

VII WARMIŃSKO – MAZURSKIE FORUM DROGOWE
Drogi przyszłości

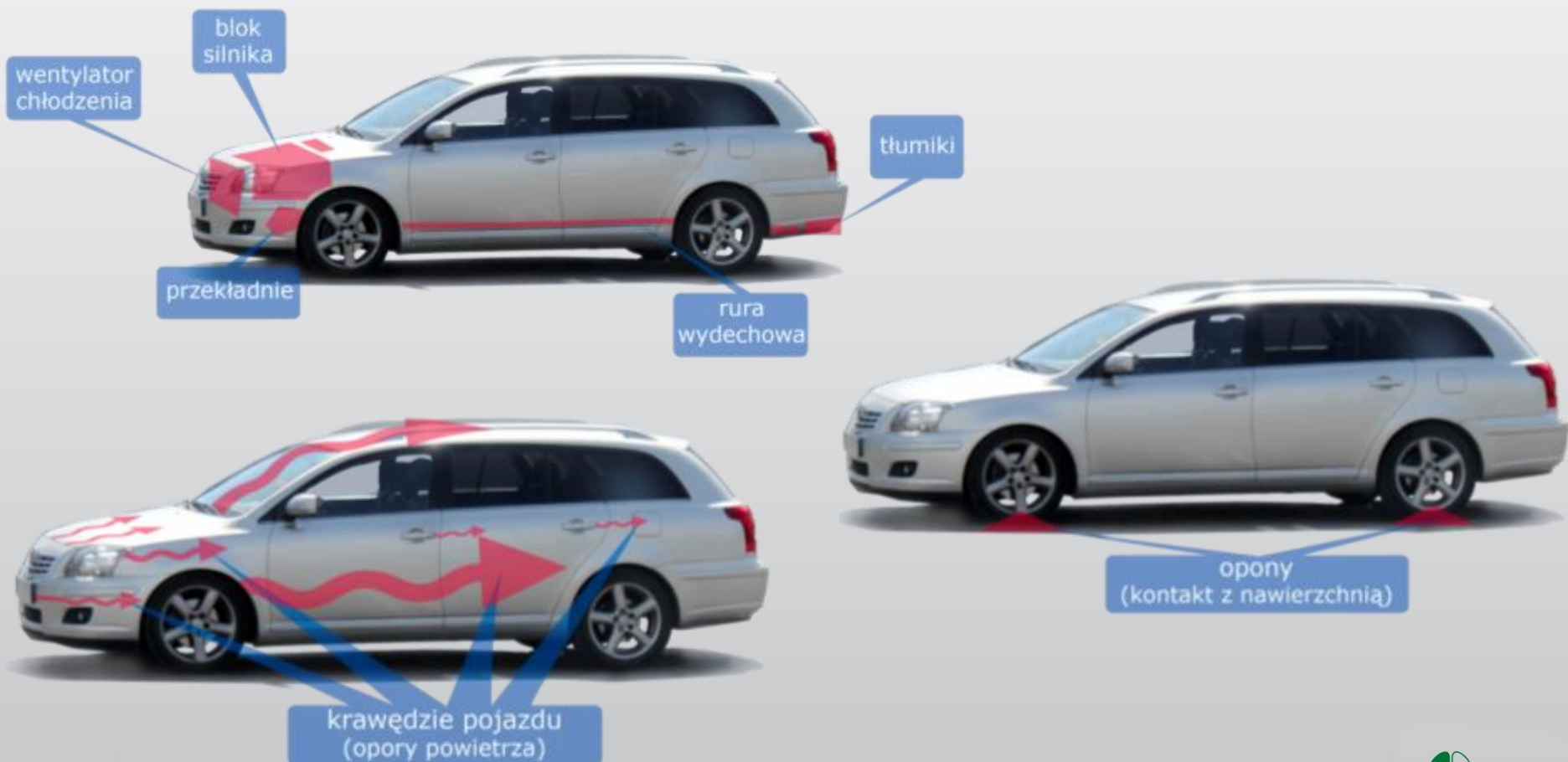
Wpływ pojazdów z napędem elektrycznym na obniżenie hałasu w otoczeniu dróg zamiejskich

dr inż. Maciej Hałucha – Laboratorium Badawcze EKKOM Sp. z o.o.
dr hab. inż. Janusz Bohatkiewicz, prof. ucz. – EKKOM Sp. z o.o.

Siła k/Olsztyna, 19 - 21 września 2021 r.

Źródła (emisji) hałasu drogowego

- Układ napędowy: blok silnika, przekładnie, wentylatory, układ ssący (s.c.), wał napędowy (s.c.), tłumiki, rura wydechowa
- Opony (kontakt z nawierzchnią)
- Krawędzie pojazdu – opory powietrza (aerodynamiczne)



Główne źródła hałasu pojazdów samochodowych w modelu CNOSSOS-EU

- 1) **Hałas toczenia** wywołany wzajemnym oddziaływaniem opony i nawierzchni jezdni



- 2) **Hałas emitowany przez jednostkę napędową pojazdu** (silnik, układ wydechowy)



Moc akustyczna źródła liniowego w modelu CNOSSOS-EU

Kierunkowa moc akustyczna źródła liniowego na metr w danym paśmie częstotliwości [dB/m]:

$$L_{W',eq,line,i,m} = L_{W,i,m} + 10 \log \left(\frac{Q_m}{1000 \cdot v_m} \right)$$

gdzie:

- Q_m – natężenie ruchu [P/h]
- v_m – średnia prędkość ruchu pojazdów danej kategorii [km/h]
- $L_{W,i,m}$ – kierunkowa moc akustyczna jednego pojazdu [dB]

Kategorie pojazdów w modelu CNOSSOS-EU

Kategoria	Nazwa	Opis	
1	Lekkie pojazdy silnikowe	Samochody osobowe, samochody dostawcze ≤ 3.5 tony, samochody typu SUV, pojazdy wielofunkcyjne, włącznie z przyczepami i przyczepami turystycznymi	
2	Średnie pojazdy silnikowe	Średnie pojazdy ciężarowe, samochody dostawcze > 3.5 tony, autobusy, samochody kempingowe itd., dwuosiove i posiadające opony bliźniacze na tylnej osi	
3	Pojazdy ciężarowe	Pojazdy ciężarowe, autokary turystyczne, autobusy, z trzema lub więcej niż trzema osiami	
4	Dwukołowe pojazdy silnikowe	4a	Motorowery dwu-, trzy i czterokołowe
		4b	Motocykle z przyczepą boczną i bez, motocykle trzy- i czterokołowe
5	Kategoria otwarta	Zostanie zdefiniowana wedle przyszłych potrzeb	

Hałas układu napędowego w modelu CNOSSOS-EU

Emisja hałasu jednostki napędowej uwzględnia hałas generowany przez pracę silnika, układu wydechowego, przekładni, wlotu powietrza, itp. Poziom mocy akustycznej hałasu jednostki napędowej definiuje się następująco:

$$L_{WP,i,m} = A_{P,i,m} + B_{P,i,m} \cdot \left(\frac{v_m - v_{ref}}{v_{ref}} \right) + \Delta L_{WP,i,m}$$

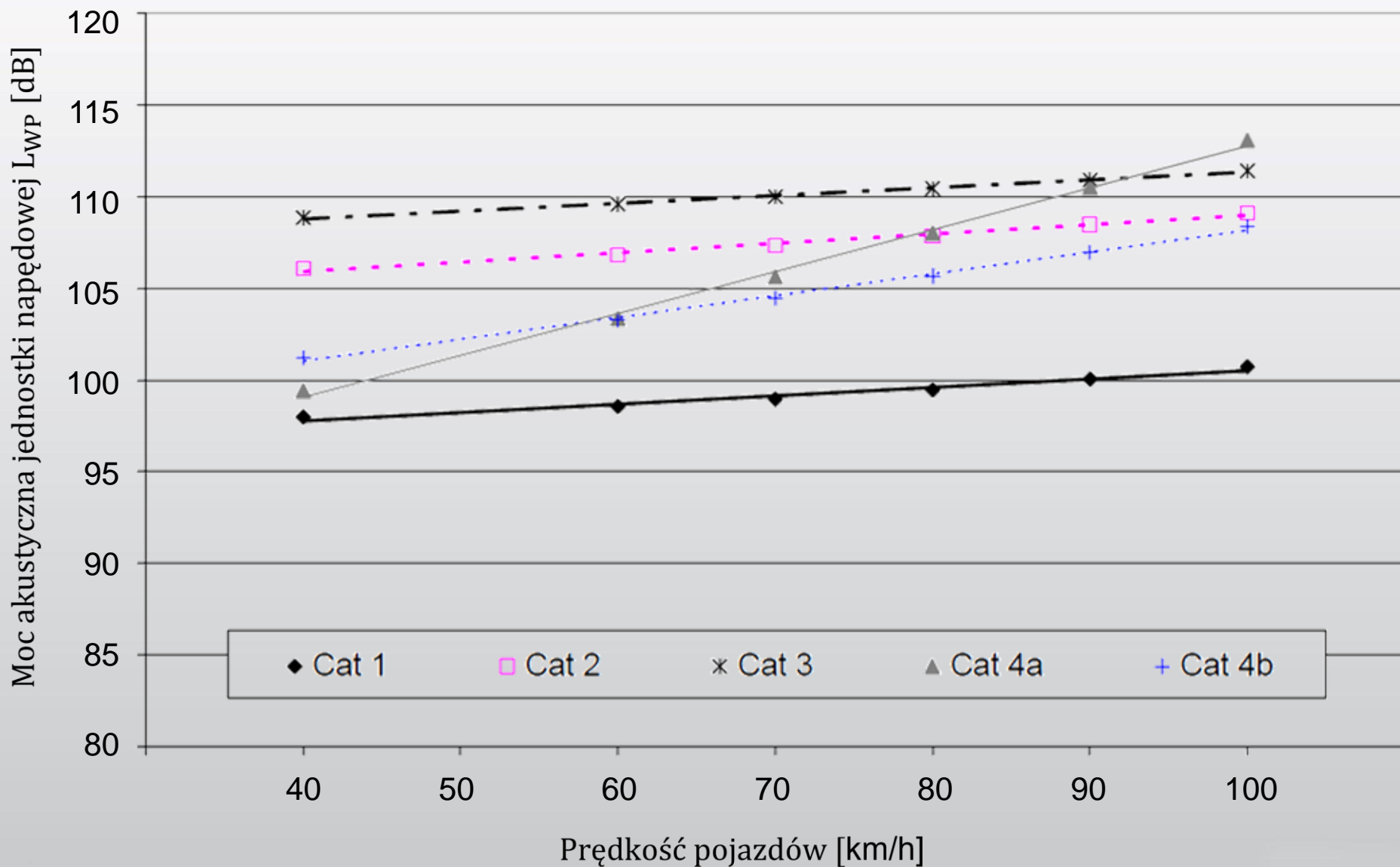
gdzie:

- | | | |
|---------------------------|---|---|
| $A_{P,i,m}$ i $B_{P,i,m}$ | – | współczynniki podawane w pasmach oktaowych dla każdej kategorii pojazdu oraz dla prędkości referencyjnej $v_{ref} = 70$ km/h |
| v_m | – | średnia prędkość ruchu pojazdów danej kategorii [km/h] |
| v_{ref} | – | prędkość referencyjna równa 70 km/h |
| $\Delta L_{WP,i,m}$ | – | suma współczynników korekcji emisji hałasu toczenia w konkretnych warunkach drogowych (pochłanianie hałasu układu napędowego przez nawierzchnię drogową, pochylenie niwelety jezdni, przyspieszanie i zwalnianie na skrzyżowaniach) |

Współczynniki korygujące hałas toczenia oraz hałas jednostki napędowej w modelu CNOSSOS-EU

Kategoria	Współczynnik	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
1	A _R	79,7	85,7	84,5	90,2	97,3	93,9	84,1	74,3
	B _R	30	41,5	38,9	25,7	32,5	37,2	39	40
	A _F	94,5	89,2	88	85,9	84,2	86,9	83,3	76,1
	B _F	- 1,3	7,2	7,7	8	8	8	8	8
2	A _R	84	88,7	91,5	96,7	97,4	90,9	83,8	80,5
	B _R	30	35,8	32,6	23,8	30,1	36,2	38,3	40,1
	A _F	101	96,5	98,8	96,8	98,6	95,2	88,8	82,7
	B _F	- 1,9	4,7	6,4	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
3	A _R	87	91,7	94,1	100,7	100,8	94,3	87,1	82,5
	B _R	30	33,5	31,3	25,4	31,8	37,1	38,6	40,6
	A _F	104,4	100,6	101,7	101	100,1	95,9	91,3	85,3
	B _F	0	3	4,6	5	5	5	5	5
4a	A _R	0	0	0	0	0	0	0	0
	B _R	0	0	0	0	0	0	0	0
	A _F	88	87,5	89,5	93,7	96,6	98,8	93,9	88,7
	B _F	4,2	7,4	9,8	11,6	15,7	18,9	20,3	20,6
4b	A _R	0	0	0	0	0	0	0	0
	B _R	0	0	0	0	0	0	0	0
	A _F	95	97,2	92,7	92,9	94,7	93,2	90,1	86,5
	B _F	3,2	5,9	11,9	11,6	11,5	12,6	11,1	12
5	A _R								
	B _R								
	A _F								
	B _F								

Hałas układów napędowych pojazdów różnych kategorii w modelu CNOSSOS-EU



Wyniki badań projektu badawczego FOREVER (ang. Future Operational Impacts of Electric Vehicles on national European Roads)

CEDR Transnational Road Research Programme
Call 2012: Noise

Funded by Belgium/Flanders, Germany,
Ireland, Norway, Sweden, United Kingdom



FOREVER

Noise emission of electric and hybrid electric vehicles

Deliverable FOREVER_WP2_D2-1_v4
April 2015



TRL (Transport Research Laboratory), United Kingdom



Austrian Institute of Technology (AIT), Austria



Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR), France



Trinity College Dublin



University of Bath

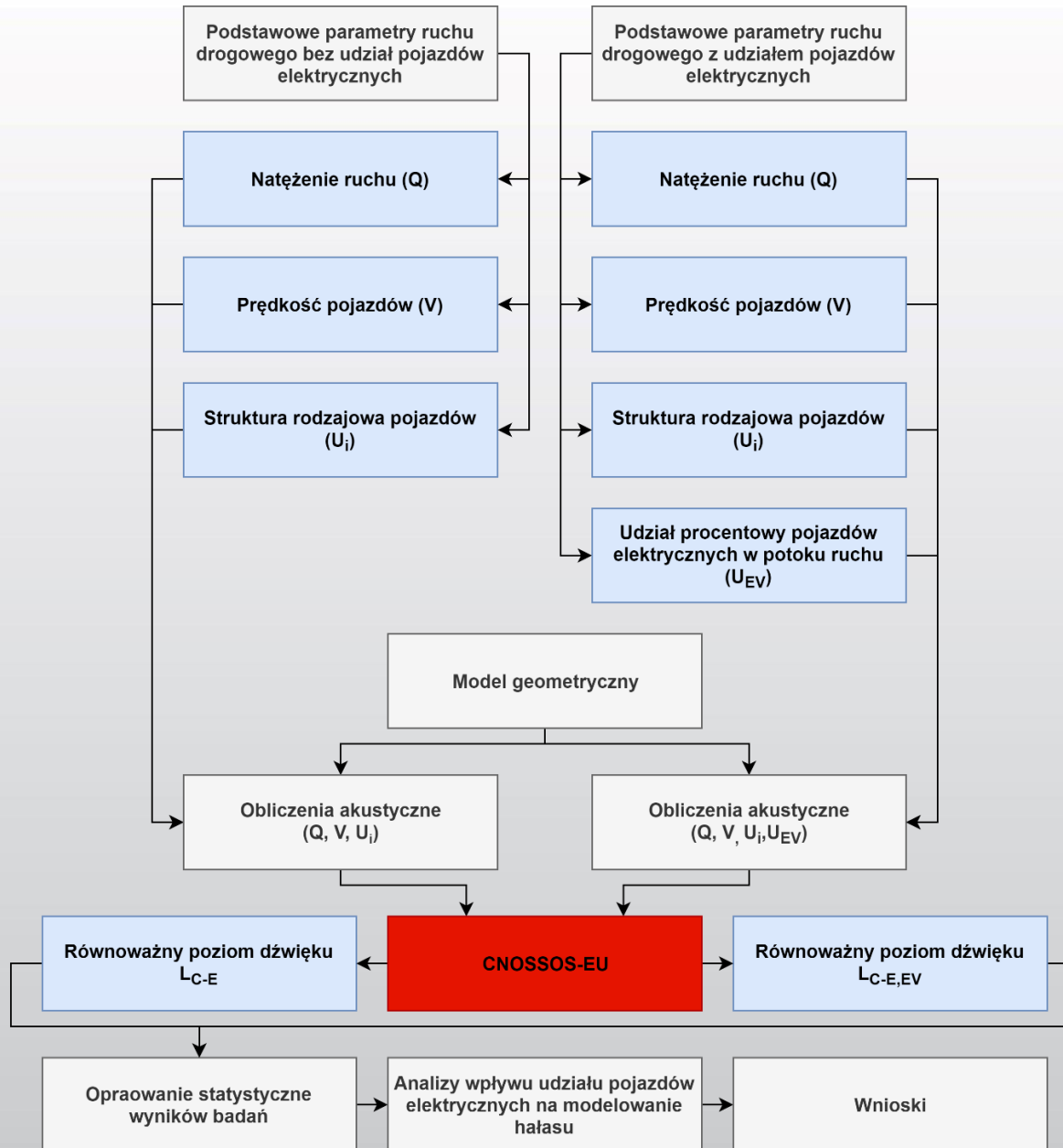
Częstotliwość dźwięku [Hz]	Współczynnik korygujący [dB]
63	- 5.0
125	- 1.7
250	- 4.2
500	- 15.0
1000	- 15.0
2000	- 15.0
4000	- 13.8

System dźwiękowy AVAS (*ang. Acoustic Vehicle Alerting System*)

1. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 540/2014 z dnia 16 kwietnia 2014 r. w sprawie poziomu dźwięku pojazdów silnikowych i zamiennych układów tłumiących oraz zmieniające dyrektywę 2007/46/WE i uchylające dyrektywę 70/157/EWG
2. Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2019/839 z dnia 7 marca 2019 r. zmieniające rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 540/2014 w sprawie poziomu dźwięku pojazdów silnikowych i zamiennych układów tłumiących



Metoda wykonywania badań



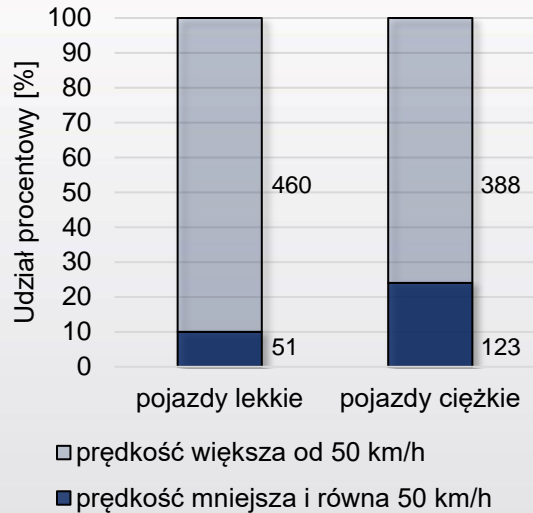
Źródło: Hałucha M., Wpływ wybranych czynników i danych wejściowych na modelowanie hałasu drogowego. Politechnika Lubelska. 2021

Metoda wykonywania badań - założenia

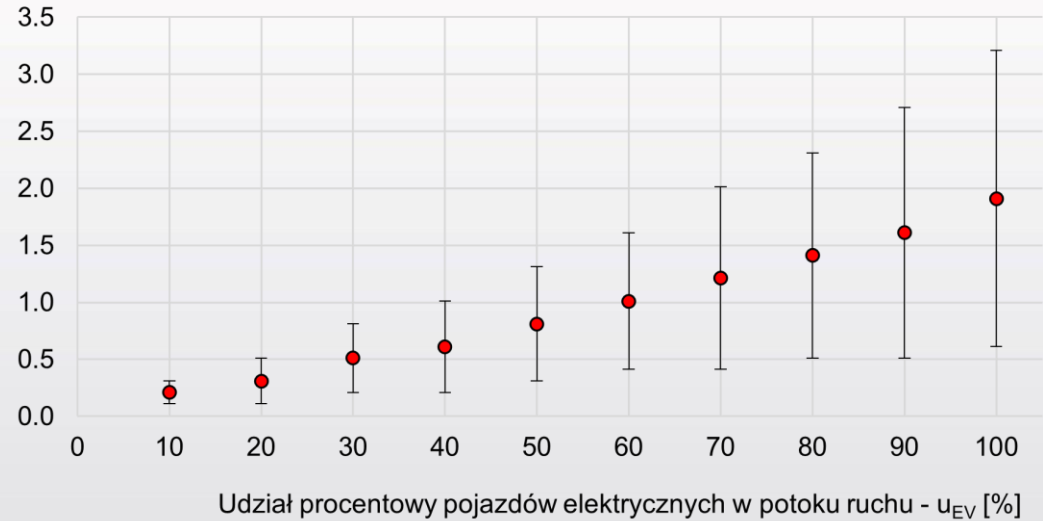
- Wykorzystano model obliczeniowy CNOSSOS-EU,
- Przyjęto jednakowy współczynnik korygujący poziom mocy akustycznej hałasu jednostki napędowej dla pojazdów z napędem elektrycznym i hybrydowym,
- Współczynnik korygujący poziom mocy akustycznej hałasu jednostki napędowej przyjęto tylko dla tych kategorii pojazdów, dla których prędkość była równa lub mniejsza od 50 km/h
- W obliczeniach nie uwzględniono wpływu systemu AVAS (dla wszystkich zestawów danych wejściowych prędkości były większe od 20 km/h, przy których system ten nie jest aktywowany),
- Przyjęto udział procentowy pojazdów elektrycznych w potoku ruchu taki sam dla wszystkich kategorii pojazdów (od 0% do 100%),
- Współczynniki korygujące poziom mocy akustycznej hałasu jednostki napędowej dla pojazdów elektrycznych przyjęto na podstawie wyników projektu FOREVER, przy czym były one takie same dla pojazdów kategorii 1, 2 i 3.
- Do modelowania wykorzystano 511 rzeczywistych zestawów danych wejściowych (podstawowych parametrów ruchu) użytych w opracowaniach środowiskowych.

Wpływ udziału potoku ruchu pojazdów z napędem elektrycznym i hybrydowym

Pora dnia

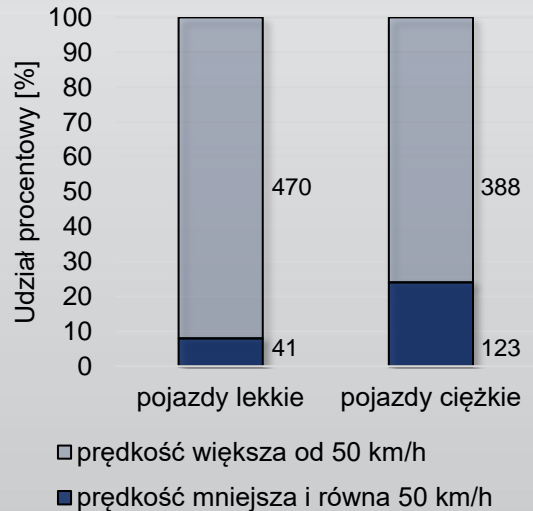


Współczynnik korygujący wyniki modelowania hałasu [dB]

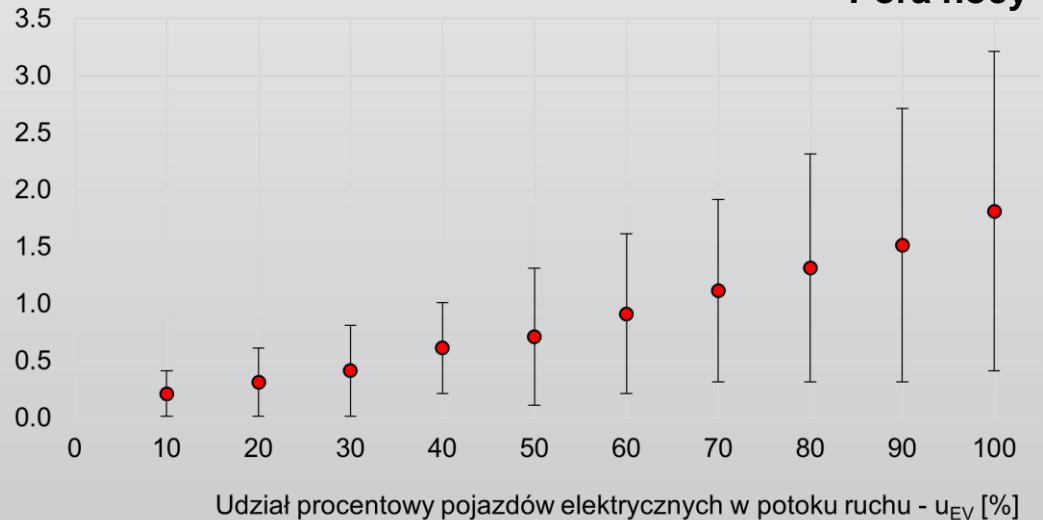


Pora dnia

Pora nocy



Współczynnik korygujący wyniki modelowania hałasu [dB]



Pora nocy

Źródło: Hałucha M., Wpływ wybranych czynników i danych wejściowych na modelowanie hałasu drogowego. Politechnika Lubelska. 2021

Wpływ udziału w potoku ruch pojazdów z napędem elektrycznym i hybrydowym

Test istotności dwóch średnich

Pora doby	Udział procentowy pojazdów elektrycznych w potoku ruchu u_{EV}									
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Pora dnia	0,3	0,7	1,0	1,3	1,7	2,1	2,5	2,9	3,4	3,8
Pora nocy	0,3	0,5	0,8	1,1	1,4	1,7	2,1	2,5	2,8	3,3

Wpływ pojazdów z napędem elektrycznym

$$\Delta_{L_{W,eq,line,EV}} = 10 \log \left(\sum \frac{(10^{L_{WR,i,m}(v_m/10)} + 10^{L_{WP,i,m}(v_m/10)}) \cdot (1 - u_{EV,m}) \cdot Q_m}{v_m} \right) + \sum \frac{(10^{L_{WR,i,m}(v_m/10)} + 10^{(L_{WP,i,m}(v_m + \Delta L_{WP,i,m,EV})/10)}) \cdot u_{EV,m} \cdot Q_m}{v_m} - 10 \log \left(\sum \frac{(10^{L_{WR,i,m}(v_m/10)} + 10^{L_{WP,i,m}(v_m/10)}) \cdot Q_m}{v_m} \right) \left[d B/m \right]$$

Wpływ pojazdów z napędem elektrycznym i hybrydowym

$$\Delta_{L_{W,eq,line,EV,HEV}} = 10 \log \left(\sum \frac{(10^{L_{WR,i,m}(v_m/10)} + 10^{L_{WP,i,m}(v_m/10)}) \cdot (1 - u_{EV,m} - u_{HEV,m}) \cdot Q_m}{v_m} \right) + \sum \frac{(10^{L_{WR,i,m}(v_m/10)} + 10^{(L_{WP,i,m}(v_m + \Delta L_{WP,i,m,EV})/10)}) \cdot u_{EV,m} \cdot Q_m}{v_m} + \sum \frac{(10^{L_{WR,i,m}(v_m/10)} + 10^{(L_{WP,i,m}(v_m + \Delta L_{WP,i,m,HEV})/10)}) \cdot u_{HEV,m} \cdot Q_m}{v_m} - 10 \log \left(\sum \frac{(10^{L_{WR,i,m}(v_m/10)} + 10^{L_{WP,i,m}(v_m/10)}) \cdot Q_m}{v_m} \right) \left[d B/m \right]$$

Źródło: Hałucha M., Wpływ wybranych czynników i danych wejściowych na modelowanie hałasu drogowego. Politechnika Lubelska. 2021

Scenariusze rozwoju elektromobilności w krajach UE i w Polsce

1. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE z dnia 22 października 2014 r. **w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych.** Dz. U. UE 307/1.
2. Komisja Europejska, *Europa 2020. Strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu.* Komunikat Komisji KOM(2010)2020 wersja ostateczna. 2010.
3. Komisja Europejska, *Biała Księga. Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu - dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu.* KOM(2011)144 wersja ostateczna. 2011.
4. Komisja Europejska. *Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Europejska strategia na rzecz mobilności niskoemisyjnej.* COM(2016) 501 wersja ostateczna. 2016.
5. Ministerstwo Rozwoju, *Strategia na rzecz odpowiedzialnego rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.).* 2017.
6. Ministerstwo Energii, *Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce “Energia do przyszłości”.* 2016.
7. Ministerstwo Energii, *Krajowe ramy polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych.* 2017.
8. Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. **o elektromobilności i paliwach alternatywnych** (Dz. U. 2020, poz. 908).
9. Płuska E., Rackiewicz I., Rosicki M., Sobecki I., Szczepanik-Retka I., Załupka M., Skarbak-Żabkin A., Matuszewski P., *Analiza stanu rozwoju oraz aktualnych trendów rozwojowych w obszarze elektromobilności w Polsce.* Atmoterm S.A. na zlecenie Ministerstwa Przedsiębiorczości i Technologii 2019.

Główne czynniki mające wpływ na tempo rozwoju elektromobilności w Polsce

- Rozwój potencjału innowacyjnego i produkcyjnego,
- Stan przygotowania systemu elektroenergetycznego w Polsce,
- Opracowanie krajowej technologii utylizacji baterii litowo – jonowych i innych wykorzystywanych w pojazdach elektrycznych,
- Potencjał jednostek samorządu terytorialnego w zakresie rozwoju elektromobilności

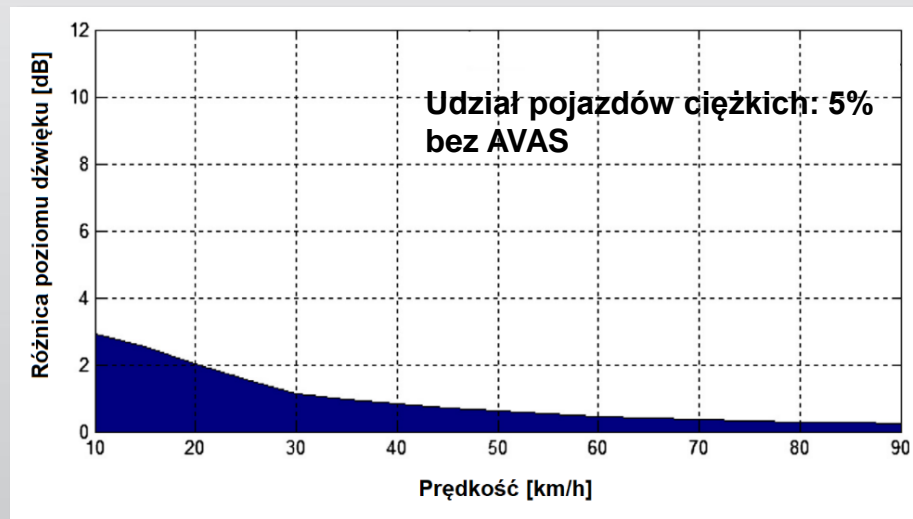
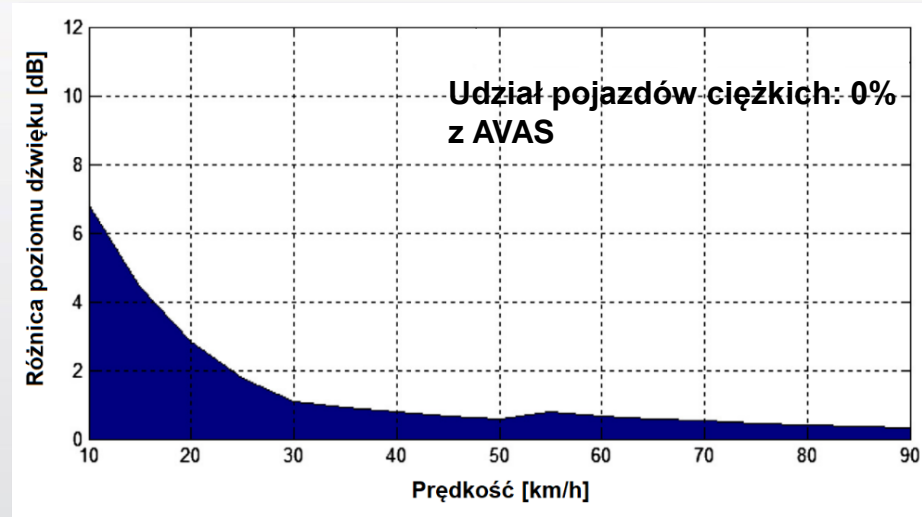
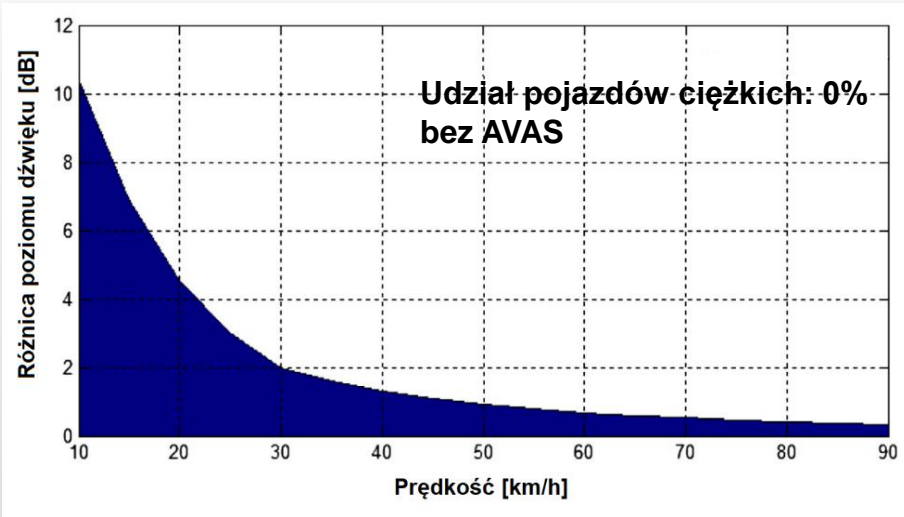
Źródło: Płuska E., Rackiewicz I., Rosicki M., Sobiecki I., Szczepanik-Retka I., Załupka M., Skarbek-Żabkin A., Matuszewski P., Analiza stanu rozwoju oraz aktualnych trendów rozwojowych w obszarze elektromobilności w Polsce. Atmoterm S.A. na zlecenie Ministerstwa Przedsiębiorczości i Technologii. 2019

Prognozy liczby samochodów elektrycznych w Polsce do 2050 r.

Scenariusz	Prognozowana liczba pojazdów elektrycznych w Polsce [tys.]							
	Pojazdy ogółem (bez autobusów)				Autobusy			
	2025	2030	2040	2050	2025	2030	2040	2050
S0: bierny	63	229	854	1 854	2.00	2.68	4.43	5.65
S1: podstawowy	300	680	1 930	3 930	3.00	4.02	6.80	8.50
S2: PRE	1 000	1 988	3 964	5 941	4.00	5.63	9.17	11.5
S3: dyn. rozwoju	1 000	3 000	9 500	16 600	5.27	7.26	11.7	15.8

Źródło: Płuska E., Rackiewicz I., Rosicki M., Sobceki I., Szczepanik-Retka I., Załupka M., Skarbek-Żabkin A., Matuszewski P., Analiza stanu rozwoju oraz aktualnych trendów rozwojowych w obszarze elektromobilności w Polsce. Atmoterm S.A. na zlecenie Ministerstwa Przedsiębiorczości i Technologii. 2019

Wpływ udziału pojazdów elektrycznych na stan klimatu akustycznego w miastach



Źródło: Campello-Vicente H., Peral-Orts R., Campillo-Davo N., Velasco-Sanchez E., The effect of electric vehicles on urban noise maps. Applied Acoustics. Vol. 116, 2017, p. 59–64.

Podsumowanie i wnioski

- 1. Redukcja poziomu hałasu po wprowadzeniu do potoku ruchu pojazdów elektrycznych w otoczeniu dróg zamiejskich nie jest znacząca**
- 2. Istotne statystycznie różnice obliczonego poziomu dźwięku w otoczeniu dróg zamiejskich wystąpią przy udziale pojazdów elektrycznych w potoku ruchu na poziomie 60% w porze dziennej i 70% w porze nocnej**
- 3. Uwzględnianie wpływu pojazdów elektrycznych w modelowaniu hałasu drogowego nie jest obecnie niezbędne**

Dziękuję za uwagę