

Porównanie hałasu panującego we wnętrzu wybranych typów pojazdów szynowych podczas jazdy

W artykule przedstawione zostaną wyniki pomiarów hałasu zarejestrowanego we wnętrzu wybranych typów pojazdów szynowych podczas jazdy. Ocenie poddano następujące pojazdy: lokomotywy elektryczne, wagony pasażerskie oraz wagony tramwajowe. Ponadto dokonano przeglądu aktualnych przepisów pranych z zakresu pomiaru i oceny hałasu generowanego przez szynowe środki transportu. Istniejące akty prane podzielono na dwie grupy: pierwsza grupa dotyczy przepisów związanych z oceną hałasu w środowisku. Przepisy te wydawane są przez Ministra Środowiska i dotyczą zagadnień związanych z kształtowaniem odpowiedniego klimatu akustycznego terenów. Druga grupa przepisów określająca kryteria, które warunkują dopuszczenie pojazdów szynowych do ruchu. Przepisy te wydawane są przez Ministra Infrastruktury oraz Instytucje związane z pojazdami szynowymi.

1. Wprowadzenie

Hałas komunikacyjny to obecnie jeden z najbardziej rozpowszechnionych i dominujących źródeł hałasu. Problemy związane z zakłócaniem środowiska przez poruszające się drogowe i szynowe środki transportu szczególnie w pobliżu dużych aglomeracji miejskich nabierają coraz większego znaczenia wobec wzrostu liczby pojazdów samochodowych przypadających na jednego mieszkańca, eksploatacją tramwajów szczególnie w centach miast o bardzo gęstej zabudowie oraz działaniami zmierzającymi do zwiększania dopuszczalnej prędkości jazdy na kolei. Szacuje się, że przejazd tramwaju z prędkością 50 km/h odległości 7,5 m od osi toru na wysokości 1,2 m powyżej główki szyny powoduje przekroczenie poziomu 80 dB [1]. Natomiast przejazd pociągu pasażerskiego i towarowego z prędkościami nie przekraczającymi 100 km/h prowadzi do generowania około 90 dB [11].

Obecnie warunkiem dopuszczenia każdego pojazdu szynowego do eksploatacji jest spełnienie przez pojazd tylko norm związanych z emisją hałasu zewnętrznego. Kwestie związane z oceną hałasu wewnątrz pojazdów szynowych za wyjątkiem hałasu na stanowisku pracy są pomijane i nie są brane pod uwagę podczas badań nowego i istniejącego już taboru.

W artykule przedstawione zostaną wyniki pomiarów hałasu we wnętrzu wybranych typów pojazdów szynowych podczas jazdy. Oceniono klimat akustyczny panujący w kabinie maszynisty lokomotyw elektrycznych, w wagonach pasażerskich oraz wagonach tramwajowych. Ponadto dokonano przeglądu wybranych przepisów związanych z oceną hałasu w pojazdach szynowych.

2. Wybrane przepisy odnoszące się do wykonywania i oceny hałasu pojazdów szynowych w środowisku

Podstawowym aktem prawnym w zakresie ochrony środowiska w Polsce, w tym także w odniesieniu do zagadnień związanych z oceną klimatu akustycznego jest ustawa z 27 kwietnia 2001 r Prawo Ochrony Środowiska. Ustawa ta wprowadza obowiązek wykonywania okresowej oceny stanu akustycznego środowiska dla określonych terenów położonych w obrębie aglomeracji i w sąsiedztwie obiektów komunikacyjnych. W zakresie oceny hałasu w środowisku związanej z eksploatacją szynowych środków transportu do najważniejszych można zaliczyć:

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011 r w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów substancji lub energii w środowisku przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem lub portem.

Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku określa dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku w zależności od pory dnia i rodzaju zagospodarowania terenu [6]. W tabeli 1 przedstawiono poziomy dopuszczalne hałasu w środowisku w odniesieniu do lądowych środków transportu.

Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów substancji lub energii w środowisku przez

zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem lub portem określa wymagania w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów dźwięku w środowisku przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem lub portem. W zakresie pomiarów hałasu generowanego przez szynowe środki transportu rozporządzenie zaleca wykonywanie okresowych pomiarów hałasu dla linii kolejowych o natężeniu powyżej 30 tys. pociągów rocznie, a dla linii tramwajowych na odcinkach torowisk o natężeniu ruchu powyżej 100 tramwajów na dobę.

Do oceny hałasu pojazdów szynowych w środowisku dedykowana jest procedura pomiarów poziomów ekspozycyjnych dźwięku w odniesieniu do pojedynczych zdarzeń akustycznych. Procedura ta polega na łączeniu w klasy przejazdów poszczególnych typów pojazdów szynowych i rejestrowanie ekspozycyjnego poziomu dźwięku. W odniesieniu do pociągów rozporządzenie zaleca wyznaczenie minimum czterech klas pojedynczych zdarzeń akustycznych z podziałem na: pociągi pasażerskie dalekobieżne, pociągi pasażerskie lokalne lub regionalne, pociągi towarowe i autobusy szynowe. W przypadku wykonywania pomiarów hałasu w środowisku związanych z oceną hałasu tramwajowego ilość klas pojedynczych zdarzeń akustycznych zależy od ilości typów tramwajów przejeżdżających przez dany punkt pomiarowy. Na podstawie zmierzonych ekspozycyjnych poziomów dźwięku poszczególnych typów pojazdów wyznacza się równoważny poziom dźwięku.

Punkty pomiarowe do oceny hałasu w środowisku lokalizuje się w odległości od 0,5 do 2 m od elewacji budynku w świetle okna kondygnacji ekspozycyjnej na hałas lub na wysokości 4 m nad powierzchnią terenu, gdy nie ma możliwości wykonania pomiarów hałasu

na danej kondygnacji. W przypadku gdy celem pomiarów jest ocena źródła hałasu punkt pomiarowy należy zlokalizować w następujących odległościach: 25 m od osi toru dla linii kolejowych i 7,5 m dla torowisk tramwajowych. Podczas wykonywania pomiarów hałasu rozporządzenie zaleca, aby wszystkie pomiary wykonywać z zachowaniem następujących warunków meteorologicznych: temperatura od -10 C do 50 C, wilgotność względna od 25% do 98%, prędkość wiatru w zakresie 0 ÷ 5 m/s, ciśnieniu atmosferycznym od 900 hPa do 1100 hPa i braku opadów atmosferycznych [9].

3. Przepisy związane z dopuszczeniem pojazdów szynowych do eksploatacji

W zakresie oceny hałasu związanej z dopuszczeniem pojazdu szynowego do eksploatacji można wyróżnić następujące przepisy:

- PN-EN ISO 3095 Kolejnictwo. Akustyka. Pomiar hałasu emitowanego przez pojazdy szynowe.
- PN-EN ISO 3381 Kolejnictwo. Akustyka. Pomiar hałasu wewnątrz pojazdów szynowych.
- PN-K-11000:1992 Tabor kolejowy – Hałas – Ogólne wymagania i badania.
- Transeuropejski System Kolei Konwencjonalnych Techniczna Specyfikacja Interoperacyjności Podsystem Tabor kolejowy dla kolei konwencjonalnych Zakres hałas Aspekt hałas emitowany przez wagony towarowe, lokomotywy, zespoły trakcyjne oraz wagony pasażerskie.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 28 stycznia 2011 r w sprawie zakresu, warunków, terminów i sposobu przeprowadzania badań technicznych tramwajów i trolejbusów oraz jednostek wykonujących te badania.

Dopuszczalne poziomy hałas w środowisku związane z eksploatacją lądowych środków transportu w odniesieniu do jednej doby [6]

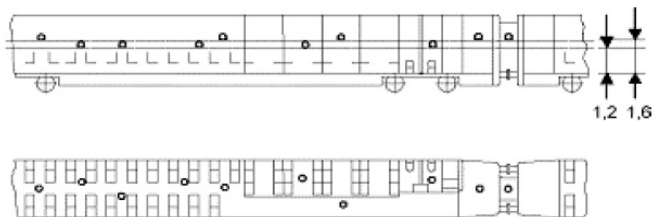
Tabela 1

Lp.	Rodzaj terenu	Dopuszczalny poziom hałasu w [dB]	
		Drogi lub linie kolejowe, tramwajowe	
		$L_{Aeq D}$ Przedział czasu odniesienia równy 16 godzinom	$L_{Aeq N}$ Przedział czasu odniesienia równy 8 godzinom
1.	a). strefa ochronna A uzdrowiska b). tereny szpitali poza miastem	50	45
2.	a). Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej b). Tereny zabudowy związanej ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży c). Tereny domów opieki społecznej d). Tereny szpitali w miastach	55	50
3.	a). Tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego b). tereny zabudowy zagrodowej c). tereny rekreacyjno-wypoczynkowe d) Tereny mieszkaniowo-usługowe	60	50
4.	Tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców	65	55

- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 marca 2011 r w sprawie warunków technicznych tramwajów i trolejbusów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia.

PN-EN ISO 3381 Kolejnictwo. Akustyka. Pomiar hałasu wewnątrz pojazdów szynowych. Norma ta określa warunki i metodyki pomiaru hałasu wewnątrz pasażerskich wagonów pojazdów szynowych oraz na stanowisku pracy maszynisty podczas jazdy i na postoju. Zawarte w dokumencie wytyczne pomiaru hałasu mają zastosowanie dla pojazdów nowych oraz już istniejących. Pomiary hałasu wewnątrz wagonów powinny być poprzedzone pomiarem tła akustycznego oraz przeprowadzone dla czterech przypadków: dla przejazdu badanych pojazdów szynowych ze stałą prędkością, podczas fazy przyspieszania i hamowania oraz na postoju.

Punkty pomiarowe powinny być rozmieszczone w różnych miejscach wagonu. Zaleca się aby ich liczba wynosiła od 5 do 7 punktów pomiarowych. Przykładowe rozmieszczenie punktów pomiaru hałasu w wagonach pasażerskich przedstawia rysunek 1.



Rys. 1 Rozmieszczenie punktów pomiarowych w wagonie na dwóch wysokościach 1,2 i 1,6 m [4]

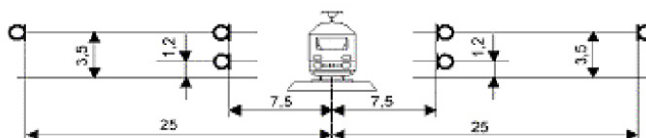
Norma zaleca wykonanie pomiarów hałasu na trzech wysokościach: 1,2 m i 1,6 m na poziomym podłożu oraz 0,2 m nad poziomem poduszki w przypadku pomiarów hałasu w wagonach z miejscami do spania. Pomiary na wysokości 1,2 m dotyczą pomiarów dla miejsc siedzących a pomiary na wysokości 1,6 m są związane z oceną hałasu dla miejsc stojących.

W przypadku oceny hałasu na stanowisku pracy maszynisty mikrofon pomiarowy powinien znajdować się na wysokości 1,6 m nad podłogą przy stanowisku pracy na wysokości ucha operatora w odległości około 0,1 m od ucha maszynisty.

Podczas wykonywania pomiarów powinny być spełnione następujące warunki: wszystkie pomiary należy wykonać bez pasażerów, okna i drzwi w badanych wagonach powinny być zamknięte. W przypadku nowych wagonów należy wykonać w trzy serie pomiarowe natomiast dla badań kontrolnych wystarczy jeden pomiar. Wielkościami rejestrowanymi są następujące wielkości: równoważny poziom dźwięku skorygowany charakterystyką A (L_{pAeqT}) podczas realizowania badań na postoju oraz przejazdu ze stałą prędkością. Maksymalny poziom dźwięku skorygowany charakterystyką A (L_{pAFmax}) dla oceny hałasu podczas fazy przyspieszania i hamowania [4].

PN-EN ISO 3095 Kolejnictwo. Akustyka. Pomiar hałasu emitowanego przez pojazdy szynowe. Norma ta określa warunki oraz metodyki wykonania pomiarów hałasu zewnętrznego pojazdów szynowych. Zakres normy obejmuje wytyczne dotyczące następujących sytuacji pomiarowych: przejazd pojazdu ze stałą prędkością, hamowanie i przyspieszanie oraz pomiar na postoju. Wielkościami mierzonymi są następujące wielkości:

W przypadku pomiarów przejazdu pojazdów szynowych mikrofony pomiarowe powinny być zlokalizowane z dwóch stron pojazdu w dwóch odległościach : 7,5 m i 25 m od osi toru na wysokości 1,2 m i 3,5 m powyżej główki szyny. Na rysunku 2 przedstawiono schemat lokalizacji mikrofonów pomiarowych podczas przejazdu pojazdu szynowego.



Rys. 2 Rozmieszczenie mikrofonów pomiarowych podczas przejazdu pojazdu szynowego [5]

Norma określa także prędkości jazdy pociągów, przy których należy wykonywać pomiary dla oceny hałasu podczas przejazdu pociągu ze stałą prędkością. Zawierają się one w przedziale od 20 do 350 km/h. Wybór prędkości jazdy zależy od typu pociągu. Dla każdego typu pociągu zalecane jest wykonanie pomiarów hałasu dla dwóch przypadków: przejazdu z maksymalną prędkością V_{max} i prędkością wskazaną. Prędkości z którymi należy zrealizować drugi pomiar zawierają się w następujących przedziałach:

- $V_{max} \geq 200$ km/h zalecaną prędkością pomiaru jest 160 km/h dodatkowo należy wykonać także pomiar przy prędkości 80 km/h
- 80 km/h $< V_{max} < 200$ km/h badania powinny być wykonane z prędkością $v = 80$ km/h
- $V_{max} \leq 80$ km/h badania przeprowadza się z $v = 40$ km/h.

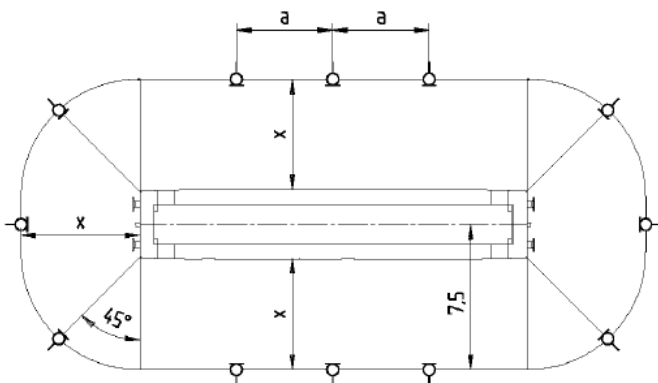
W przypadku oceny hałasu pociągu podczas fazy przyspieszania i hamowania prędkości przy których należy rejestrować poziomy dźwięku norma definiuje następująco: od 0 do 30 km/h dla fazy przyspieszania i od 30 km/h do zatrzymania dla fazy hamowania.

Pomiary na postoju powinny być realizowane w odległości 7,5 m od osi toru na wysokości 1,2 m powyżej główki szyny. Na rysunku 3 przedstawiono przykład rozmieszczenia punktów pomiarowych podczas oceny hałasu pojazdów szynowych na postoju.

Odległości pomiędzy równoległymi do ścian bocznych pojazdu mikrofonami powinny zawierać się od 3 do 5 m tak aby z każdej strony pojazdu szynowego zlokalizować można trzy punkty pomiarowe. Czas pomiaru w każdym z punktów powinien wynosić co

najmniej 20 s. Podczas pomiarów urządzenia, które mogą działać gdy pojazd stoi powinny być uruchomione.

Wszystkie badania hałasu pojazdów szynowych (na postoju, podczas przejazdu ze stałą prędkością oraz podczas fazy przyspieszania i hamowania) powinny być poprzedzone pomiarami tła akustycznego. W trakcie wykonywania pomiarów hałasu emitowanego przez pojazdy szynowe powinny być również zachowane następujące warunki odnoszące się do środowiska, pojazdu i toru:



Rys. 3 Schemat rozmieszczenia mikrofonów pomiarowych dla oceny hałasu pojazdów szynowych na postoju [5]

Teren wokół miejsca w którym odbywają się pomiary powinien być płaski bez powierzchni mogących odbijać dźwięk ponadto badania powinny być prowadzone przy braku opadów atmosferycznych i prędkości wiatru do 5 m/s. Przejazdy badanych pojazdów szynowych powinny odbywać się bez pasażerów, przy zamkniętych drzwiach i oknach. Nawierzchnia kolejowa do oceny hałasu to tor z niecką podsypkową oraz drewnianymi lub żelbetowymi podkładami pozbawiony osłon. Tor na odcinku pomiarowym powinien być spawany oraz pozbawiony widocznych wad powierzchniowych [5].

Techniczna Specyfikacja Interoperacyjności Podsystem: Tabor kolejowy dla kolei konwencjonalnych Zakres: Hałas Aspekt: Hałas emitowany przez wagony towarowe, lokomotywy, zespoły trakcyjne oraz wagony pasażerskie ma zastosowanie do nowego i odnowionego jak i zmodernizowanego taboru kolejowego. Zawiera określone wartości poziomów dopuszczalnych dla oceny hałasu stacjonarnego, ruszania, przejazdu pojazdów szynowych oraz hałasu wewnątrz kabiny maszynisty. Obejmuje procedury pomiaru i poziomy dopuszczalne dla następujących typów pojazdów: wagonów towarowych i pasażerskich, lokomotyw oraz maszyn torowych. Procedury pomiaru zawarte w tym dokumencie opierają się na normie PN-EN ISO 3095 Kolejnictwo. Akustyka. Pomiar hałasu emitowanego przez pojazdy szynowe.

W dokumencie określono następujące wartości dopuszczalne hałasu generowanego przez pojazdy szynowe na postoju:

- wagony towarowe i pasażerskie 65 dB
- lokomotywy elektryczne i spalinowe oraz maszyny torowe z napędem elektrycznym i spalinowym 75 dB
- zespoły trakcyjne z napędem elektrycznym 68 dB
- zespoły trakcyjne z napędem spalinowym 73 dB.

W zakresie oceny hałasu przejazdu TSI ustala następujące wartości dopuszczalne:

- lokomotywy elektryczne i spalinowe oraz maszyny torowe z napędem elektrycznym i spalinowym 85 dB
- zespoły trakcyjne z napędem elektrycznym 81 dB
- zespoły trakcyjne z napędem spalinowym 82 dB
- wagony pasażerskie 80 dB
- nowe wagony towarowe 82 – 85 dB
- odnowione lub zmodernizowane wagony towarowe 84 – 87 dB.

Podczas oceny hałasu ruszania zmierzone poziomy dźwięku nie powinny przekroczyć następujących poziomów dopuszczalnych:

- lokomotywy elektryczne o $P < 4500$ kW na kole 82 dB
- lokomotywy elektryczne o $P \geq 4500$ kW oraz maszyny torowe z napędem elektrycznym 85 dB
- lokomotywy spalinowe o $P < 2000$ kW na wale 86 dB
- lokomotywy spalinowe o $P \geq 2000$ kW na wale oraz maszyny torowe z napędem spalinowym 89 dB
- zespoły trakcyjne z napędem elektrycznym 82 dB
- zespoły trakcyjne z napędem spalinowym o $P < 500$ kW/silnik 83 dB
- zespoły trakcyjne z napędem spalinowym o $P \geq 500$ kW/silnik 85 dB.

Wewnątrz kabiny maszynisty lokomotyw elektrycznych i spalinowych poziom dopuszczalny hałasu nie może przekroczyć 95 dB na postoju podczas emitowania sygnału ostrzegawczego. Podczas jazdy przy prędkościach mniejszych niż 190 km/h na terenie otwartym bez wewnętrznych i zewnętrznych sygnałów ostrzegawczych poziom dopuszczalny nie może przekroczyć 78 dB [2].

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie zakresu warunków, terminów i sposobu przeprowadzania badań technicznych tramwajów i trolejbusów oraz jednostek wykonujących te badania. W rozporządzeniu tym zawarto procedury pomiaru poziomu sygnału dźwiękowego tramwajów oraz hałasu zewnętrznego tramwajów na postoju i podczas jazdy.

Wszystkie procedury pomiaru hałasu w tym rozporządzeniu bazują na normie PN-EN ISO 3095:2005 Kolejnictwo. Akustyka. Pomiar hałasu emitowanego przez pojazdy szynowe.

Podczas pomiarów hałasu zewnętrznego tramwaju mikrofony pomiarowe powinny zostać zlokalizowane na wysokości 1,2 m nad powierzchnią główki szyny z zachowaniem następujących kryteriów co do odległości pomiarowych: 7,5 m od osi toru podczas jazdy tramwaju i 6 m dla pomiarów stacjonarnych. W przypadku badania poziomu dźwięku sygnału dźwiękowego tramwaju odległość usytuowania mikrofonu powinna wynosić 3 m licząc od najbardziej wysuniętego do przodu punktu ściany czołowej.

Pomiary stacjonarne powinny obejmować cały tramwaj. W każdym punkcie pomiarowym czas pomiaru powinien wynosić co najmniej 20 s. W przypadku wykonywania pomiarów hałasu w ruchu tramwaj powinien poruszać się z prędkością 50 km/h. W każdym punkcie pomiarowym należy wykonać co najmniej 3 serie pomiarowe.

Wielkością mierzoną dla oceny hałasu zewnętrznego jest równoważny poziom dźwięku L_{Aeq} , a dla sygnału dźwiękowego tramwaju maksymalny poziom dźwięku L_{AFmax} [7].

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych tramwajów i trolejbusów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia. W rozporządzeniu tym zawarto poziomy dopuszczalne odnoszące się do pomiarów hałasu tramwajów w środowisku. Tramwaj powinien być tak zbudowany, wyposażony i utrzymany aby poziom dźwięku na zewnątrz nie przekraczał: 80 dB – podczas przejazdu ze stałą prędkością 50 km/h i 64 dB – na postoju.

W przypadku sygnału dźwiękowego poziom dźwięku nie powinien przekraczać 85 dB dla tramwajów wyprodukowanych po dniu 31 grudnia 1974 a przed dniem 1 lipca 2011 r. i 90 dB dla tramwajów wyprodukowanych po dniu 30 czerwca 2011 r. [8].

4. Porównanie klimatu akustycznego panującego we wnętrzu wybranych typów pojazdów szynowych podczas jazdy

Dokonano oceny klimatu akustycznego wewnątrz następujących pojazdów szynowych: w kabinie maszynisty lokomotyw elektrycznych serii ET22 i EU07, w wagonach bezprzedziałowych 1 i 2 klasy typu 152A i 154Aa, wagonach z przedziałami 1 i 2 klasy typu 145Ab oraz w wagonach tramwajowych typu 105N/105Na i Tatra. Wszystkie pomiary wykonano podczas normalnej pracy przewozowej.

W lokomotywach elektrycznych serii EU07 i ET22 rejestrowano poziomy dźwięku podczas jazdy z zadanymi prędkościami. Lokomotywy ET22 poruszały się z prędkością: $v = 60$ km/h, $v = 80$ km/h i $v = 100$ km/h. Natomiast lokomotywy EU07 z prędkościami $v = 80$ km/h, $v = 100$ km/h i $v = 120$ km/h.

Zestawienie uzyskanych wyników zawarto w tabelach 2 i 3. Tabela 2 dotyczy lokomotyw ET22 natomiast tabela 3 obejmuje wyniki zarejestrowane w lokomotywach serii EU07 [3].

Poziom dźwięku L_{Aeq} [dB] w kabinie maszynisty lokomotywy ET22 [3]

Tabela 2

Seria i nr lokomotywy	Prędkość jazdy [km/h]		
	60	80	100
ET22-384	77	77	78
ET22-578	77	78	78
ET22-642	78	80	79

W przebadanych lokomotywach ET22 podczas jazdy zmierzone równoważne poziomy dźwięku zawierały się w przedziale 77 – 80 dB. Najniższe wartości równoważnego poziomu dźwięku uzyskano w lokomotywach ET22-384 i ET22-578 w badanych pojazdach równoważne poziomy dźwięku nie przekroczyły 79 dB. Najwyższe poziomy zarejestrowano w lokomotywie ET22-642 jazda lokomotywy z prędkościami powyżej 60 km/h powodowała, że równoważne poziomy dźwięku przekraczały poziom 79 dB.

Poziom dźwięku L_{Aeq} [dB] w kabinie maszynisty lokomotywy EU07 [3]

Tabela 3

Seria i nr lokomotywy	Prędkość jazdy [km/h]		
	80	100	120
EU07-151	78	79	81
EU07-229	76	78	79
EU07-360	76	77	77

W przypadku lokomotyw serii EU07 zmierzone równoważne poziomy dźwięku zawierały się w przedziale od 77 – 81 dB. Najniższe poziomy dźwięku zarejestrowano w lokomotywie EU07-360 zmierzone równoważne poziomy dźwięku nie przekroczyły 77 dB niezależnie z jaką prędkością poruszała się lokomotywa. Najwyższe równoważne poziomy dźwięku uzyskano w lokomotywie EU07-151. Przy prędkości 120 km/h równoważny poziomy dźwięku przekroczył 81 dB.

W wagonach pasażerskich oceny hałasu dokonano podczas przejazdu pociągu typu Intercity na trasie Warszawa – Poznań. Podczas pomiarów nie rejestrowano prędkości z jaką poruszał się pociąg. Do badań wybrano po jednym wagonie następujących typów:

- wagon bezprzedziałowy 1 klasy (wagon ostatni w składzie) typu 152A,
- wagon bezprzedziałowy 2 klasy (pierwszy w składzie) typu 154Aa,
- wagon z przedziałami 1 klasy (wagon w środku składu) typu 145Ab,
- wagon z przedziałami 2 klasy (wagon w środku składu) typu 145Ab.

We wszystkich badanych wagonach zlokalizowano 5 punktów pomiarowych rozmieszczonych w następujących miejscach: dwa punkty znajdowały się na korytarzu przy wejściu do wagonu – mikrofon umieszczono na wysokości 1,6 m od poziomu podłogi, trzy punkty w części pasażerskiej wagonu w jego osi wzdłużnej, tzn. na czopami skrzyżowania wózków i w środku wagonu. W punktach tych mikrofony umieszczono na wysokości 1,2 m od poziomu podłogi. Wyniki uzyskanych badań zamieszczono w tabeli 4.

Wykonane badania wykazały, że w części pasażerskiej nad pierwszym i drugim wózkiem oraz na środku wagonu zmierzone równoważne poziomy dźwięku zawierały się w przedziale od 58 – 79 dB. W wagonach bezprzedziałowych najlepszy klimat akustyczny panował w wagonie 2 klasy. Uzyskane wyniki pomiarów nie przekroczyły 68 dB. Najwyższy poziom dźwięku 78 dB zarejestrowano nad pierwszym wózkiem w wagonie pierwszej klasy.

W przypadku pomiarów w wagonach z przedziałami najniższy poziom dźwięku 58 dB uzyskano w przedziale środkowym w wagonie pierwszej klasy. Najwyższe poziomy zarejestrowano w wagonie drugiej klasy: w przedziale środkowym i nad drugim wózkiem. Zmierzone w tych miejscach poziomy równoważne przekroczyły 67 dB. Na korytarzach najwyższe równoważne poziomy dźwięku uzyskano w wagonach pierwszej klasy. W wagonach bezprzedziałowych uzyskano 80 – 93 dB a w wagonach z przedziałami 65 – 94 dB.

Ocenie hałasu wewnętrznego poddano także wagony tramwajowe. Do badań wybrano wagony tramwajowe typu 105N/105Na i Tatra RT6-N1. W każdym z tramwajów pomiarów dokonano w dwóch punktach pomiarowych: z przodu i w środku tramwaju. Mikrofon umieszczono na wysokości 700 mm nad po-

wierzchnią siedzenia w płaszczyźnie symetrii siedzenia, natomiast w środku tramwaju mikrofon umieszczony był na wysokości 1 600 mm nad powierzchnią podłogi. W tabeli 5 przedstawiono wyniki zmierzonych równoważnych poziomów dźwięku w wnętrzu dwóch typów tramwajów: 105N/105Na i Tatra RT6 [10].

Wykonane badania wykazały, że w wagonach typu 105/105Na zmierzone równoważne poziomy dźwięku z przodu i na środku pojazdu przekroczyły poziom 70 dB już przy prędkości 10 km/h. Przy prędkości 45 km/h uzyskane wyniki przekroczyły 81 dB.

W przypadku tramwajów typu Tatra równoważne poziomy dźwięku przekraczające 70 dB zarejestrowano przy prędkości 30 km/h z przodu tramwaju. Wzrost prędkości do 35 km/h spowodował, że zarówno z przodu jak i w środku pojazdu poziomy równoważne przekraczają 72 dB.

5. Podsumowanie

W artykule omówiono wybrane przepisy związane z oceną hałasu pojazdów szynowych oraz przedstawiono wyniki pomiarów hałasu we wnętrzu wybranych typów pojazdów szynowych podczas jazdy. Do badań wybrano kabinę maszynisty w lokomotywach elektrycznych ET22 i EU07, wagony pasażerskie z przedziałami i bezprzedziałów pierwszej i drugiej klasy oraz wagony tramwajowe. Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

- W przedziale maszynisty lokomotyw elektrycznych ET22 i EU07 podczas jazdy z prędkościami powyżej 80 km/h rejestrowane równoważne poziomy dźwięku nie przekroczyły poziomu 80 dB.

Poziomy dźwięku L_{Aeq} [dB] zarejestrowane w wagonach pasażerskich

Tabela 4

Typ wagonu	Klasa wagonu	Położenie punktów pomiarowych				
		korytarz wejście do wagonu	1 wózek	środek wagonu	2 wózek	korytarz wejście do wagonu
Wagony bezprzedziałowe	Klasa 1	93	79	66	66	80
	Klasa 2	63	63	62	68	84
Wagony z przedziałami	Klasa 1	65	60	58	72	94
	Klasa 2	71	64	67	67	87

Równoważne poziomy dźwięku L_{Aeq} w [dB] zarejestrowane wewnątrz wagonów tramwajowych [10]

Tabela 5

Typ tramwaju	Prędkość [km/h]	10	15	20	25	30	35	40	45
105N/105Na	przód tramwaju	70	70	71	72	72	74	75	81
	środek tramwaju	70	71	72	73	74	75	76	82
Tatra RT6	przód tramwaju	65	65	66	68	70	72	76	76
	środek tramwaju	64	65	65	67	68	72	74	75

- W wagonach pasażerskich z przedziałami i bezprzedziałowymi pierwszej i drugiej klasy zmierzone równoważne poziomy dźwięku zawierały się między 58 – 94 dB. Najniższe wartości równoważnego poziomu dźwięku uzyskano w wagonach z przedziałami 58 – 72 dB, natomiast w wagonach bezprzedziałowych uzyskane wyniki badań zawierały się w przedziale 62 – 79 dB. Na korytarzach w badanych wagonach równoważne poziomy dźwięku przekroczyły poziom 94 dB.
- Zrealizowane badania hałasu we wnętrzu tramwajów typu 105N/105Na i Tatra RT6 wykazały, że poziom 70 dB został osiągnięty podczas przejazdu tramwajów 105N/105Na z prędkością 10 km/h a tramwajów typu Tatra RT6 z prędkością powyżej 30 km/h.

Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2010 – 2013 jako projekt badawczy pt „Ocena i modelowanie hałasu zewnętrznego i wewnętrznego środków transportu miejskiego”.

Bibliografia

- [1] Czechyra B., *Aktywność wibroakustyczna pojazdu szynowego – koncepcja nowego narzędzia diagnostycznego. W Materiały Seminarium Zakładu Pojazdów Szynowych Poznań 19.06.2012 Materiały niepublikowane.*
- [2] *Decyzja Komisji z dnia 4 kwietnia 2011 r. dotycząca Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności odnoszącej się do podsystemu „Tabor kolejowy – hałas” trans-europejskiego systemu kolei*
- [3] Orczyk M., Tomaszewski F., *Ocena poziomu hałasu w kabinie maszynisty lokomotyw elektrycznych podczas jazdy. Pojazdy Szynowe nr 3–4/2004, s. 61÷64*
- [4] *PN-EN ISO 3381 Kolejnictwo. Akustyka. Pomiar hałasu wewnątrz pojazdów szynowych.*
- [5] *PN-EN ISO 3095 Kolejnictwo. Akustyka. Pomiar hałasu emitowanego przez pojazdy szynowe.*
- [6] *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku Dz. U. nr 120, poz. 826.*
- [7] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 28 stycznia 2011 r w sprawie zakresu, warunków, terminów i sposobu przeprowadzania badań technicznych tramwajów i trolejbusów oraz jednostek wykonujących te badania. Dz. U. nr 65, poz. 343.*
- [8] *Rozporządzeni Ministra Infrastruktury z dnia 2 marca 2011 r w sprawie warunków technicznych tramwajów i trolejbusów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia. Dz. U. nr 65, poz. 344.*
- [9] *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011 r w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów substancji lub energii w środowisku przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem lub portem Dz. U. nr 140, poz. 824.*
- [10] Tomaszewski F., Orczyk M., *Ocena poziomu hałasu wewnątrz tramwajów na podstawie badań. Pojazdy Szynowe nr 4/2007, s. 1÷7*
- [11] Wojciechowska E., *Analiza metod szacowania poziomu dźwięku pojazdów szynowych. Rozprawa doktorska, Politechnika Poznańska Wydział Maszyn Roboczych i Transportu, Poznań 2008.*