

Projekt Akustyczny adaptacji akustycznej

Świetlice, Stołówki oraz Sali Gimnastycznej na terenie
Zespołu Szkół Ogólnokształcących im. Marii
Dąbrowskiej
w Komorowie przy al. Marii Dąbrowskiej 12

Projekt wykonał: specjalista ds. akustyki mgr Robert Maćkowiak

Spis treści

1	Podstawa opracowania	3
1.1	Przedmiot opracowania	3
1.2	Podstawa formalna zlecenia	3
1.3	Obowiązujące podstawy prawne, normowe, zalecenia, literatura	4
1.3.1	Normy:	4
1.3.2	Literatura:	4
2	Definicje z zakresu akustyki:	6
3	Akustyka wnętrza	7
3.1	Założenia projektowe	9
4	Wymagane wielkości	10
4.1	Wyniki obliczeń	11
4.1.1	Świetlica	12
4.1.2	Stołówka	13
4.1.3	Sala Gimnastyczna	14
4.2	Rozwiązania projektowe	14

1 Podstawa opracowania

1.1 Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest wykonanie projektu akustycznego wykonania adaptacji akustycznej poprawiającej warunki akustyczne w pomieszczeniach: Świetlicy, Stołówki Sali Gimnastycznej Zespołu Szkół Ogólnokształcących im. Marii Dąbrowskiej w Komorowie przy al. Marii Dąbrowskiej 12.

1.2 Podstawa formalna zlecenia

Podstawą formalną wykonania jest Umowa nr. UG.IR.38/2025 z dnia 09.01.2025r. pomiędzy:

Gminą Michałowice mającą swoją siedzibę w Regułach
ul. Aleja Powstańców Warszawy 1
05-816 Michałowice

a:

Budmal-Art Sp. z o.o.
ul. Rejtana 13
05-270 Marki

Na „wykonanie projektu adaptacji akustycznej pomieszczeń stołówki, świetlicy, oraz małej sali gimnastycznej na terenie Zespołu Szkół Ogólnokształcących im. Marii Dąbrowskiej w Komorowie”.

1.3 Obowiązujące podstawy prawne, normowe, zalecenia, literatura

1.3.1 Normy:

- PN-EN ISO 3382-1:2009 Akustyka – Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń.
- PN-EN ISO 9921:2005 Ergonomia – Ocena porozumiewania się mową.
- PN-EN 12354-1:2002- Akustyka budowlana. Izolacyjność od dźwięków powietrznych.
- PN-EN 12354-6:2005- Akustyka budowlana. Pochłanianie dźwięku w pomieszczeniach.
- PN-EN ISO 3382:2001- Akustyka. Pomiar czasu pogłosu pomieszczenia.
- PN-B-02151-4:2015-06 Akustyka budowlana. Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach.
- DIN18041 Acoustic quality in rooms – Specification and instructions for the room acoustic design (03.2016).
- PN EN 12354-6 /2004 Akustyka budowlana - Określanie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Część 6: Pochłanianie dźwięku w pomieszczeniu.
- PN-EN ISO 9241-6 Wytyczne interakcja człowiek-komputer. Wymagania dotyczące środowiska pracy, dźwięk, hałas, drgania mechaniczne etc.
- PN-EN ISO 9921 Ergonomia – Ocena porozumiewania się mową.
- ANSI S 3 Methods for the calculation of the speech intelligibility index (SII) American National Standards Institute, New York, USA.
- PN-87/B-02151 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach.
- PN-EN 12 464-1 Oświetlenie miejsc pracy we wnętrzach
- PN-83/B-03430 Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania

1.3.2 Literatura:

- J. SADAOWSKI, Akustyka architektoniczna, PWN 1976
- A. KUŁOWSKI, Akustyka Sal, Gdańsk 2007
- FASOLD & VERES: Schallschutz und Raumakustik in der Praxis. Verlag für Bauwesen in Berlin
- ECKERT, H. (2004): Die Wirkung der Stimme auf das Zuhören in der Schule. Grundschule, Heft 2/2004, 48–49.
- SEIDEL, J., WEBER, L. & LEISTNER, P. (2006): Lärm in der schulischen Umwelt und kognitive Leistungen bei Grundschulkindern Teil A – Umwelt- und bauakustische Untersuchungen. Zwischenbericht zum Statusseminar des Programms „Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung“ des Landes Baden-Württemberg
- KLATTE, M., SUKOWSKI, H.; MEIS, M. & SCHICK, A. (2004): Effects of irrelevant speech on speech perception and phonological short-term memory in children aged 6 to 7 years. Proceedings of the Joint Congress CFA/DAGA, pp 193–194.
- SCHÖNWÄLDER, H.-G. (2001): Die Arbeitslast der Lehrerinnen und Lehrer. Essen: Neue Deutsche Schule.

- SCHICK, A., KLATTE, M. & MEIS, M. (1999): Die Lärmbelastung von Lehrern und Schülern – ein Forschungsstandbericht. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 46(3): 77–87
- SCHÖNWÄLDER, H.G.; BERNDT, J.; STRÖVER, F. & TIESLER, G. (2004): Lärm in Bildungsstätten – Ursachen und Minderung. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Fb 1030.
- PAPSO, C. F. & BLOOD, I. M. (1989): Word recognition skills of children and adults in background noise. Ear and Hearing 10 (4), 235–236.
- ELLIOTT, E.M. (2002): The irrelevant speech effect and children: Theoretical implications of developmental change. Memory & Cognition 30(3), 478–487.
- PEKKARINEN, E. & VILJANEN, V. (1990): Effect of soundabsorbing treatment on speech discrimination in rooms. Audiology 29, 219–227.
- MACKENZIE, D.J. & AIREY, S. (1999): Classroom Acoustics. A Research Project. Summary Report. HeriotWatt-University, Dept. of Building Engineering and Surveying, Edinburgh.
- KLATTE, M., MEIS, M., JANOTT, C., HILGE, C. & SCHICK, A. (2002): Zum Einfluss der Sprachverständlichkeit auf kognitive Leistungen: Eine Studie mit Grundschulkindern. In: JEKOSCH, U. (Hrsg.). Fortschritte der Akustik – DAGA 2002. Oldenburg: DEGA e.V.
- L. BERANEK, Music, acoustic and architecture, New York 1962
- COX D'ANTONIO, Acoustic Absorbers and Diffusers, Taylor & Francis 2009
- H. KUTTRUFF, Room Acoustic Fifth Edition, Spon Press 2009
- BUILDING BULLETIN 93 – School Acoustics
- BAUPHYSIK KALENDER 2014 Raumakustik und Schallschutz
- BUCH, M. & FRIELING, E. (2001): Belastungs- und Beanspruchungsoptimierung in Kindertagesstätten. Bericht des Instituts für Arbeitswissenschaft der Universität Kassel.
- BERG D., IMHOF M: Zuhören lernen - Lernen durch Zuhören. [Buchverf.] F. Sedlak. Persönlichkeitsentwicklung und Gemeinschaftsförderung. Wien, 1996
- BORMANN V., HEINECKE-SCHMITT R., FUDER G. Sprachverständlichkeit in Schulen bei Hörminderung, in: DAGA Fortschritte der Akustik 2003.
- BRADLEY J. S., SATO H.: Evaluation of acoustical conditions for speech communication in working elementary school classrooms, in: JASA. 2008
- CHIBICI Bernd: Die Lärmspirale. Vom Umgang mit einer immer lauterem Welt. Verlaghaus der Ärzte GmbH, Wien 2007.
- HAGEN M. Förderung des Hörens und Zuhörens in der Schule. Begründung, Entwicklung und Evaluation eines Handlungsmodells. Inaugural-Dissertation Ludwig Maximilians-Universität München. 2003.
- KAMPS P., OBERDÖRSTER M.: Akustik in Klassenzimmern: Huber L., Kahlert J., Klätte M. Die akustisch gestaltete Schule. Auf der Suche nach dem guten Ton. Verlag Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 2002
- KLATTE M., SCHICK A., MEIS M.: Wirkungen von Lärm und Nachhall auf Kinder: Ergebnisse aus Labor- und Feldstudien. Präsentation vom 29.5.2008 für den Bayerischen Lehrer- und Lehrerinnenverband (BLLV)
- doświadczenie autora oraz aktualny stan wiedzy technicznej.

2 Definicje z zakresu akustyki:

- **Hałas pogłosowy**

Składowa hałasu w pomieszczeniu, powstająca w wyniku odbić fali akustycznej od powierzchni ograniczających to pomieszczenie oraz od obiektów w nim się znajdujących.

- **Komunikacja słowna**

Przekazywanie lub wymiana informacji za pomocą mowy, modalności słuchowych i rozumienia. Rozróżniamy:

- komunikację słowną bezpośrednią, bez wykorzystania systemu nagłaśniającego;
- komunikację słowną pośrednią z wykorzystaniem systemu nagłaśniającego.

- **Zrozumiałość, wyrazistość mowy**

Procent elementów fonetycznych poprawnie odebranych z ogólnej liczby elementów transmitowanych.

Wyrazistość - używa się, gdy elementami fonetycznymi są sylaby lub ich części bez znaczenia;

Zrozumiałość - używa się, gdy elementami fonetycznymi są pełne, znaczące wyrazy, zwroty lub zdania.

- **Próg zrozumiałości mowy**

Poziom ciśnienia akustycznego mowy z ustalonym pasmem częstotliwości, mierzony z zastosowaniem wykładniczej funkcji ważenia czasowego F (szybka), przy którym 50% stosunkowo łatwych wyrazów może być wyraźnie rozpoznanych.

- **$L_{Aeq,T}$ Równoważny poziom dźwięku A**

Poziom dźwięku A zmierzony dla czasu obserwacji T określonego w wymaganiach i / lub normach procedur przeprowadzania pomiarów kontrolnych (PN EN ISO 10052, PN EN ISO 16032), wyrażony w dB.

- **$L_{AF,max}$ Maksymalny poziom dźwięku A**

Maksymalny poziom dźwięku A zmierzony dla całego czasu obserwacji z zastosowaniem stałej czasowej „FAST”, skorygowany krzywą ważenia A, wyrażony w dB.

- **Hałas impulsowy**

Hałas charakteryzujący się krótkotrwałymi, zwykle o czasie trwania krótszym niż 1s, skokami ciśnienia akustycznego. W przypadku zidentyfikowania w pomiarach istnienia hałasu impulsowego, do zmierzonego poziomu dźwięku A hałasu, należy dodać 5 dB.

- **RT Czas pogłosu (T)**

Jest to czas, wyrażony w sekundach, w którym dźwięk rozprzestrzeniający się w pomieszczeniu zaniknie o 60dB od momenty wyłączenia źródła.

- **A Chłonność akustyczna**

To wyrażona liczbowo zdolność pochłaniania dźwięku przez materiały / ustroje akustyczne, zdefiniowana w jednostkach akustycznych „Sabine” i m² w układzie SI.

- **STI Wskaźnik transmisji mowy**

Wskaźnikami oceny parametrów przydatności wnętrza dla celów słownych są współczynniki STI. Odzwierciedlają one w bezpośredni sposób zrozumiałość mowy w pomieszczeniu. Wyznacza się je najczęściej poprzez bezpośredni pomiar lub symulację funkcji przeniesienia wzorcowej modulacji przez pomieszczenie (MTF – Modulation Transfer Function). Analiza taka polega na wygenerowaniu szumu pasmowego zmodulowanego amplitudowo małą częstotliwością ze współczynnikiem modulacji 100%, a następnie na pomiarze głębokości modulacji sygnału odebranego. Oprócz wartości współczynników STI w oktawach oblicza się wartość średnią STI_{śr}. Współczynnik STI_{śr} określa zrozumiałość mowy w pomieszczeniu i w zależności od jego wartości następuje ocena globalna pomieszczenia.

3 Akustyka wnętrza

Dobre wykształcenie gwarantuje przyszłość dzieci. Ważnym i długo zaniedbanym aspektem jest akustyka pomieszczeń szkolnych. Pomieszczenia szkolne o dużym czasie pogłosu generują wysoki poziom szumów i pogarszają warunki nauczania i uczenie się. Konsekwencją tego są problemy z przekazywaniem i poznawaniem wiedzy, problemy z koncentracją, pogorszenie samopoczucia i zdrowia uczniów oraz nauczycieli. Optymalny projekt akustyki pomieszczenia jest ważnym czynnikiem dla klimatu panującego w klasie i szkole, a zatem ostatecznie także dla sukcesu nauki i zdrowia zarówno uczniów jak i pracowników szkoły.

Kuliste źródło dźwięku, znajdujące się w przestrzeni otwartej, promieniuje energię akustyczną równomiernie we wszystkich kierunkach. W przestrzeni otwartej nie ma powierzchni odbijających fale dźwiękowe, zatem energia ta rozchodzi się w postaci fali bezpośredniej, malejąc proporcjonalnie do kwadratu odległości od źródła.

W przeciwieństwie do przestrzeni otwartej, w pomieszczeniu zamkniętym w pobliżu źródła dźwięku, oprócz pola fali bezpośredniej istnieje pole rozproszone, wynikające z nieskończonej liczby odbić fal dźwiękowych od powierzchni ograniczających tę przestrzeń.

Energia pola fal odbitych dodaje się do energii pola fali bezpośredniej powodując wzrost poziomu dźwięku w pomieszczeniu w stosunku do poziomu dźwięku źródła. Im "twardsze" akustycznie są powierzchnie ograniczające pomieszczenie (tzn. im mniejsza jest ich zdolność pochłaniania energii dźwiękowej) tym energia pola fal odbitych jest większa i większy jest poziom dźwięku w pomieszczeniu.

W świetlicach, stołówkach, salach lekcyjnych, salach audytoryjnych, salach gimnastycznych, a szczególnie w pomieszczeniach gdzie przebywa wiele osób, zjawisko to, przy wielu źródłach dźwięku powoduje wzrost poziomu dźwięku i hałasu (ponieważ dźwięk nawet użyteczny dla jednych odbiorców, dla innych, jest zakłócającym) oraz znaczne

pogorszenie zrozumiałości informacji słownych ze względu na opóźnienie dotarcia do słuchacza fali akustycznej odbitej, w stosunku do fali docierającej bezpośrednio - i tym samym "rozmycie" dźwięku.

Parametrem określającym warunki akustyczne w pomieszczeniu jest tzw. czas pogłosu. Wartość czasu pogłosu można wyznaczyć dla każdego z pasm oktaowych zgodnie ze wzorem Sabine'a.

$$T = \frac{0,161V}{A}$$

Gdzie:

T – czas pogłosu,

V – objętość pomieszczenia,

A – chłonność akustyczna w pomieszczeniu będąca sumą chłonności akustycznych składowych (przykładowo chłonności ścian, okien, podłogi...).

$$A = \alpha \cdot S$$

Gdzie:

α – współczynnik pochłaniania dźwięku danego elementu,

S – powierzchnia elementu.

Po przekształceniach uzyskuje się:

$$A = \frac{0,161V}{T}$$

Znając współczynnik pochłaniania (a tym samym znając chłonność akustyczną) elementów można wyznaczyć czas pogłosu, jaki będzie panował w pomieszczeniu po wykonaniu adaptacji akustycznej.

$$A_{\text{przed adaptacja}} + A_{\text{elementow dzwiekochlonnych}} - A_{\text{przyslonietej elementami powierzchnii}} =$$

$$= A_{\text{po adaptacji}}$$

$$T_{\text{po adaptacji}} = \frac{0,161V}{A_{\text{po adaptacji}}}$$

Powyższe założenie jest prawdziwe ze względu na to, iż zarówno strop jak i ściany (powierzchnie, których zgodnie z projektem zaplanowano przykrycie materiałami dźwiękochłonnymi) cechowały się identycznym współczynnikiem pochłaniania dźwięku (we wszystkich przypadkach był to tynk cementowo-wapienny czyli powierzchnia akustycznie twarda).

Poniżej przedstawiono współczynniki pochłaniania tynku, jak i dobranych materiałów dźwiękochłonnych.

Częstotliwość środkowa pasma oktawowego [Hz]	α_w tynku	α_w płyt dźwiękochłonnych
125	0,02	0,55
250	0,02	0,90
500	0,03	0,95
1000	0,04	1,00
2000	0,05	1,00
4000	0,05	0,95

Dla polepszenia warunków akustycznych w pomieszczeniach należy więc dążyć do zmniejszenia w nim czasu pogłosu do wartości **jak najniższych, poprzez wprowadzenie materiałów dźwiękochłonnych do pomieszczeń.**

3.1 Założenia projektowe

Wartość T_{20mid} czasu pogłosu w stołówce wynosi 1,64s, w świetlicy 0,9s, a w sali gimnastycznej wynosi powyżej 4,33s. Zgodnie z zaleceniami literaturowymi, zalecana wartość projektowa czasu pogłosu w zakresie częstotliwości 125 Hz – 4 000 Hz w świetlicy oraz stołówce powinna wynosić $T \leq 0,6$ s w Sali Gimnastycznej zaś nie powinna przekraczać 1,5s. Obligatoryjnie zgodnie z Normą PN-B-02151-4: 2015-06 wartość projektowa czasu pogłosu w zakresie częstotliwości 125 Hz – 4 000 Hz powinna wynosić $T \leq 0,6$ s w Stołówce oraz Świetlicy zaś w Sali Gimnastycznej $T \leq 1,5$ s. Oznacza to, iż w obecnej sytuacji czas pogłosu jest zbyt duży.

Drugim parametrem opisującym wymagania akustyczne w pomieszczeniach przeznaczonych do komunikacji słownej jest wskaźnik transmisji mowy (ang. Speech Transmission Index) STI. Zgodnie z normą STI powinien być wyższy niż 0,6. Wartość STI w pomieszczeniu zależy od poziomu tła akustycznego (poziom dźwięku wytwarzanego np. przez instalację wentylacyjną czy dobiegającego z zewnątrz) oraz od czasu pogłosu. Im niższy poziom tła akustycznego i im krótszy czas pogłosu tym większe wartości przyjmuje STI. Przyjmuje się, że wartości STI większe niż 0,7 oznaczają doskonałą zrozumiałość mowy.

W wyniku symulacji otrzymano wymaganą wielkość chłonności akustycznej którą należy wprowadzić do pomieszczenia celem spełnienia wymaganych wartości czasu pogłosu. Podczas doboru lokalizacji brano pod uwagę wymagania funkcjonalne sali. Największą powierzchnią o najlepszej skuteczności oraz rozłożeniu przestrzennym jest sufit. Dlatego też na suficie projektuje się montaż sufitu akustycznego o najwyższej klasie pochłaniania dźwięku-klasie A. Dodatkowo, aby wyeliminować zjawisko „trzepoczącego echa” (*flutter echo*) oraz efekt „pierwszego odbicia” na „tylnych ścianach” w pasach pod sufitem, projektuje się wprowadzenie chłonności akustycznej w postaci okładziny ściennej.

4 Wymagane wielkości

W poniższej tabeli zamieszczono wymagania normowe odnośnie czasu pogłosu w badanych pomieszczeniach.

Tabela 1. Wymagania normowe

Lp.	Rodzaj pomieszczenia	Objętość lub wysokość maksymalna pomieszczenia	Czas pogłosu, T_s
1.1	Sale gimnastyczne, hale sportowe i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu	$\leq 5\,000\text{ m}^3$	$\leq 1,5$
1.2		$> 5\,000\text{ m}^3$	$\leq 1,8$
2.1	Hale basenowe pływalni, parków wodnych i innych obiektów o podobnym przeznaczeniu	$\leq 5\,000\text{ m}^3$	$\leq 1,8$
2.2		$> 5\,000\text{ m}^3$	$\leq 2,2$
3	Sale w żłobkach i przedszkolach ^a	–	$\leq 0,4$
4	Świetlice szkolne ^a	–	$\leq 0,6$
5	Sale konsumpcyjne w stołówkach szkolnych ^a	–	$\leq 0,6$
6.1	Czytelnie, wypożyczalnie oraz pomieszczenia księgozbiorów z wolnym dostępem w bibliotekach ^a	$\leq 4,0\text{ m}$	$\leq 0,6$
6.2		$> 4,0\text{ m}$	$\leq 0,8$
7.1	Atria, hole, foyer i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu, wielokondygnacyjne strefy komunikacji ogólnej w centrach handlowych	$\leq 4,0\text{ m}$	$\leq 1,2$
7.2		od $4,0\text{ m}$ do $16,0\text{ m}$	$\leq 1,5$
7.3		$> 16,0\text{ m}$	$\leq 1,8$
8.1	Galerie wystawowe, sale ekspozycyjne w muzeach i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu ^b	$\leq 4,0\text{ m}$	$\leq 1,5$
8.2		od $4,0\text{ m}$ do $16,0\text{ m}$	$\leq 2,0$
8.3		$> 16,0\text{ m}$	$\leq 2,5$
9.1	Terminale pasażerskie portów lotniczych, dworce kolejowe i autobusowe: obszary komunikacji ogólnej, strefy odpraw pasażerów, odbioru bagażu, kas i informacji, poczekalnie	$\leq 4,0\text{ m}$	$\leq 1,2$
9.2		od $4,0\text{ m}$ do $16,0\text{ m}$	$\leq 1,5$
9.3		$> 16,0\text{ m}$	$\leq 1,8$
10	Gabinety lekarskie i zabiegowe oraz inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu	–	$\leq 0,8$
11	Pokoje biurowe i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu	–	$\leq 0,6$
12	Pokoje nauczycielskie, socjalne i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu w szkołach i przedszkolach	–	$\leq 0,6$
13	Sale konsumpcyjne w restauracjach	Określić indywidualnie	
14	Pomieszczenia sakralne, kościoły, kaplice	Określić indywidualnie	
15	Połączone pomieszczenia o różnej objętości i/lub o różnym przeznaczeniu spośród wymienionych powyżej	Określić indywidualnie w przedziale wartości odpowiednim dla połączonych pomieszczeń	

^a Dotyczy pomieszczeń wykończonych, umeblowanych i wyposażonych w sposób typowy dla przeznaczenia, łącznie z ruchomymi meblami i wyposażeniem, bez obecności ludzi.

^b Jeżeli pomieszczenie jest przeznaczone do komunikacji słownej lub instalacji dźwiękowych, należy zapewnić możliwość okresowego zmniejszenia czasu pogłosu, T_s , o $0,5$ sekundy.

4.1 Wyniki obliczeń

Pomieszczenia charakteryzują się zestawem parametrów akustycznych, które decydują zarówno o walorach akustycznych jak i użytkowych wnętrza. Zakładane parametry akustyczne są w głównej mierze określone przez funkcję akustyczną oraz kubaturę pomieszczenia.

W projekcie w obliczeniach wykorzystano:

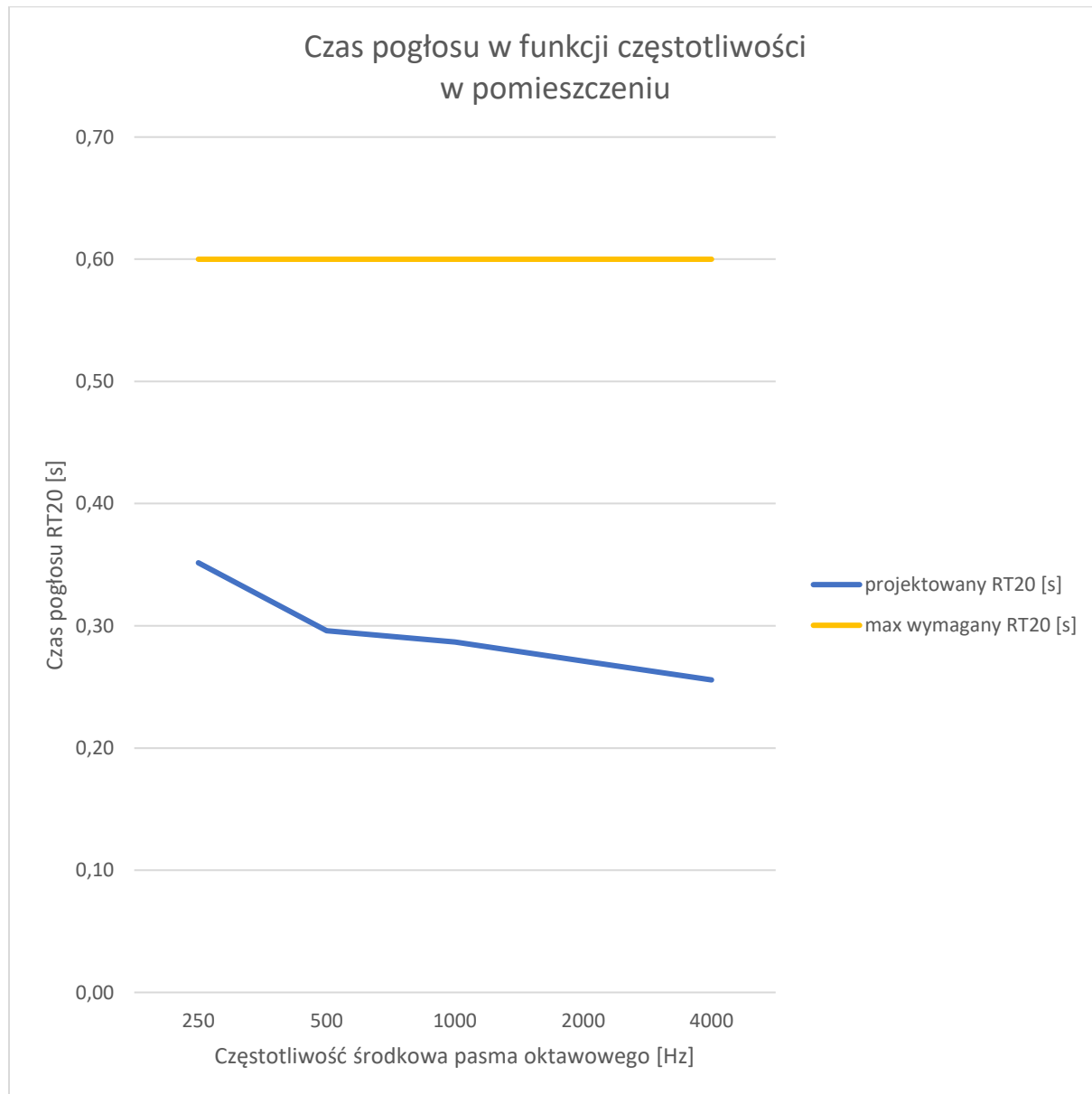
- teorię statyczną,
- elementy akustyki geometrycznej.

Teoria statystyczna została wykorzystana do określenia rodzaju i potrzebnej ilości materiałów dźwiękochłonnych w celu uzyskania zakładanych warunków akustycznych.

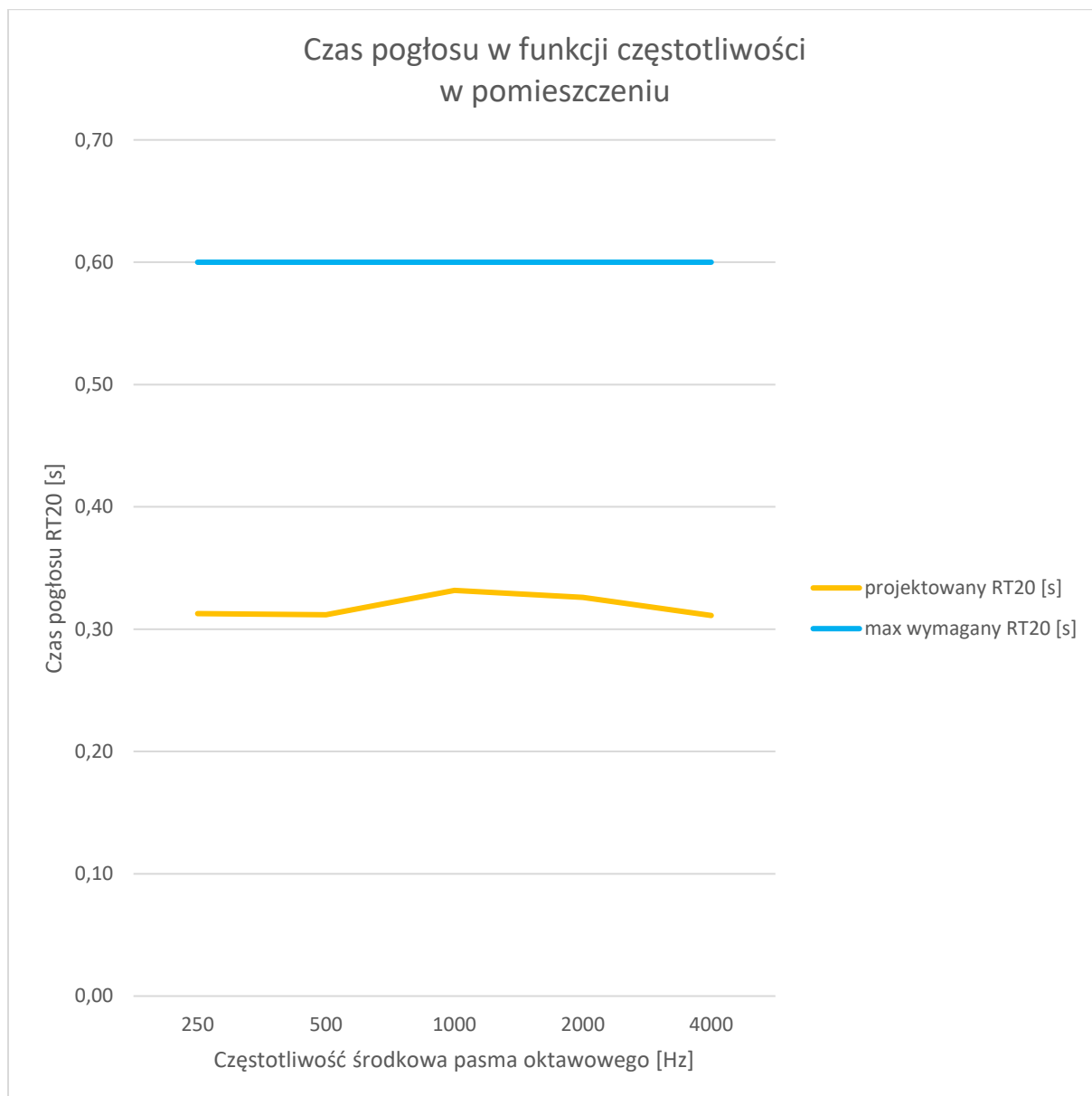
Teoria geometryczna została użyta do określenia miejsc stosowania odpowiednich materiałów dźwiękochłonnych.

Poniższe rysunki porównują wymagania dla poszczególnych pomieszczeń z wynikiem obliczeń.

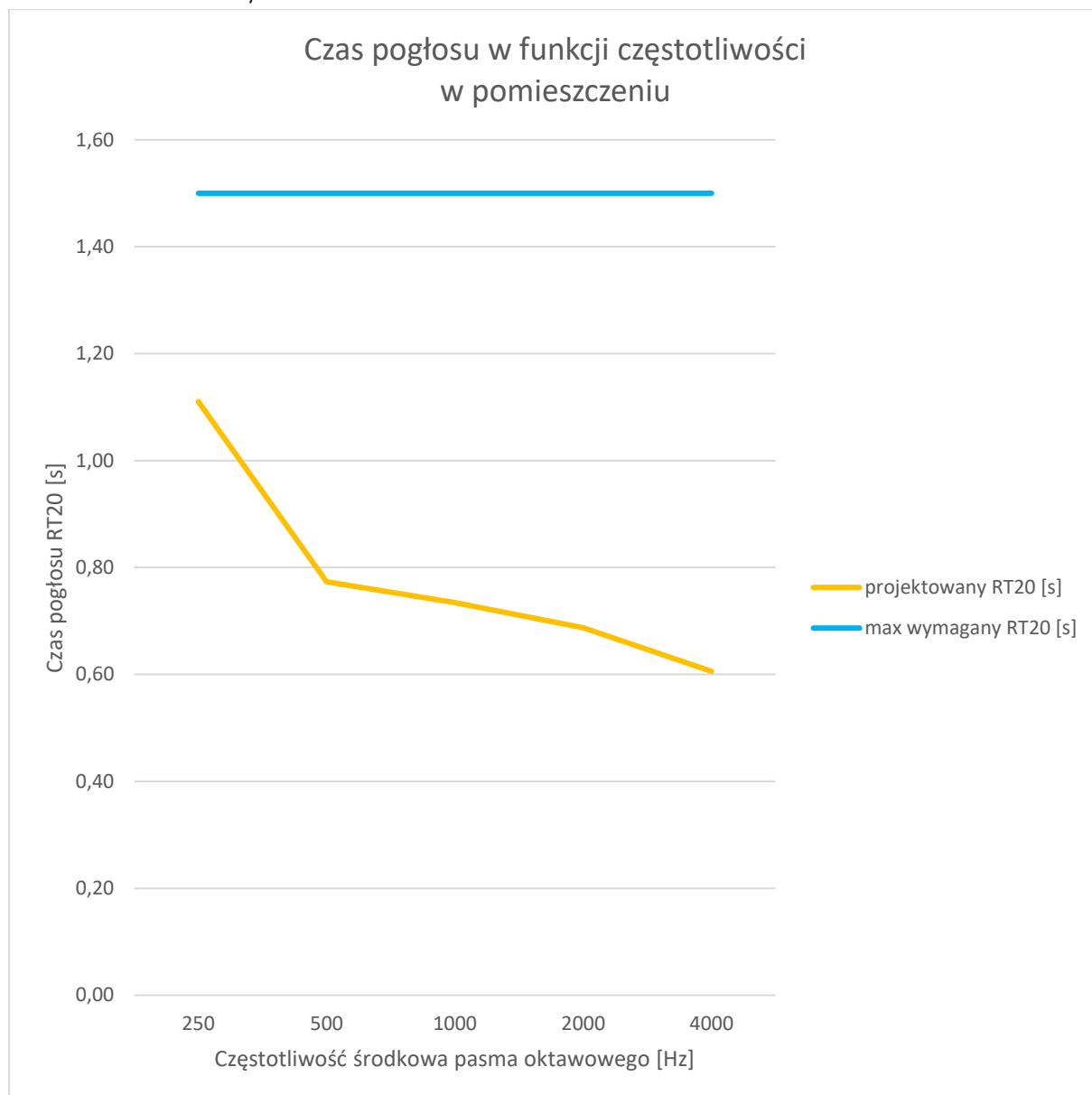
4.1.1 Świetlica



4.1.2 Stołówka



4.1.3 Sala Gimnastyczna



4.2 Rozwiązania projektowe

Pożądaný efekt został uzyskany poprzez odpowiedni rozkład elementów adaptacji akustycznej.

W przedstawionym modelu zastosowano:

- W Świetlicy oraz Stołówce na powierzchni sufitu w każdym pomieszczeniu materiał pochłaniający dźwięk o najwyższym wskaźniku pochłaniania dźwięku $\alpha_w=1$. Ten rodzaj adaptacji jest kluczowym elementem na poprawę akustyki wnętrza. Może to być np. sufit Akustyczny Ecophon Gedina A w module 600x600x40 mm z powłoką Akutex na konstrukcji Connect T24.
- W Świetlicy oraz Stołówce jako element pochłaniający pierwsze odbicie, oraz niwelujący efekt trzepoczącego echa w pasach rozmieszczonych pod sufitem projektuje się

wprowadzenie chłonności akustycznej w postaci okładziny ściennej np. Ecophon Texona A, płyty akustyczne w module 2700x1200x40 mm z powłoką Texona konstrukcja Connect na stalowych profilach ceowych H=44 pomiędzy płytami profile T24 maskujące połączenia płyt.

- W Sali Gimnastycznej pod stropem betonowym sufit akustyczny pochłaniający dźwięk w najwyższej klasie pochłaniania dźwięku $\alpha_w=1$. Dodatkowo sufit musi być odporny na uderzenia piłką (posiadający usztywniacze przeciwuderzeniowe)
- W Sali Gimnastycznej jako element pochłaniający pierwsze odbicie oraz niwelujący efekt trzepoczącego echa projektuje się wprowadzenie chłonności akustycznej w postaci okładziny ściennej np. Ecophon Super G/A, płyty akustyczne w module 2700x1200x40 mm z powłoką odporną na uderzenia Super G konstrukcja Connect na stalowych profilach ceowych H=44 pomiędzy płytami profile T24 oraz/lub profile Omega zabezpieczające połączenia płyt.

Współczynniki pochłaniania dźwięku systemu Ecophon Gedina A 40 mm:

d	c.w.k.	α_p , Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku					
mm	mm	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
40	200	0,5	0,9	0,95	1	1	0,95

Współczynniki pochłaniania dźwięku systemu Ecophon Akusto Wall A/Texona 40 mm:

d	c.w.k.	α_p , Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku					
mm	mm	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
40	43	0,15	0,65	1	1	1	1

Współczynniki pochłaniania dźwięku systemu Ecophon Super G/A 35 mm:

d	c.w.k.	α_p , Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku					
mm	mm	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
35	50	0,15	0,55	1	1	1	1

Współczynniki pochłaniania dźwięku systemu Ecophon Akusto Wall A/Super G 40 mm:

d	c.w.k.	α_p , Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku					
mm	mm	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
40	43	0,15	0,65	1	1	1	1

Powykonawczo w celach sprawdzenia poprawności obliczeń należy wykonać pomiary czasu pogłosu.

KONIEC OPRACOWANIA