek pochłaniania dźwięku przez powietrze oraz odbicia od kolejnych powierzchni), kolejne odbite dźwięki docierające do słuchacza są coraz cichsze. Z tego powodu każdy impuls dźwiękowy w pomieszczeniu nie urywa się nagle jak w przestrzeni otwartej, tylko stopniowo zanika. Tempo tego zaniku zależy od wielkości, ukształtowania i wykończenia pomieszczenia. Im mniejsza kubatura i im większa chłonność akustyczna pomieszczenia, tym pogłos jest słabszy. Słabszemu pogłosowi sprzyja także równomierne rozłożenie powierzchni dźwiękochłonnych w pomieszczeniu a także obecność elementów rozpraszających dźwięk.

Pogłos mierzony jest wielkością zwaną czasem pogłosu T [s] – jest to czas potrzebny na zmniejszenie, po wyłączeniu źródła dźwięku, poziomu ciśnienia akustycznego we wnętrzu o 60 dB. Ze względów praktycznych mierzy się zwykle wartości T_{30} i T_{20} – mierzy się wówczas czas potrzebny do zaniku dźwięku o 30 lub 20 dB, a otrzymany wynik mnoży przez odpowiednio 2 lub 3.

Wartości czasu pogłosu dla różnych pasm częstotliwości (dla tego samego pomieszczenia) mogą znacznie się od siebie różnić.

Jeżeli w pomieszczeniu o odczuwalnym pogłosie (długim czasie pogłosu) zamiast dźwięków impulsowych (np. kłaśnięcia) wytwarzany jest ciągły sygnał dźwiękowy (np. przemowa), mamy do czynienia ze stale utrzymującym się pogłosem, który zwiększa poziom dźwięku i niekorzystnie wpływa na zrozumiałość mowy. W pobliżu źródła dźwięku dominuje dźwięk bezpośredni, a w dalszych partiach pomieszczenia przeważają dźwięki odbite (mówimy wtedy o polu pogłosowym). O ile w pobliżu źródła zrozumiałość mowy i czytelność innych sygnałów dźwiękowych emitowanych przez źródło jest zwykle bardzo dobra, to w polu pogłosowym gwałtownie się pogarsza. Odległość od źródła, w której zaczyna się pole pogłosowe zależy od kubatury pomieszczenia i czasu pogłosu. Im dłuższy jest czas pogłosu, tym pole pogłosowe zaczyna się bliżej źródła.

Czas pogłosu jest parametrem najczęściej stosowanym do opisu akustyki wnętrz. Mimo że niedoskonały, mówi nam dużo o charakterze akustycznym pomieszczenia. Jeśli wnętrze charakteryzuje się relatywnie krótkim czasem pogłosu, to znaczy, że jest cichsze, panują w nim lepsze warunki do komunikacji słownej (naturalnej czy z użyciem nagłośnienia), a w odbiorze subiektywnym wydaje się bardziej przytulne.

11.3. Wskaźnik transmisji mowy STI

Wskaźnik transmisji mowy (*ang. Speech Transmission Index*) to parametr określający w sposób obiektywny zrozumiałość mowy w pomieszczeniu. Przybiera wartości w zakresie od 0 do 1, gdzie wyższa wartość oznacza lepszą zrozumiałość mowy. Wartość STI może być określona zarówno za pomocą obliczeń, jak i pomiarów. Technicznie pomiar polega np. na emisji w pomieszczeniu szumu o zakresie częstotliwościowym zbliżonym do zakresu mowy ludzkiej, i o modulacji charakterystycznej dla naturalnej mowy. Poziom głośności szumu odpowiada poziomowi dźwięku normalnego głosu. Następnie bada się zmiany głębokości modulacji (czyli zniekształcenie) szumu w różnych miejscach pomieszczenia.

Wartość STI mierzona w danym miejscu pomieszczenia zależy od poziomu tła akustycznego (poziom dźwięku zakłócającego sygnał), od czasu pogłosu oraz od odległości od źródła szumu. Im niższy poziom tła akustycznego, im krótszy czas pogłosu i im bliżej jest źródło, tym większe wartości przyjmuje STI.

Zrozumiałość mowy	Wartość wskaźnika STI
Doskonała	> 0,75
Dobra	0,60–0,75
Dostateczna	0,45–0,60
Słaba	0,30–0,45
Zła	< 0,30

11.4. Równoważny poziom dźwięku L_{Aeq}

Kiedy mamy do czynienia ze zmiennym poziomem dźwięku, to możemy pomierzyć w danym czasie (np. 5 minut) maksymalny poziom dźwięku L_{Amax} , poziom minimalny L_{Amin} , a także równoważny poziom dźwięku L_{Aeq} , który mówi nam ile energii akustycznej niósł ze sobą ten trwający 5 minut zmienny w swoim poziomie dźwięk. Innymi słowy L_{Aeq} to hipotetyczny, stały poziom dźwięku, który gdyby utrzymywał się przez 5 minut dostarczyłby taką samą „dawkę hałasu” co ten rzeczywisty zmienny dźwięk, który mierzymy. Równoważny poziom dźwięku jest powszechnie stosowany w większości krajów świata do oceny jakości akustycznej środowiska.



12. Przepisy

12.1. Pochłanianie dźwięku i chłonność akustyczna

W Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (zwanym dalej WT) zawarte są ogólne postulaty dotyczące akustyki, które po części odnoszą się również do akustyki wnętrz.

Artykuł 323, pkt 2:

„Pomieszczenia w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej należy chronić przed hałasem:

- 1) zewnętrznym przenikającym do pomieszczenia spoza budynku;
- 2) pochodzącym od instalacji i urządzeń stanowiących techniczne wyposażenie budynku;
- 3) powietrznym i uderzeniowym, wytwarzanym przez użytkowników innych mieszkań, lokali użytkowych lub pomieszczeń o różnych wymaganiach użytkowych;

12.2. Norma PN-B-02151:2015-06

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”. Norma określa wymagania dotyczące akustyki wnętrz w budynkach użyteczności publicznej i zamieszkania zbiorowego. Jest stosowana ma na celu obniżenie poziomu hałasu w budynkach oraz zapewnienie zrozumiałości mowy umożliwiającej właściwe użytkowanie pomieszczeń przeznaczonych do komunikacji słownej. Opublikowana w 2015 roku. W 2018 przywołana w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie i od tego czasu obowiązkowo stosowana przy wznoszeniu nowych budynków oraz rozbudowie, przebudowie i modernizacji istniejących.

Wymagania normy są osobno zdefiniowane dla dwóch zasadniczych grup pomieszczeń:

- pomieszczenia w których głównym celem jest zapewnienie dobrej zrozumiałości mowy
- pomieszczenia w których podstawowym celem jest ograniczenie hałasu pogłosowego.

Taki sposób podziału wymagań, wynikający oczywiście z rozmaitych funkcji pomieszczeń wskazanych w normie, jest spójny z ogólnymi wymaganiami zawartymi w WT.

Zapewnienie zrozumiałości mowy

W pierwszej grupie znajdują się pomieszczenia przeznaczone do komunikacji słownej, i to głównie prowadzonej przy znacznej odległości mówca-słuchacz: sale i pracownie szkolne, sale wykładowe (w tym audytoryjne), sale konferencyjne, sale rozpraw sądowych i inne pomieszczenia o podobnej funkcji. Dla tych pomieszczeń określone są dwa rodzaje wymagań, które powinny być spełnione łącznie: maksymalny dopuszczalny czas pogłosu T oraz minimalna dopuszczalna wartość wskaźnika transmisji mowy STI.

- Czas pogłosu T . Określony w normie maksymalny dopuszczalny czas pogłosu pomieszczenia zależy od jego kubatury oraz przeznaczenia i waha się w granicach 0,6 s – 1,0 s. Czas pogłosu nie powinien być dłuższy od wartości maksymalnej w żadnym z pasm oktawowych o środkowych częstotliwościach z zakresu 250 Hz – 8000 Hz. W przypadku pasma o środkowej częstotliwości 125 Hz może być on dłuższy maksymalnie o 30% od podanej wartości maksymalnej. Wymagania są podane dla pomieszczeń o kubaturze do 2000 m³ - dla pomieszczeń większych wymagania powinny być ustalane indywidualnie.
- Wskaźnik transmisji mowy STI. Dla wszystkich pomieszczeń tej grupy minimalna wartość STI wynosi 0,6. Wymaganie to dotyczy pomieszczeń o kubaturze do 2000 m³ – dla pomieszczeń większych wymagania powinny być ustalane indywidualnie.

W poniższej tabeli podano wymagania dla sal i pracowni szkolnych.

Kubatura V, m ³	Czas pogłosu T, s	Wskaźnik STI
do 120	≤ 0,6	nie określa się
od 120 do 250	≤ 0,6	≥ 0,6
od 250 do 500	≤ 0,8	
od 500 do 2000	≤ 1,0	
ponad 2000	określić indywidualnie	określić indywidualnie

Wymagania dotyczące tak czasu pogłosu jak i STI dotyczą pomieszczeń wykończonych, umeblowanych w sposób typowy dla przeznaczenia ale bez obecności ludzi. W przypadku pomieszczeń przeznaczonych do nauczania początkowego lub językowego maksymalny czas pogłosu powinien być o 0,1 s krótszy od wymagania podstawowego. W przypadku pomieszczeń (o kubaturze do 250 m³) przeznaczonych do prowadzenia zajęć dla osób z ubytkami słuchu lub innymi problemami z komunikacją słowną maksymalny czas pogłosu nie powinien być dłuższy niż 0,4 s.

Zrozumiałość mowy w danym miejscu pomieszczenia zależy od występującej w tym miejscu różnicy w poziomie dźwięku: głosu mówcy i mogącego go zagłuszać tła akustycznego. Zjawiskiem silnie ograniczającym zrozumiałość mowy jest pogłos. Stąd norma zaleca jego ograniczenie. Pogłos można łatwo zmniejszyć wprowadzając do pomieszczenia materiały dźwiękochłonne ograniczające odbicia dźwięku. Głos mówcy w miejscu lokalizacji słuchacza będzie wtedy dużo wyraźniejszy, ale będzie też cichszy. W dużych wnętrzach, w których część słuchaczy znajduje się w znacznej odległości od mówcy (> 8-9 m) może się zdarzyć, że po wprowadzeniu materiałów dźwiękochłonnych w tych odległych od mówcy miejscach jego głos będzie zbyt cichy w stosunku do tła akustycznego. Wprowadzenie do wymagań minimalnej wartości STI stanowi właśnie zabezpieczenie pomieszczeń przeznaczonych do komunikacji słownej przed taką sytuacją. Wymaganie to jest nadrzędne w stosunku do czasu pogłosu. Oznacza to, że w uzasadnionych przypadkach udokumentowanych obliczeniami, dopuszcza się przekroczenie dopuszczalnej wartości czasu pogłosu, jeżeli jest to niezbędne do spełnienia wymagań dotyczących wartości wskaźnika transmisji mowy STI.

Ograniczenie hałasu pogłosowego

W drugiej grupie znajdują się pozostałe pomieszczenia, w których komunikacja słowna nie jest wiodącą funkcją, lub jeśli nią jest to odległość mówcy-słuchacz jest niewielka (np. biura obsługi klienta). Głównym celem jest ograniczenie poziomu i zasięgu hałasu. Dla tych pomieszczeń wymagania sformułowano na dwa sposoby:

- Czas pogłosu T. Maksymalny dopuszczalny czas pogłosu pomieszczenia zależy od jego przeznaczenia (a w kilku przypadkach także kubatury lub wysokości) i waha się w granicach 0,4 s – 2,5 s. Czas pogłosu nie powinien być dłuższy od wartości maksymalnej w żadnym z pasm oktawowych o środkowych częstotliwościach z zakresu 250 Hz – 4000 Hz. Dla pasma o środkowej częstotliwości 125 Hz nie ustalono wymagania, jednak zalecono aby w pomieszczeniach o dużej kubaturze, w których przewiduje się zainstalowanie systemu nagłaśniającego czas pogłosu w tym paśmie był zbliżony do wartości czasu pogłosu w pasmach częstotliwości 500 Hz i 1 000 Hz. Wymaganie dotyczy zasadniczo pomieszczeń wykończonych, z trwale zamocowanymi elementami umeblowania i wyposażenia, bez obecności ludzi, chociaż jest kilka odstępstw od tej reguły.

W tej grupie znajduje się wiele pomieszczeń, które możemy znaleźć w budynkach szkolno-opiekuńczych: sale w żłobkach

i przedszkolach, świetlice i stołówki szkolne, biblioteki i czytelnie, sale sportowe i hale basenowe pływalni, pokoje biurowe i gabinety lekarskie, atria i hole. Wymagania dla tych pomieszczeń podano w poniższej tabeli.

Rodzaj pomieszczenia	Kubatura V, m ³	Czas pogłosu T, s
Sale w żłobkach i przedszkolach	-	≤ 0,4
Świetlice i stołówki szkolne	-	≤ 0,6
Pokoje nauczycielskie i socjalne	-	≤ 0,6
Pokoje administracyjne	-	≤ 0,6
Sale gimnastyczne, hale sportowe i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu	≤ 5.000	≤ 1,5
	> 5.000	≤ 1,8
Hale basenowe pływalni, parków wodnych i innych obiektów o podobnym przeznaczeniu	≤ 5.000	≤ 1,8
	> 5.000	≤ 2,2

- Chłonność akustyczna A. Dla niewielkiej części pomieszczeń wymaganie zdefiniowano nie poprzez maksymalny czas pogłosu tylko poprzez minimalną chłonność akustyczną A. Dla każdego typu pomieszczeń minimalna chłonność akustyczna została określona jako krotność powierzchni rzutu tego pomieszczenia: np. $A \geq 0,6 \times S$, gdzie S to powierzchnia pomieszczenia w m². W ten sposób sformułowana minimalna chłonność akustyczna pomieszczeń waha się w zależności od rodzaju pomieszczenia w przedziale 0,4 – 1,3. Minimalna chłonność akustyczna powinna być osiągnięta w każdym z pasm oktawowych o środkowej częstotliwości 500 Hz, 1000 Hz i 2000 Hz. Wymaganie dotyczy zasadniczo pomieszczeń wykończonych ale nieumeblowanych, chociaż w przypadku kilku typów pomieszczeń wskazano konieczność uwzględnienia w obliczeniach chłonności akustycznej umeblowania i wyposażenia. Wymagania podane w normie dotyczą pomieszczeń o wysokości w świetle wykończenia nie większej niż 4 m. W przypadku wyższych pomieszczeń minimalną chłonność akustyczną należy określić indywidualnie, zwiększając ją w stosunku do podanych wymagań proporcjonalnie do stopnia przekroczenia wysokości 4 m.

W tej grupie pomieszczeń znalazły się m.in.: szatnie i warsztaty w szkołach, korytarze i klatki schodowe w przedszkolach i szkołach, szatnie szkolne czy też kuchnie (profesjonalne). Wymagania dla tych pomieszczeń podano w poniższej tabeli.

Rodzaj pomieszczenia	Chłonność akustyczna A pomieszczenia, m ²
Pracownie do zajęć technicznych i warsztaty szkolne	$\geq 0,6 \times S$
Korytarze w szkołach i przedszkolach	$\geq 1,0 \times S$
Szatnie w szkołach i przedszkolach	$\geq 0,6 \times S$
Klatki schodowe w szkołach i przedszkolach	$\geq 0,4 \times S$
Kuchnie i pomieszczenia zaplecza gastronomicznego	$\geq 0,4 \times S$

13. Literatura

- Ali, S. (2013). Study effects of school noise on learning achievement and annoyance in Assiut city, Egypt. *Applied Acoustics* 74(4), 602-606.
- Ana, G., Shendell, D., Brown, G. and Sridhar, M. (2009). Assessment of noise and associated health impacts at selected secondary schools in Ibadan, Nigeria. *Journal of Environmental and Public Health*, 2009.
- Astolfi, A. and Pellerey, F. (2008) Subjective and objective assessment of acoustical and overall environmental quality in secondary school classrooms. *Journal of the Acoustical Society of America* 123(1), 163-172.
- Augustynska, D., Kaczmarska, A., Mikulski, W., Radosz, J. (2010). Assessment of teachers' exposure to noise in selected primary schools. *Archives of Acoustics* 35 (4), 521–542.
- Beaman, C. (2005). Auditory distraction from low-intensity noise: a review of the consequences for learning and workplace environments. *Applied Cognitive Psychology* 19(8), 1041–1064
- Boman, E. and Enmarker, I. (2004) Factors affecting pupils' noise annoyance in schools: the building and testing of models. *Environment and Behavior* 36(2), 207-228.
- Bottalico, P. and Astolfi, A., 2012. Investigations into vocal doses and parameters pertaining to primary school teachers in classrooms. *J. Acoust. Soc. Am.*, 131(4), pp.2817-2827.
- Bulunuz, N., 2014. Noise Pollution in Turkish Elementary Schools: Evaluation of Noise Pollution Awareness and Sensitivity Training. *International Journal of Environmental and Science Education*, 9(2), pp.15-21
- Choi, Y. (2016). Effect of occupancy on acoustical conditions in university classrooms. *Applied Acoustics* 114, 36–43.
- Choi, Y., 2018. Speech and noise measurements in active university classrooms. In *Proc. Euronoise*, Crete
- Connolly, D., Dockrell, J., Mydlarz, C., Shield, B., Conetta, R., and Cox, T. (2016). A quasi-experimental field study of the impact of classroom noise on adolescents' mathematical performance. *Proc. 22nd International Congress on Acoustics*, Buenos Aires.
- Cutiva, C., Puglisi, G., Astolfi, A. and Carullo, A. (2017). Four-day follow-up study on the self-reported voice condition and noise condition of teachers: relationship between vocal parameters and classroom acoustics. *Journal of Voice* 31(1), 120.e1–120.e8.
- Dockrell, J, Connolly, D., Shield, B., Conetta, R., Mydlarz, C. and Cox, T. (2013). Pupils' perceptions of noise in English secondary schools *Proc. Internoise 2013*, Innsbruck, Austria.
- Dockrell, J. and Shield, B. (2006). Acoustical barriers in classrooms: the impact of noise on performance in the classroom. *British Educational Research J.* 32 (3), 509-525.
- Dongre, A.R., Patil, A.P., Wahurwagh, A.J., Kothari, A., Burchundi, K. and Manohare, M.P., 2017. Acoustical characteristics of classrooms of tropical climate. *Applied Acoustics*, 121, pp.46-55.
- Durup, N., Shield, B., Dance, S. and Sullivan, R., 2015. An investigation into relationships between classroom acoustic measurements and voice parameters of teachers. *J. Building Acoustics*, 22(3-4), 225-241.
- Elliott, E. (2002). The irrelevant-speech effect and children: Theoretical implications of developmental change. *Memory and Cognition* 30 (3), 478-487

- Elliott, E. and Briganti, A. (2012). Investigating the role of attentional resources in the irrelevant speech effect. *Acta Psychologica* 140, 64 – 74.
- Escobar, V.G. and Morillas, J.B., 2015. Analysis of intelligibility and reverberation time recommendations in educational rooms. *Applied Acoustics*, 96, pp.1-10.
- Everest F.A., „Podręcznik Akustyki”, Wydawnictwo Sonia Draga, Katowice 2010
- Golmohammadi, R., Ghorbani, F., Mahjub, H. and Daneshmehr, Z., 2010. Study of School Noise in the Capital City of Tehran-Iran. *J. Environ. Health. Sci. Eng.*, 7(4):365-370
- Hay, B. (1995) A pilot study of classroom noise levels and teachers' reactions. *Voice*, 4, 127-134.
- Jarosz M.: Akustyka wewnątrz wg Warunków Technicznych 2018, Omówienie normy PN-B-02151-4:2015-06. „Izolacje” 2018, nr 2. <http://www.izolacje.com.pl/arttykul/id2474,akustyka-wnetrz-wg-warunkow-technicznych-2018>. Data dostępu: 20.01.2021r.
- John, J., Thampuran, A. and Premlet, B. (2016). Objective and subjective evaluation of acoustic comfort in classrooms: A comparative investigation of vernacular and modern school classroom in Kerala. *Applied Acoustics* 104, 33-41.
- Joseph, T., Hughes, R., Sörqvist, P. and Marsh, J. (2018). Differences in auditory distraction between adults and children: A duplex-mechanism approach. *J. Cognition* 1(13), 1–11.
- Kirpluk M., „Podstawy Akustyki”, NTL-M.Kirpluk, Warszawa 2012
- Klatte, M., Hellbrück, J., Seidel, J. and Leistner, P. (2010b). Effects of classroom acoustics on performance and well-being in elementary school children: A field study. *Environment and Behavior*, 42, 659-692.
- Klatte, M., Lachmann, T., Schlittmeier, . and Hellbrück, J. (2010a). The irrelevant sound effect in short-term memory: Is there developmental change? *European J. Cognitive Psychology* 22(8), 1168-1191.
- Klatte, M., Meis, M., Sukowski, H. and Schick, A. (2007). Effects of irrelevant speech and traffic noise on speech perception and cognitive performance in elementary school children. *Noise and Health* 9(36), 64.
- Kłosak A.K., “From measurements, through computer modelling, design and construction, back to measurements: acoustical modernization of 800 pupils primary school in Warsaw, Poland”, *Proceedings of 26th International Congress on Sound and Vibration, Montreal, 2019*.
- Koszarny Z., Jankowska D. (1995). Uwarunkowania klimatu akustycznego pomieszczeń szkół podstawowych. *Rocznik PZH*, 1995, XLVI, Nr 3
- Kotus, J., Szczodrak M., Czyżewski A., Kostek B. (2010). Long-Term Comparative Evaluation of Acoustic Climate in Selected Schools Before and After Acoustic Treatment. *Archives of Acoustics* 35 (4), 551-564
- Kulowski A., „Akustyka Sal”, Wydawnictwo Politechniki Gdańskie, Gdańsk 2011
- Lipowczan A., “Akustyka ciszy”, *Bezpieczeństwo pracy. Nauka I praktyka*, 5/2019.
- Ljung, R., Sörqvist, P. and Hygge, S. (2009). Effects of road traffic noise and irrelevant speech on children's reading and mathematical performance. *Noise and Health* 11(45), 194-8.
- Lundquist, P., Holmberg, K. and Landstrom, U. (2000) Annoyance and effects on work from environmental noise at school. *Noise and Health*, 2(8), 39-46.

- Lyberg Åhlander, V., García, D.P., Whitling, S., Rydell, R. and Löfqvist, A., 2014. Teachers' voice use in teaching environments: a field study using ambulatory phonation monitor. *J. Voice* 28(6), 841-e5.
- Mackenzie, D. (2000). Noise levels and sources in UK schools. *Proc. International Symposium on Noise Control and Acoustics for Educational Buildings*, May 2000, Yildiz Technical University, Istanbul, 97-107.
- Mealings, K., Demuth, K., Buchholz, J., and Dillon, H. (2015). An assessment of open plan and enclosed classroom listening environments for young children: Part 2 – Teachers' questionnaires. *Journal of Educational, Pediatric and (Re)Habilitative Audiology* 21.
- Meinhardt-Injac, B., Schlittmeier, S., Klatte, M., Otto, A., Persike, M., and Imhof, M. (2015). Auditory distraction by meaningless irrelevant speech: a developmental study. *Applied Cognitive Psychology* 29, 217 – 225.
- Mikulski, W. i Radosz, J. (2011). Acoustics of Classroom in Primary Schools – Results of the Reverberation Time and the Speech Transmission Index Assessments in Selected Buildings. *Archives of Acoustics* 36 (4), 777–793.
- Moodley, A. (1989) Acoustic conditions in mainstream classrooms. *Journal of British Association of Teachers of the Deaf*, 13(2), 48-54.
- Peng, J., Zhang, H. and Wang, D., 2018. Measurement and analysis of teaching and background noise level in classrooms of Chinese elementary schools. *Applied Acoustics*, 131, pp.1-4.
- Picard, M. and Bradley, J.S. (2001) Revisiting speech interference in classrooms, *Audiology* 40, 221-224.
- Pinho, P.G., Pinto, M., Almeida, R.M.S.F., Lemos, L.T. and Lopes, S.M., 2018. Aspects concerning the acoustical performance of school cafeterias. *Applied Acoustics*, 136, pp.36-40.
- Polewczyk I., Jarosz M., „Acoustic treatment of school spaces and its impact on students and teachers”, *Proceedings of the 23rd International Congress on Acoustics, Aachen 2019*.
- Polewczyk I., Jarosz M., „Teachers' and Students' Assessment of the Influence of School Rooms Acoustic Treatment on Their Performance and Wellbeing”, *Archives of Acoustics*, Vol. 45, No. 3, pp. 401-417 (2020)
- Psychologia Rozwoju człowieka*, red. B. Harwas-Napierała, J. Trempała, Warszawa 2006.
- Pulkki V., Karjalainen (2015), *Communication acoustics. An introduction to speech audio and psychoacoustics*, John Wiley & Sons Ltd., West Sussex, United Kingdom.
- Raport WHO opublikowany w 2011r. „Burden of disease from environmental noise” (Obciążenie chorobą spowodowane hałasem środowiskowym). *Quantification of healthy life years lost in Europe*(s.100-102)
- Ronsse, L. and Wang, L. (2010). Effects of noise from building mechanical systems on elementary school student achievement. *ASHRAE Transactions* 116, 347-354.
- Ronsse, L. and Wang, L. (2013). Relationships between unoccupied classroom acoustical conditions and elementary student achievement measured in eastern Nebraska. *J. Acoustical Society of America* 133(3), 1480-1495.
- Roy, K. and Li, J. (2013). Background noise in Chinese schools - student and teacher perceptions. *Proc. of Meetings on Acoustics* 19, Acoustical Society of America.
- Sala, E. and Rantala, L. (2016). Acoustics and activity noise in school classrooms in Finland. *Applied Acoustics* 114, 252-259.

- Sarantopoulos, G., Lykoudis, S. and Kassomenos, P., 2014. Noise levels in primary schools of medium sized city in Greece. *Science of the Total Environment*, 482, pp.493-500.
- Sato, H., and Bradley, J.S., 2008. Evaluation of acoustical conditions for speech communication in working elementary school classrooms. *J. Acoust. Soc. Am.* 123(4), 2064-2077.
- Shield, B. and Carey, A., 2007. Measurement of teachers' voice levels in primary school classrooms. *Proc. 19th International Congress on Acoustics, Madrid, Spain and Revista de Acustica* 38, 3-4.
- Shield, B. and Dockrell, J. (2003). The effects of noise on children at school: A review. *J. Building Acoustics* 10(2), 97-106.
- Shield, B. and Dockrell, J. (2008). The effects of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children. *J. Acoustical Society of America* 123 (1), 133-144.
- Shield, B. and Dockrell, J. (2010). The effects of noise on children at school: A review. In Gibbs, B, Goodchild, J., Hopkins, C. and Oldham, D. (eds) 'Collected papers in Building Acoustics: Room Acoustics and Environmental Noise', Multi-Science Publishing, Essex, UK.
- Shield, B. and Dockrell, J., 2004. External and internal noise surveys of London primary schools. *J. Acoust. Soc. Am.*, 115 (2), pp 730-738.
- Shield, B., Connolly, D., Dockrell, J., Cox, T., Mydlarz, C. and Conetta, R. (2018). The impact of classroom noise on reading comprehension of secondary school pupils. *Proc. Institute of Acoustics* 40(1).
- Shield, B., Jeffery, R., Dockrell, J. and Tachmatzidis, I.(2000). A noise survey of primary schools in London. *Proc. International Symposium on Noise Control and Acoustics for Educational Buildings, May 2000, Yildiz Technical University, Istanbul*, 109-118.
- Shield, B., Conetta, R., Dockrell, J., Connolly, D., Cox, T. and Mydlarz, C., 2015. A survey of acoustic conditions and noise levels in secondary school classrooms in England. *J. Acoust. Soc. Am.* 137 (1), 177-188
- Silva, L.T., Oliveira, I.S. and Silva, J.F., 2016. The impact of urban noise on primary schools. Perceptive evaluation and objective assessment. *Applied Acoustics*, 106, pp.2-9.
- Wälinder, R., Gunnarsson, K., Runeson, R. and Smedje, G. (2007). Physiological and psychological stress reactions in relation to classroom noise. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 260-266.
- Waye, K., Agge, A., Hillström, J. and Lindström, F. (2010). Being in a pre-school sound environment – annoyance and subjective symptoms among personnel and children. *Personnel* 265(4), 187.
- Whiting, J., Jensen, Z., Leishman, T., Berardi, M. and Hunter, E. (2015). Classroom acoustics for vocal health of elementary school teachers. *Proceedings of Meetings on Acoustics* 23, 015001.
- Wróblewska, D. i Leo, K. (2012). Influence of Acoustical Adaptation on Classroom's Acoustical Environment. *Acta Physica Polonica A Vol.* 121(2012), No. 1A
- Zannin, P. and Zwirnes, D. (2009). Evaluation of the acoustic performance of classrooms in public schools. *Applied Acoustics* 70, 626-635.
- Zannin, P.H.T. and Loro, C.P., 2007. Measurement of the ambient noise level, reverberation time and transmission loss for classrooms in a public school. *Noise control engineering journal*, 55(3), pp.327-333.

Ecophon jest wiodącym dostawcą systemów akustycznych służących kształtowaniu akustyki wnętrz.

Zasady przyświecające naszej pracy wywodzą się ze szwedzkich tradycji ludzkiego podejścia do problemów, wspólnej odpowiedzialności za jakość życia oraz wyzwania przyszłości. Ecophon jest częścią grupy Saint-Gobain, światowego lidera w zakresie zrównoważonego budownictwa, które w umiejętny sposób łączy potrzebę komfortu i efektywności kosztowej z oszczędnością energii i odpowiedzialnością za środowisko naturalne.


SAINT-GOBAIN
– making the world
a better home.



Ecophon[®]
SAINT-GOBAIN

A SOUND EFFECT ON PEOPLE