

**EKOLA group, spol. s r.o.**

Držitel certifikátů:

ČSN EN ISO 9001:2016

ČSN EN ISO 14001:2016

ČSN ISO 45001:2018

# Elektromobilita

---

## Souhrnná zpráva

---

**Zakázkové číslo: 22.0386-01**

**EKOLA group, spol. s r.o.**

Mistrovská 4  
108 00 Praha 10

IČO: 63981378

DIČ: CZ63981378

Telefon: +420 274 784 927-9

Fax: +420 274 772 002

E-mail: [ekola@ekolagroup.cz](mailto:ekola@ekolagroup.cz)

[www.ekolagroup.cz](http://www.ekolagroup.cz)

**1. června 2023**



**Název akce:** Elektromobilita  
Souhrnná zpráva

**Zadavatel:** Ministerstvo dopravy  
nábřeží Ludvíka Svobody 1222/12  
110 15 Praha 1

**Zhotovitel:** EKOLA group, spol. s r.o.  
Mistrovská 558/4  
108 00 Praha 10 – Malešice



**Hlavní řešitel:** Ing. Libor Ládyš

**Řešitelský tým:**  
(abecedně) RNDr. Libuše Bartošová  
Ing. Martin Bartůšek  
Vladimíra Cafourková  
Ing. Renáta Feriancová  
Ing. Filip Fikejz  
Ing. Petr Hrubý  
Mgr. Renáta Křenová  
Ing. Libor Ládyš  
Ing. Martin Ládyš  
Mgr. Ing. Michala Malinová  
Ing. Aleš Matoušek, Ph.D.  
Ing. Ondřej Mikula  
Ing. Jiří Návrat  
Mgr. Karolína Nechvátalová  
Ing. Jiří Nový  
Ing. Anna Rybářová  
Ing. Ondřej Simon  
Ing. František Vastl  
Ing. Martin Vávra

**Zprávu vypracovali:**  
(abecedně) Ing. Filip Fikejz  
Ing. Martin Ládyš  
Ing. Aleš Matoušek, Ph.D.  
Ing. Ondřej Mikula  
Ing. Martin Vávra

**Vedoucí projektu  
a kontrola:** Ing. Libor Ládyš

Zak. č.: 22.0386-01

**Veškerá práva k využití si vyhrazuje EKOLA group, spol. s r.o., společně se zadavatelem.**

Výsledky a postupy obsažené ve zprávě jsou duševním majetkem společnosti EKOLA group, spol. s r.o., a jsou chráněny autorskými právy ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Praha, 1. června 2023

## Obsah

<b>Poděkování</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Úvod</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Popis měření</b> .....	<b>7</b>
<b>3. Vozidla použitá během měření</b> .....	<b>10</b>
<b>4. Metodika měření a zjišťované akustické parametry</b> .....	<b>19</b>
4.1. Metodika měření .....	19
4.2. Akustické indikátory.....	21
<b>5. Výsledky měření vnější hlučnosti průjezdu standardní tlakovou metodou</b> .....	<b>22</b>
5.1. TESLA MOTORS, MODEL S, 002 (elektromobil) .....	22
5.2. BMW iX 40 (elektromobil) .....	24
5.3. HYUNDAI KONA (elektromobil).....	26
5.4. ŠKODA ENYAQ (elektromobil) .....	28
5.5. MERCEDES EQA 250 (elektromobil).....	30
5.6. ŠKODA YETI (vznětový motor).....	32
5.7. ŠKODA OCTAVIA (zážehový motor).....	34
5.8. ŠKODA KAROQ (vznětový motor) vč. měřicího vleku.....	36
5.9. Sumarizace a porovnání výsledků měření.....	38
<b>6. Výsledky měření akustickou kamerou</b> .....	<b>42</b>
6.1. Rychlost 10 km/h .....	44
6.2. Rychlost 20 km/h .....	45
6.3. Rychlost 40 km/h .....	46
6.4. Rychlost 50 km/h .....	47
6.5. Rychlost 70 km/h .....	49
6.6. Rychlost 90 km/h .....	50
6.7. Rychlost 110 km/h.....	52
6.8. Rychlost 130 km/h.....	53
<b>7. Měření emisních parametrů povrchu metodou CPX</b> .....	<b>55</b>
<b>8. Závislost hladiny akustického tlaku na hmotnosti vozidla a typu pneumatik</b> .....	<b>58</b>
<b>9. Závislost hladiny akustického tlaku na rychlosti, porovnání elektromobilů a vozů se spalovacími motory</b> .....	<b>59</b>
9.1. Obecná zjištění.....	59
9.2. Porovnání elektromobilů a vozidel se spalovacími motory pro jednotlivé rychlosti.....	60
<b>10. Emisní koeficienty hluku elektromobilů v závislosti na rychlosti</b> .....	<b>64</b>
<b>11. Závěr</b> .....	<b>67</b>

**12. Literatura a použité podklady ..... 68**

## **Poděkování**

Společnost EKOLA group, spol. s r.o., by ráda touto cestou poděkovala panu Ing. Ludřku Novákovi za poskytnutí automobilu Tesla a za řízení vozu při měření.

Dále patří poděkování společnostem:

- BMW Czech Republic s.r.o.,
- Mercedes-Benz PRAHA s.r.o.,
- Tukas a.s. (vůz Škoda Enyaq),
- Hyundai Motor Czech s.r.o. (resp. spol. Hyundai Praha Domanský s.r.o.),

za poskytnutí elektromobilů pro účely měření.

## 1. Úvod

V souvislosti se snižováním emisí a plány Evropské unie na novou emisní normu, i přestože se její původně nastavené parametry zmírnily, počítá nová norma se stále velmi přísnými podmínkami. Proto by se od roku 2035 již měla přestat vyrábět vozidla se spalovacími motory na fosilní paliva a přejít na alternativní pohony, např. vodík, elektro.

I přes relativně vysoké pořizovací, ale i provozní náklady, a ne příliš dořešenou likvidaci těchto vozidel se snaží vlády západních zemí vydávat různé výhody formou např. daňové úlevy při pořízení vozu nebo levnější parkování. Současně je vyvíjen i velký tlak na výrobce vozidel a na jejich elektromobilitu.

Proto lze předpokládat, že v budoucnosti se bude v dopravním proudu vyskytovat významný podíl elektrovozidel, který může mít dopad i do hlukového zatížení okolí komunikační sítě. Proto by bylo vhodné ve výhledových predikcích dopravního hluku s tímto faktem začít uvažovat, neboť doposud se všechna budoucí protihluková opatření navrhuje na stávající vozidlový park, respektive se uvažuje pouze s vozidly se spalovacím motorem.

Žádná z výpočtových metodik zatím s elektromobilitou nepočítá, pouze metodika CNOSSOS-EU má jednu kategorii zatím neobsazenu žádným typem vozidel a bylo by ji možné použít např. pro elektromobilitu.

Předmětem projektu bylo získání dat měření vnější hlučnosti různých typů osobních elektrovozidel, následné stanovení závislosti této hlučnosti na rychlosti ve statistickém vzorku dat pro implementaci do metodických pokynů pro výpočet hluku z provozu silniční dopravy a stanovení a nastavení emisních faktorů osobních elektrovozidel pro implementaci této kategorie do výpočtových metodik hluku z provozu silniční dopravy, především do metodiky CNOSSOS-EU [8], [9], jako zvláštní (pátou) kategorii vozidel, která by mohla být obsazena právě osobními elektromobily. Osobní elektromobily budou zatím zastoupeny asi nejvíce v dopravním proudu v intravilánech měst a obcí, kde se budou pohybovat rychlostí do 50 km/h a tedy mohou významnějším způsobem ovlivňovat akustické zatížení v okolí dopravních tras. Osobní elektrovozidla jsou z hlediska vývoje a zavedení do praxe v dané chvíli technologicky i technicky dál, než nákladní vozidla a vozidla MHD. Nákladní vozidla a vozidla MHD budou analyzována v dalším stupni řešení.

V rámci realizace projektu byla provedena měření vnější hlučnosti při různých rychlostech pěti různých typů elektromobilů. Pro srovnání vnější hlučnosti na pojížděném povrchu také tří typů vozů se spalovacími motory (dvěma dieslovými a jedním benzinovým). Měření byla provedena standardní tlakovou metodou a dále u vybraných vozů byla pro doplnění informací provedena detekce převládajícího zdroje hluku (pohonná jednotka, styk pneumatiky a vozovky) pomocí akustické kamery.

Tento projekt je v ČR zatím prvním rozsáhlejším testováním vnější hlučnosti elektromobilů, a tedy i prvním přiblížením k reálným hodnotám vnějšího hluku těchto vozidel.

Na základě zjištěných údajů byla stanovena závislost vnější hlučnosti elektromobilů na rychlosti ve statistickém vzorku dat pro možnou implementaci do výpočtových postupů pro výpočet hluku ze silniční dopravy. Dále bylo provedeno porovnání vnější hlučnosti elektromobilů a vozů se spalovacími motory a následně byly stanoveny emisní faktory osobních elektromobilů pro implementaci této kategorie vozidel do výpočtových postupů pro výpočty hluku ze silniční dopravy.

Součástí měření bylo i zjištění emisních parametrů povrchu metodou CPX, na kterém probíhalo měření vnější hlučnosti vozidel.

Zpráva byla vytvořena na základě zpracovaných výsledků z provedených měření a následných vyhodnocení.

## 2. Popis měření

V této kapitole je dále stručně popsán postup měření.

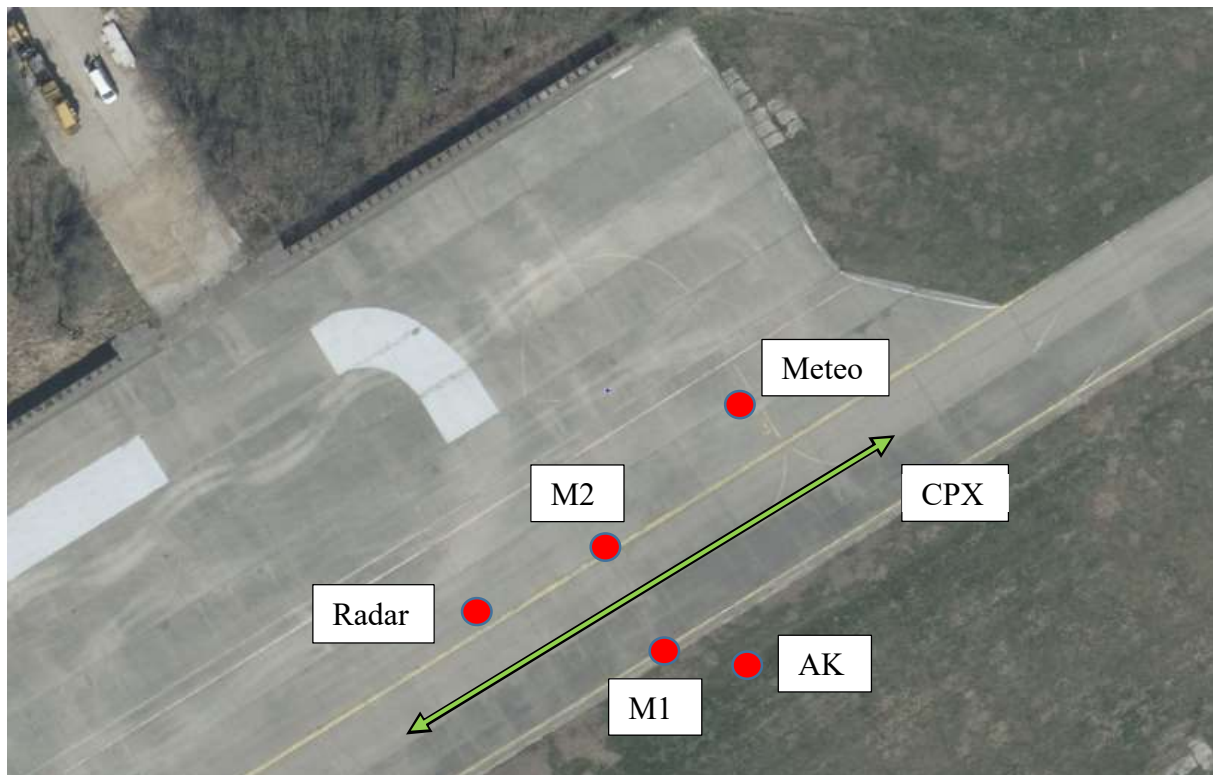
Měření, při kterém se testovalo pět elektrovozidel, dva automobily se vznětovým motorem a jeden automobil se zážehovým motorem, proběhlo na pronajatém zkušebním polygonu v termínu 10. – 11. října 2022.

Ve vymezeném měřicím úseku byla pro konkrétní náměr dodržována definovaná průjezdová rychlost jednotlivých vozidel.

Mikrofony zvukových analyzátorů byly umístěny po obou stranách jízdní dráhy, ve výšce 1,2 m nad poježděnou plochou a ve vzdálenosti 7,5 m od osy jízdní dráhy vozidla. Osa maximální citlivosti mikrofonu byla směřována vodorovně a kolmo na jízdní dráhu vozidla.

Akustická kamera byla umístěna ve vzdálenosti 12,4 m od osy jízdní dráhy vozidla. Rychlost vozidel byla měřena pomocí stacionárního mikrovlnného radaru a kontrolována pomocí kalibrovaného dálkoměru a stopek.

Obr. 1: Situace s místy měření



Zdroj: [1]

Legenda:

M1 až M2 – místa měření zvukovými analyzátory

AK – místo měření akustickou kamerou

Radar – místo měření stacionárním radarem

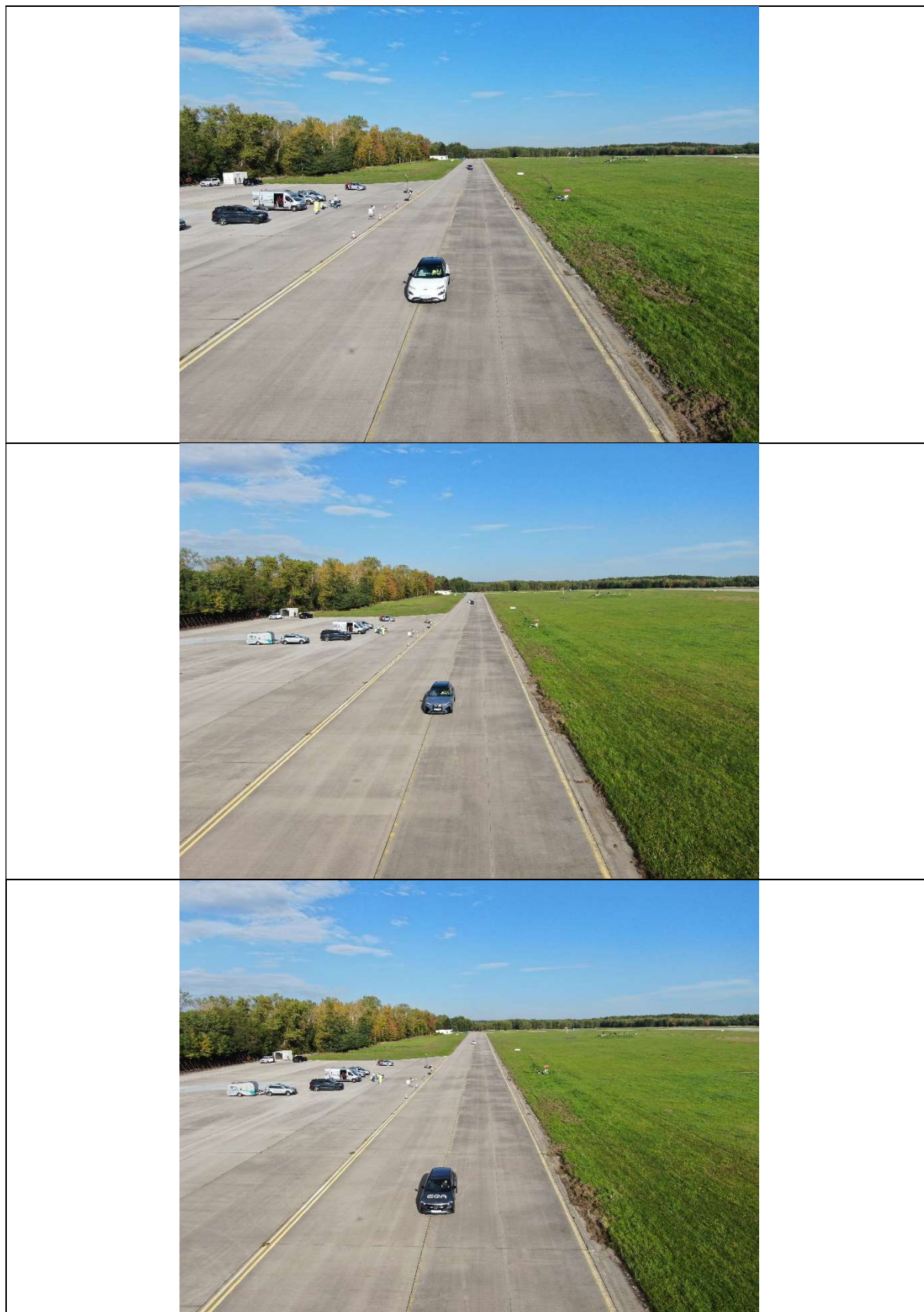
Meteo – místo měření meteorologických podmínek

CPX – Měřený úsek metodou CPX



Na následujících obrázcích je uveden výběr z fotodokumentace.

**Obr. 2: Obrázky z průjezdů měřených vozidel měřeným úsekem a pohledy na měřicí stanoviště**







Zdroj: [12]

### 3. Vozidla použítá během měření

Pro měření byla použita následující vozidla:

- Elektromobil Tesla
- Elektromobil BMW iX 40
- Elektromobil Hyundai Kona
- Elektromobil Škoda Enyaq
- Elektromobil Mercedes EQA 250
- Diesellový automobil Škoda Yeti
- Benzínový automobil Škoda Octavia
- Diesellový automobil Škoda Karoq + měřicí vlek CPX

Podrobnosti o jednotlivých druzích vozidel jsou uvedeny níže.

<b>Tovární značka:</b>	<b>TESLA MOTORS</b>
Obch. označení, typ vozidla:	MODEL S, 002
Druh vozidla:	osobní
Max. výkon motoru:	592 kW (jmenovitý výkon 66 kW)
Typ motoru:	elektrický
Převodovka:	automatická
Poháněné nápravy:	přední a zadní (dva elektromotory – trvalý pohon všech kol)
<b>Pneumatiky</b>	
Výrobce:	Michelin
Typ:	Pilot sport 3
Označení:	245/45 R19 102Y
Deklarovaná hlučnost:	71 dB
<b>Hmotnost vozidla</b>	
Provozní:	2 262 kg
Maximální:	2 670 kg

**Obr. 3: Vozidlo TESLA MOTORS, MODEL S, 002 – pohled z boku**





<b>Tovární značka:</b>	<b>BMW</b>
Obch. označení, typ vozidla:	IX XDRIVE 40, BMWI-N
Druh vozidla:	osobní
Max. výkon motoru:	240 kW
Typ motoru:	elektrický
Převodovka:	automatická
Poháněné nápravy:	přední a zadní (dva elektromotory – pohon všech kol elektronicky řízený)
<b>Pneumatiky</b>	
Výrobce:	Bridgestone
Typ:	Alenza 001
Označení:	275/40 R22 107Y
Deklarovaná hlučnost:	70 dB
<b>Hmotnost vozidla</b>	
Provozní:	2 440 kg
Maximální:	3 010 kg

**Obr. 4: Vozidlo BMW IX XDRIVE 40, BMWI-N – pohled z boku**



<b>Tovární značka:</b>	<b>Hyundai</b>
Obch. označení, typ vozidla:	KONA, OSE
Druh vozidla:	osobní
Max. výkon motoru:	150 kW (jmenovitý výkon 28 kW)
Typ motoru:	elektrický
Převodovka:	automatická
Poháněné nápravy:	Přední (jeden motor na přední nápravě)
<b>Pneumatiky</b>	
Výrobce:	Michelin
Typ:	Primacy 4
Označení:	215/55 R17 94V
Deklarovaná hlučnost:	69 dB
<b>Hmotnost vozidla</b>	
Provozní:	1 811 kg
Maximální:	2 170 kg

Obr. 5: Vozidlo HYUNDAI KONA, OSE – pohled z boku





<b>Tovární značka:</b>	<b>ŠKODA</b>
Obch. označení, typ vozidla:	ENYAQ RS, NY
Druh vozidla:	osobní
Max. výkon motoru:	220 kW
Typ motoru:	elektrický
Převodovka:	automatická
Poháněné nápravy:	přední a zadní (dva elektromotory a pohon všech kol)
<b>Pneumatiky</b>	
Výrobce:	Bridgestone
Typ:	Turanza eco enliten
Označení:	235/45 R21 101T
Deklarovaná hlučnost:	71 dB
<b>Hmotnost vozidla</b>	
Provozní:	2 255 kg
Maximální:	2 740 kg

Obr. 6: Vozidlo ŠKODA ENYAQ RS – pohled z boku



<b>Tovární značka:</b>	<b>MERCEDES-BENZ</b>
Obch. označení, typ vozidla:	EQA 250, F2B
Druh vozidla:	osobní
Max. výkon motoru:	140 kW
Typ motoru:	elektrický
Převodovka:	automatická
Poháněné nápravy:	Přední (jeden motor na přední nápravě)
<b>Pneumatiky</b>	
Výrobce:	Bridgestone
Typ:	Turanza T005
Označení:	235/55 R18 104T
Deklarovaná hlučnost:	68 dB
<b>Hmotnost vozidla</b>	
Provozní:	2 040 kg
Maximální:	2 470 kg

**Obr. 7: Vozidlo MERCEDES-BENZ EQA 250, F2B – pohled z boku**





<b>Tovární značka:</b>	<b>ŠKODA</b>
Obch. označení, typ vozidla:	YETI, 5L
Druh vozidla:	osobní
Max. výkon motoru:	81 kW / 4 200 ot. [min. <sup>-1</sup> ]
Typ motoru:	vznětový
Převodovka:	man., 5 stupňů
Poháněné nápravy:	přední
<b>Pneumatiky</b>	
Výrobce:	Goodyear
Typ:	EfficientGrip
Označení:	215/60 R16 95H
Deklarovaná hlučnost:	71 dB
<b>Hmotnost vozidla</b>	
Provozní:	1 415 kg
Maximální:	1 960 kg

Obr. 8: Vozidlo ŠKODA YETI 5L – pohled z boku



<b>Tovární značka:</b>	<b>ŠKODA</b>
Obch. označení, typ vozidla:	OCTAVIA, 5E
Druh vozidla:	osobní
Max. výkon motoru:	110 kW / 5 000 ot. [min. <sup>-1</sup> ]
Typ motoru:	zážehový
Převodovka:	man., 6 stupňů
Poháněné nápravy:	přední
<b>Pneumatiky</b>	
Výrobce:	Dunlop
Typ:	Sport Maxx
Označení:	225/45 R17 91W
Deklarovaná hlučnost:	71 dB
<b>Hmotnost vozidla</b>	
Provozní:	1 255 kg
Maximální:	1 805 kg

**Obr. 9: Vozidlo ŠKODA OCTAVIA, 5E – pohled z boku**



<b>Tovární značka:</b>	<b>ŠKODA</b>
Obch. označení, typ vozidla:	Karoq, NU
Druh vozidla:	osobní
Max. výkon motoru:	110 kW / 3 500 ot. [min.-1]
Typ motoru:	vznětový
Převodovka:	man., 6 stupňů
Poháněné nápravy:	přední
<b>Pneumatiky</b>	
Výrobce:	Continental
Typ:	EcoContact 6
Označení:	215/55 R17 94V
Deklarovaná hlučnost:	71 dB
<b>Hmotnost vozidla:</b>	
Provozní:	1 468 kg
Maximální:	2 005 kg

Obr. 10: Vozidlo ŠKODA KAROQ, NU – pohled z boku



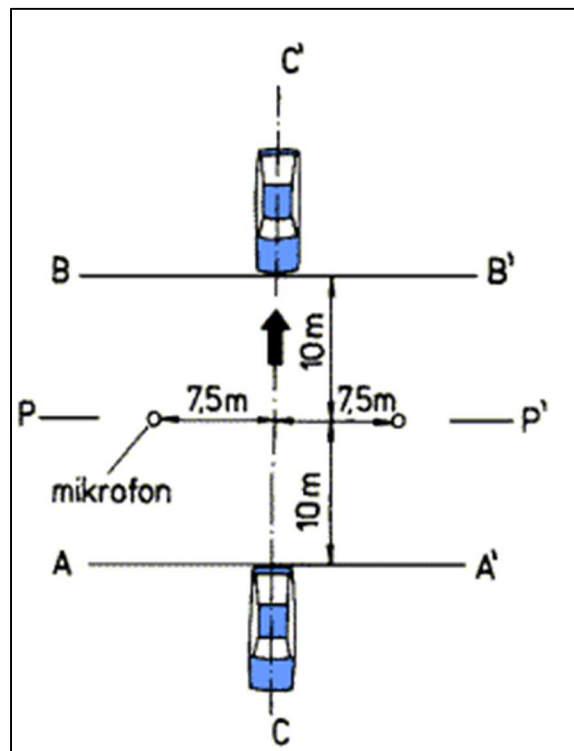
## 4. Metodika měření a zjišťované akustické parametry

### 4.1. Metodika měření

Pro měření vnějšího hluku silničních vozidel bylo postupováno dle ČSN 30 0512, která je překladem Předpisu EHK – OSN č. 9 (Jednotná ustanovení pro homologaci vozidel z hlediska hluku, [7], [6]).

Měření vnějšího hluku za jízdy probíhalo ve vymezeném 20 m dlouhém úseku, na němž byla vyznačena osa pohybu C – C', po které se pohybovalo vozidlo, jak je prezentováno na následujícím obrázku.

Obr. 11: Měření hluku podle předpisu EHK – R9 za jízdy



Měření bylo provedeno v časové doméně s rozlišením 1 s, aby v rámci následné analýzy dat mohly být eliminovány rušivé zvukové události (případné průlety letadel, průjezdy cizích vozidel po vzdálených letištních plochách, či občasný pohyb stroje na nedaleké skládce), které nesouvisely se sledovaným zdrojem hluku.





Měření hluku vyvolaného vozidly za jízdy bylo považováno za platné, pokud rozdíl mezi dvěma po sobě následujícími měřeními na stejné straně vozidla nebyl větší než 2 dB.

#### 4.2. Akustické indikátory

Vyhodnocení naměřených akustických parametrů probíhalo v souladu s metodikou CNOSSOS [8], [9].

Hladina akustického tlaku generovaného silničním vozidlem je ve výše uvedené metodice stanovena řadou matematických rovnic, které charakterizují dva hlavní zdroje hluku:

- hluk valení, který je způsoben interakcí pneumatiky a vozovky;
- hluk hnací jednotky vytvářený hnacím ústrojím (motor, převodové ústrojí, apod.) vozidla.

Aerodynamický hluk se považuje za součást zdroje hluku valení.

Celkový stanovený akustický výkon odpovídá součtu energie hluku valení a hluku hnací jednotky. Hladina celkového akustického výkonu liniových zdrojů je proto definována jako

$$L_{W,i,m}(v_m) = 10 \times \lg(10^{L_{WR,i,m}(v_m)/10} + 10^{L_{WP,i,m}(v_m)/10}),$$

kde  $L_{WR,i,m}$  je hladina akustického výkonu vyjadřující hluk valení a  $L_{WP,i,m}$  je hladina akustického výkonu vyjadřující hluk hnací jednotky.

Tento vzorec platí pro všechna rychlostní rozmezí. Pro rychlosti nižší než 20 km/h je hladina akustického výkonu definována stejným vzorcem jako pro  $v_m = 20$  km/h. Písmenem  $m$  je označena kategorie vozidla v souladu s podklady [8], [9].

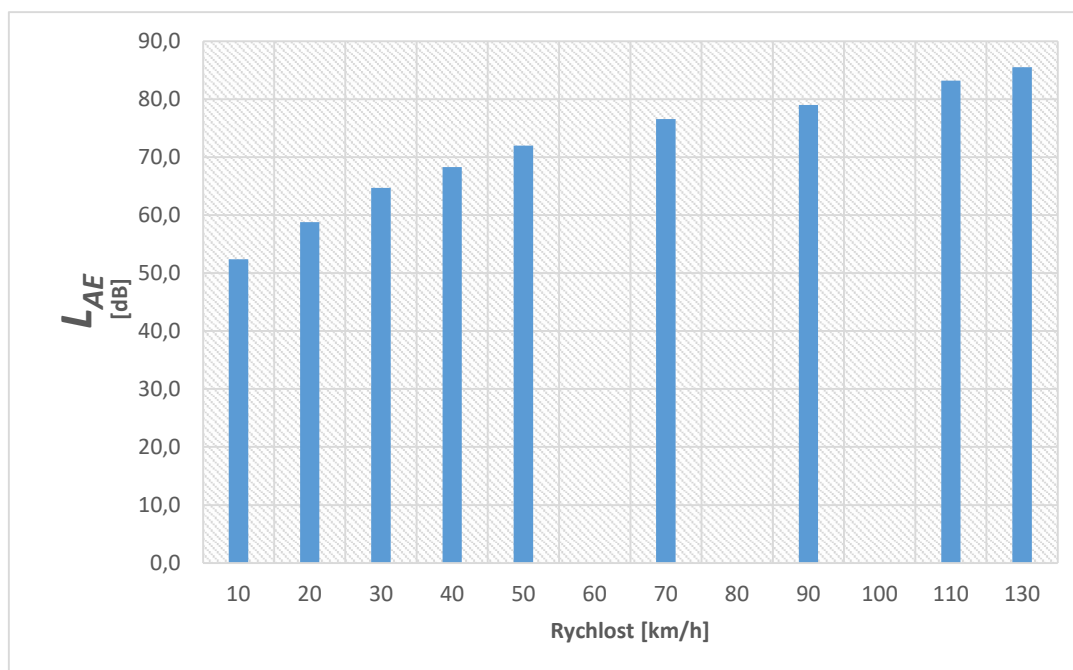
Na emise hluku valení má vliv i teplota vzduchu i povrchu. Hladina akustického výkonu hluku valení se vzrůstající teplotou vzduchu klesá [13], což potvrzují i naše výsledky měření hlučnosti různých typů povrchů metodou CPX za různých teplot. Pro prověření emisních parametrů povrchu bylo pro rychlosti 10–100 km/h s krokem 10 km/h provedeno v měřicím sektoru také měření akustických vlastností poježděného povrchu metodou CPX.

## 5. Výsledky měření vnější hlučnosti průjezdu standardní tlakovou metodou

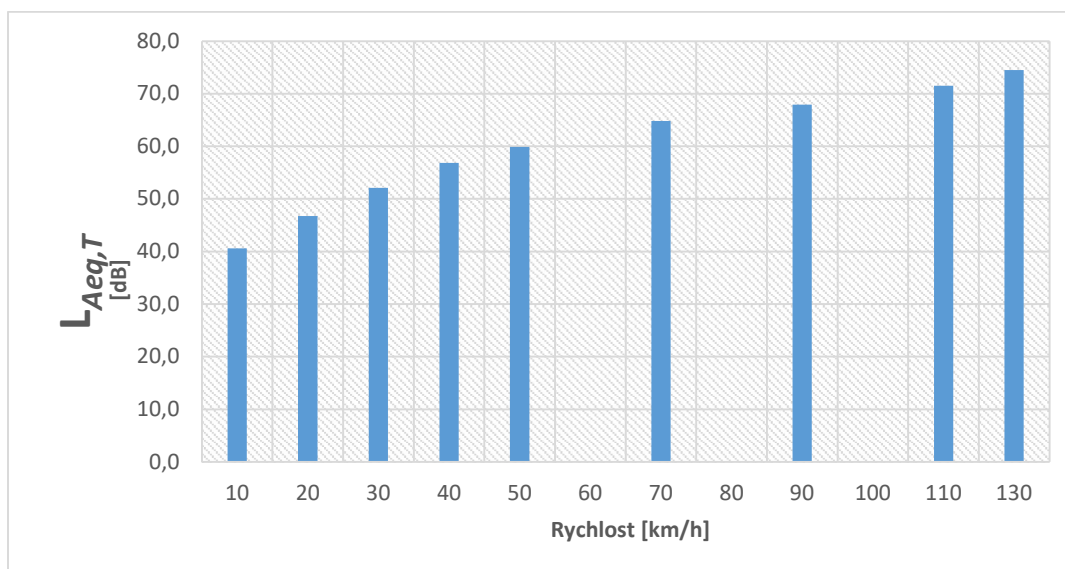
V této kapitole jsou uvedeny souhrnné výsledky měření vnější hlučnosti průjezdu standardní tlakovou metodou pro jednotlivá vozidla a jejich průjezdy zkušebním úsekem. Podrobnosti z měření a detailní výsledky jsou dostupné v interní zprávě z měření [11], kompletní výsledky z jednotlivých náměrů jsou pak uloženy v databázi a archivu zpracovatele.

### 5.1. TESLA MOTORS, MODEL S, 002 (elektromobil)

Graf 1: Naměřené hodnoty  $L_{AE}$  pro různé rychlosti automobilu TESLA MOTORS, MODEL S, 002

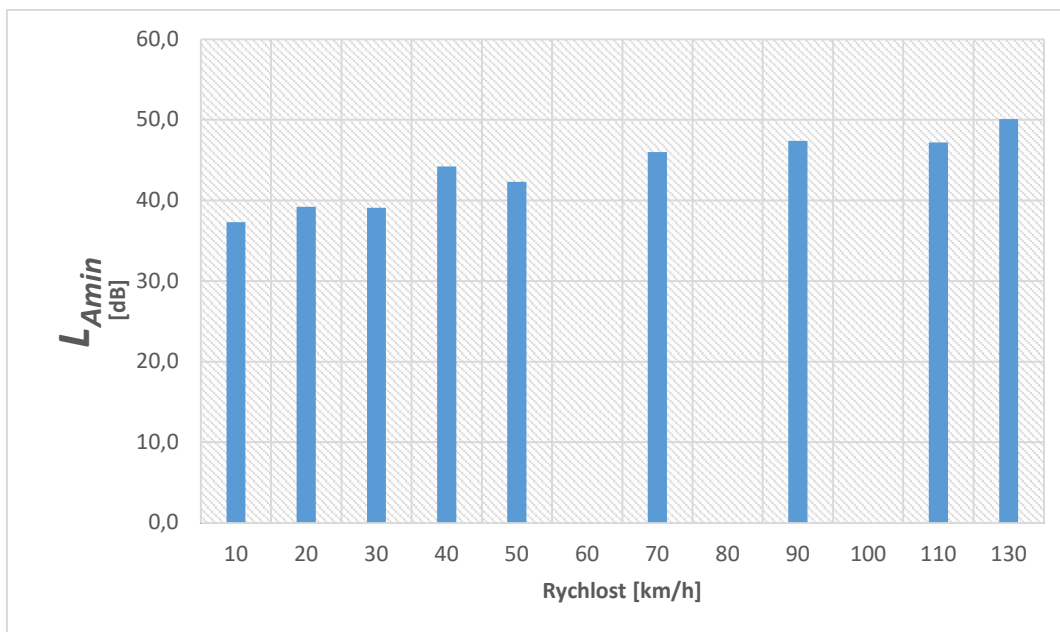


Graf 2: Naměřené hodnoty  $L_{Aeq,T}$  pro různé rychlosti automobilu TESLA MOTORS, MODEL S, 002

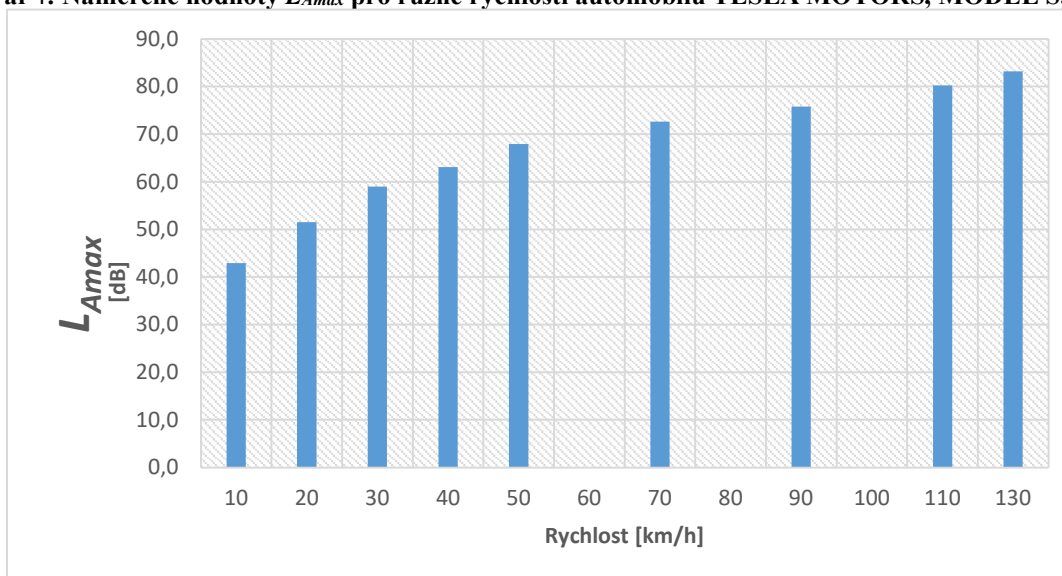




**Graf 3: Naměřené hodnoty  $L_{Amin}$  pro různé rychlosti automobilu TESLA MOTORS, MODEL S, 002**

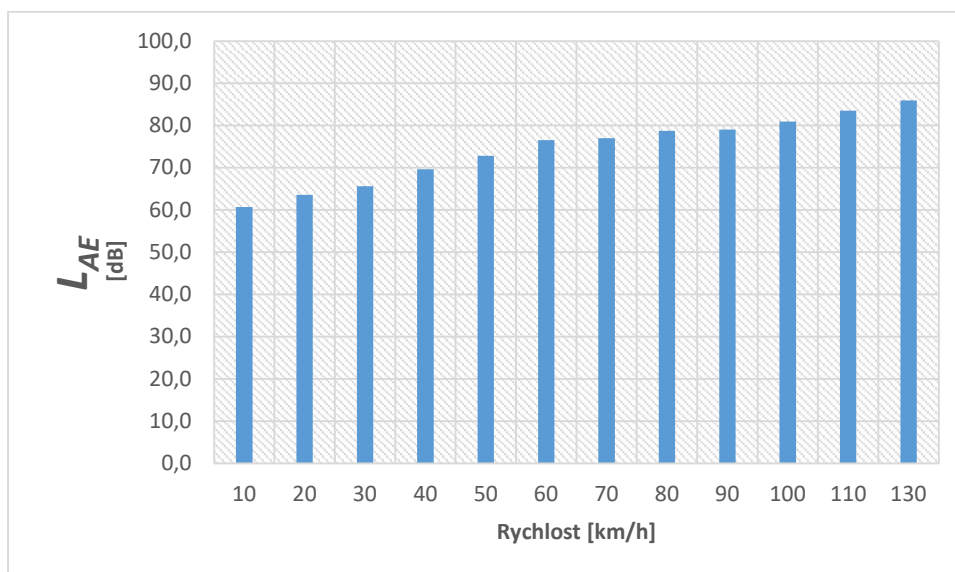


**Graf 4: Naměřené hodnoty  $L_{Amax}$  pro různé rychlosti automobilu TESLA MOTORS, MODEL S, 002**

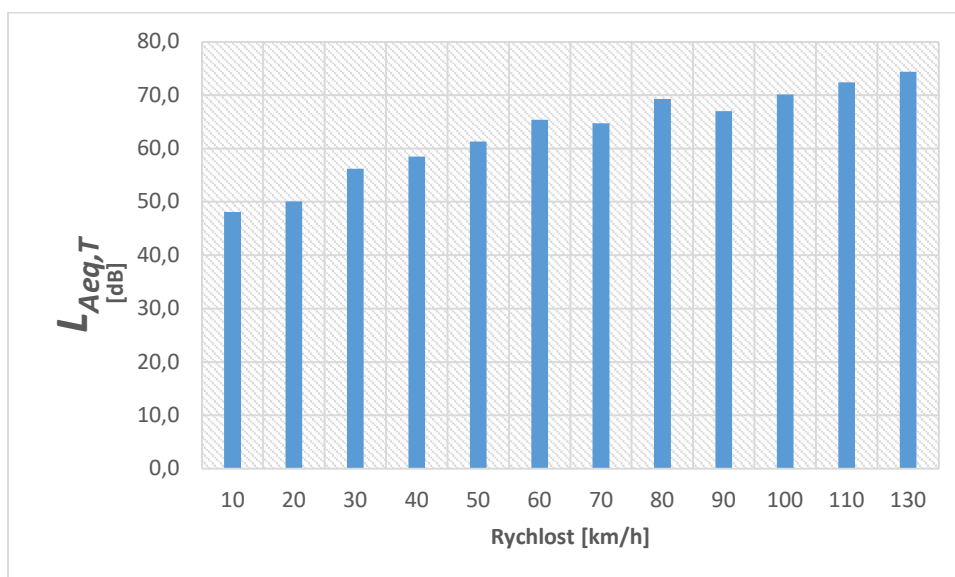


## 5.2. BMW iX 40 (elektromobil)

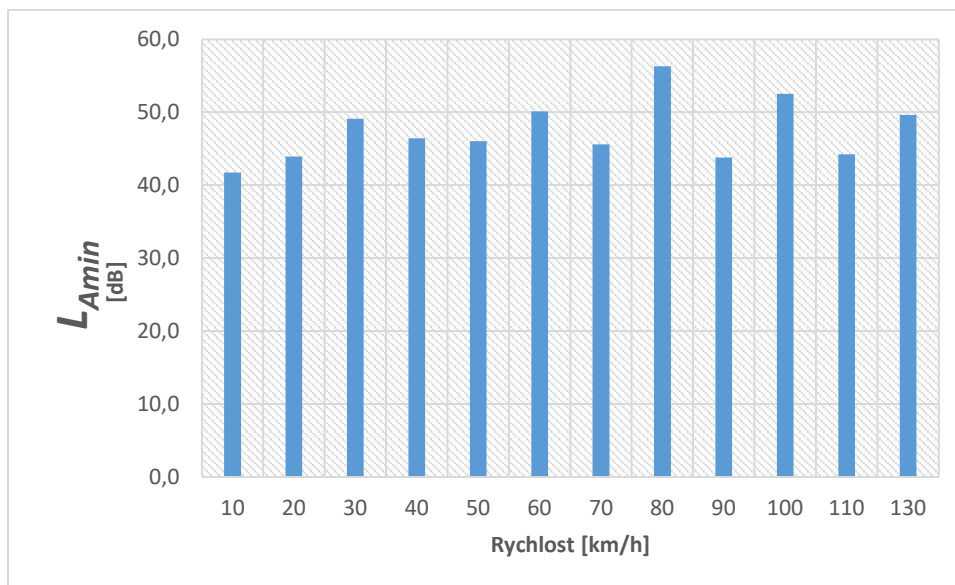
Graf 5: Naměřené hodnoty  $L_{AE}$  pro různé rychlosti automobilu BMW iX 40



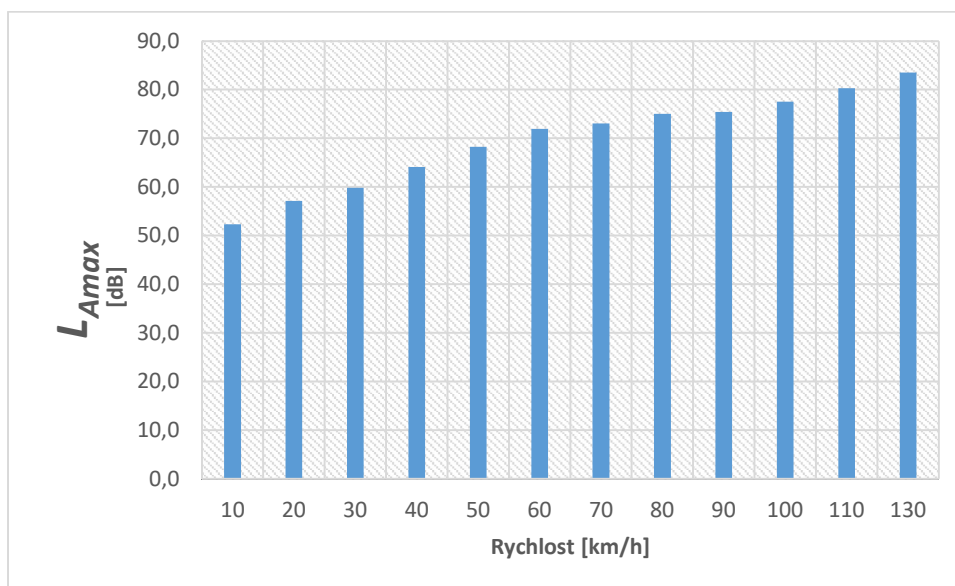
Graf 6: Naměřené hodnoty  $L_{Aeq,T}$  pro různé rychlosti automobilu BMW iX 40



Graf 7: Naměřené hodnoty  $L_{Amin}$  pro různé rychlosti automobilu BMW iX 40

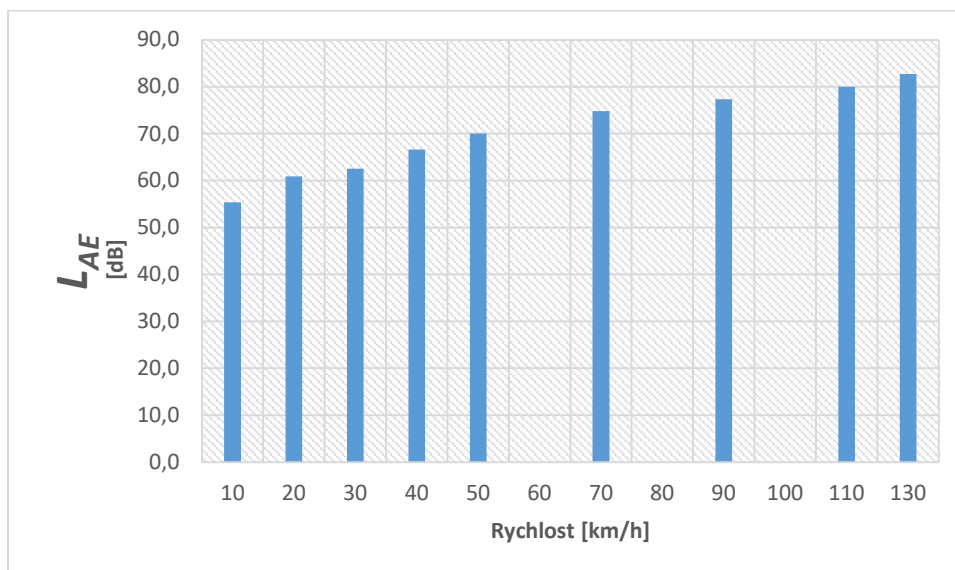


Graf 8: Naměřené hodnoty  $L_{Amax}$  pro různé rychlosti automobilu BMW iX 40

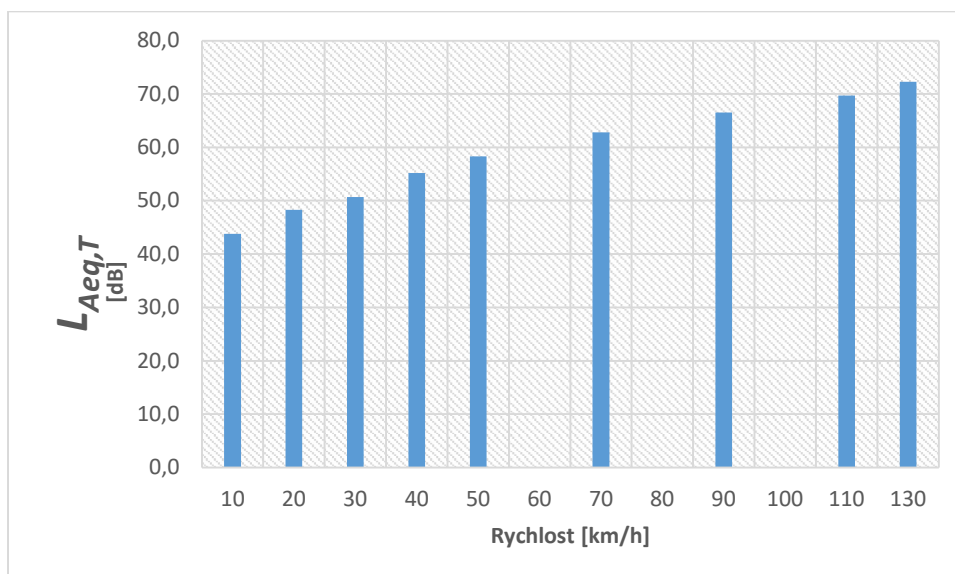


### 5.3. HYUNDAI KONA (elektromobil)

Graf 9: Naměřené hodnoty  $L_{AE}$  pro různé rychlosti automobilu HYUNDAI KONA

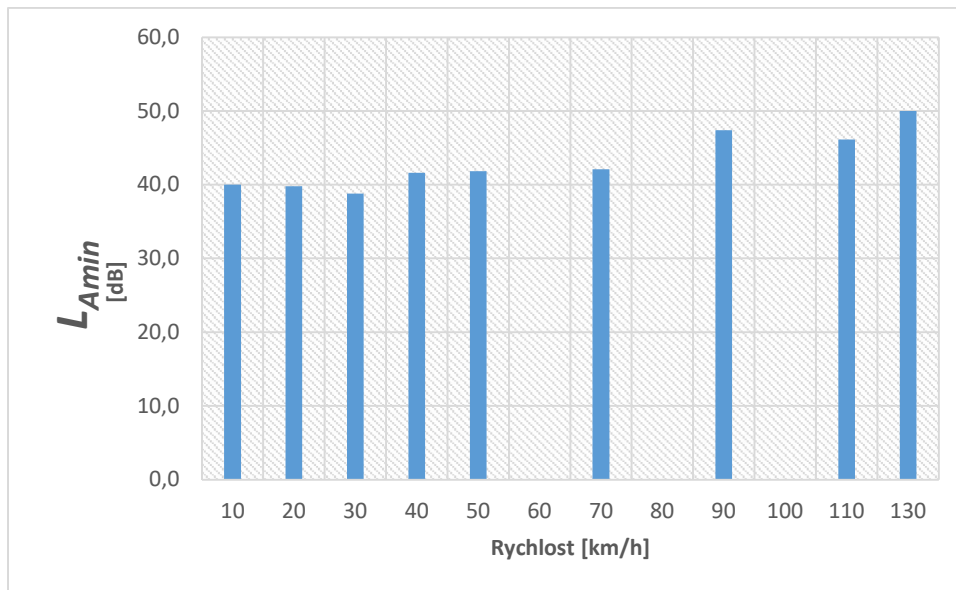


Graf 10: Naměřené hodnoty  $L_{Aeq,T}$  pro různé rychlosti automobilu HYUNDAI KONA

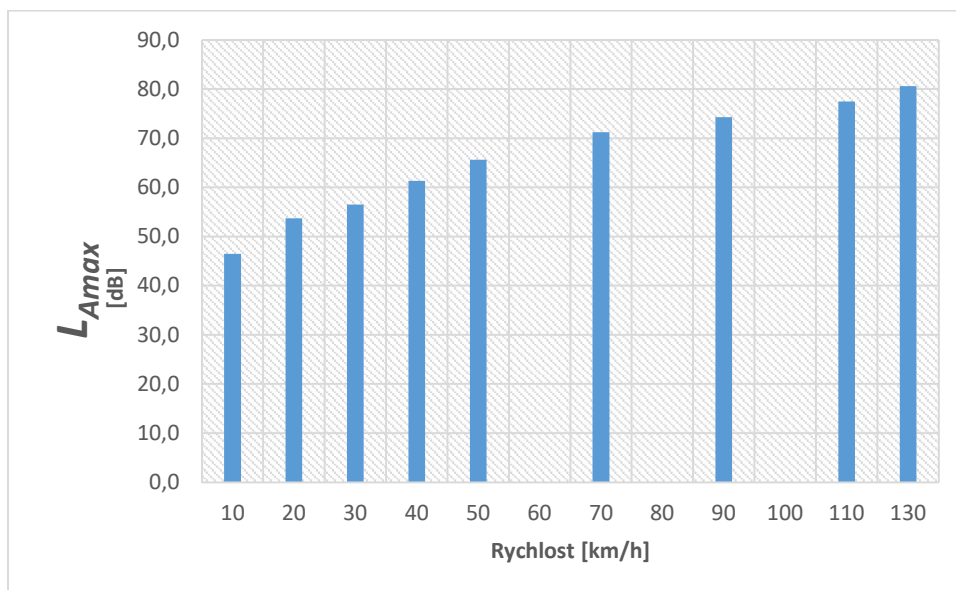




**Graf 11: Naměřené hodnoty  $L_{Amin}$  pro různé rychlosti automobilu HYUNDAI KONA**

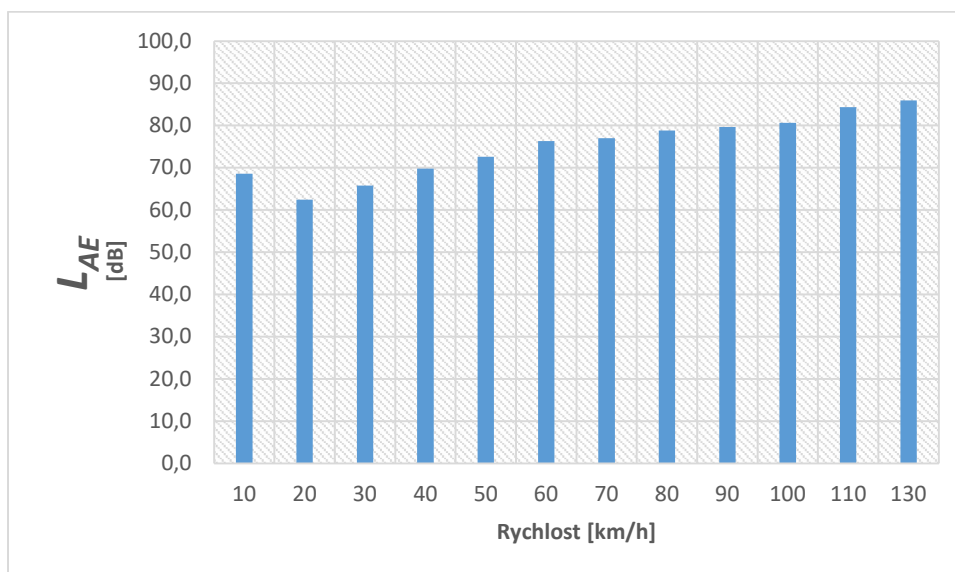


**Graf 12: Naměřené hodnoty  $L_{Amax}$  pro různé rychlosti automobilu HYUNDAI KONA**

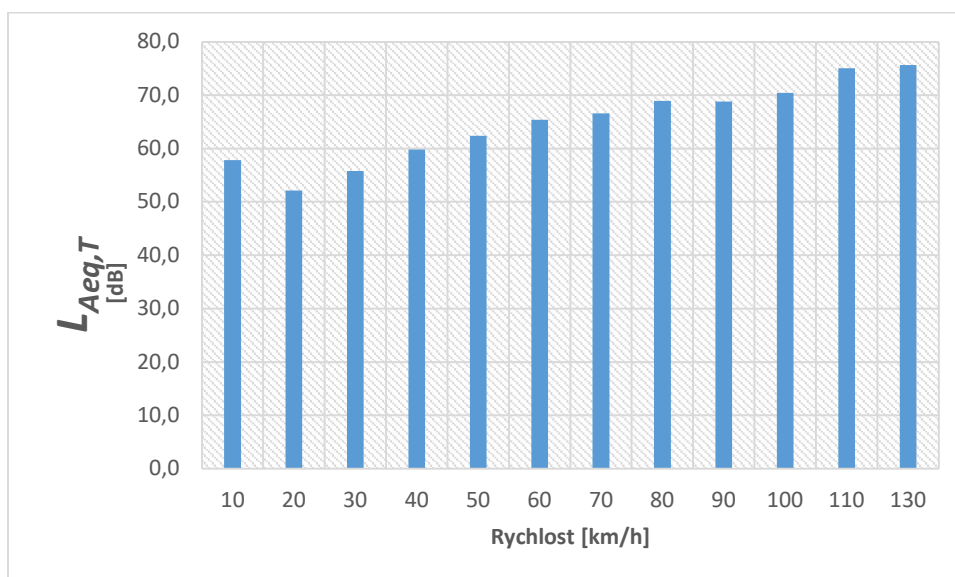


## 5.4. ŠKODA ENYAQ (elektromobil)

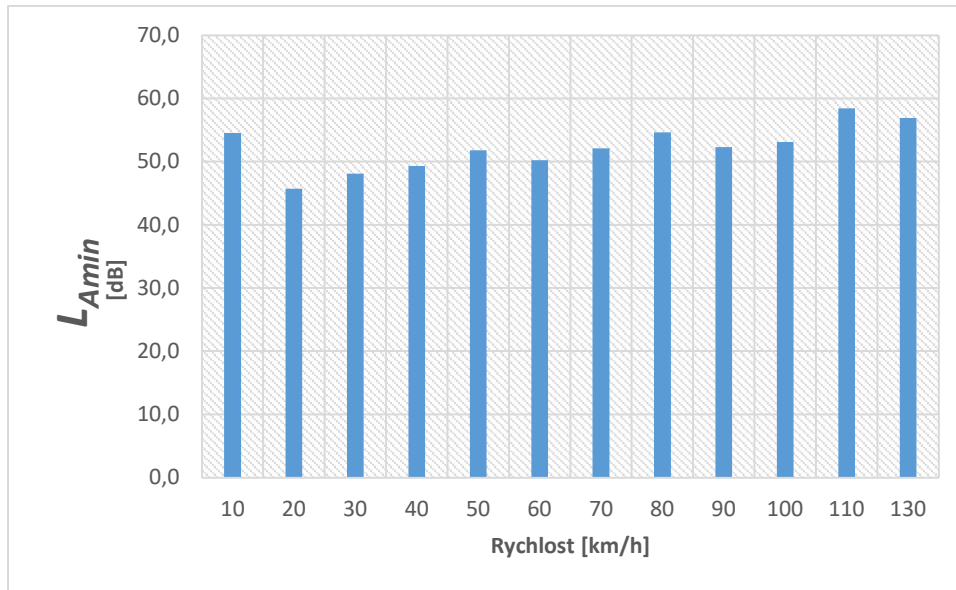
Graf 13: Naměřené hodnoty  $L_{AE}$  pro různé rychlosti automobilu ŠKODA ENYAQ



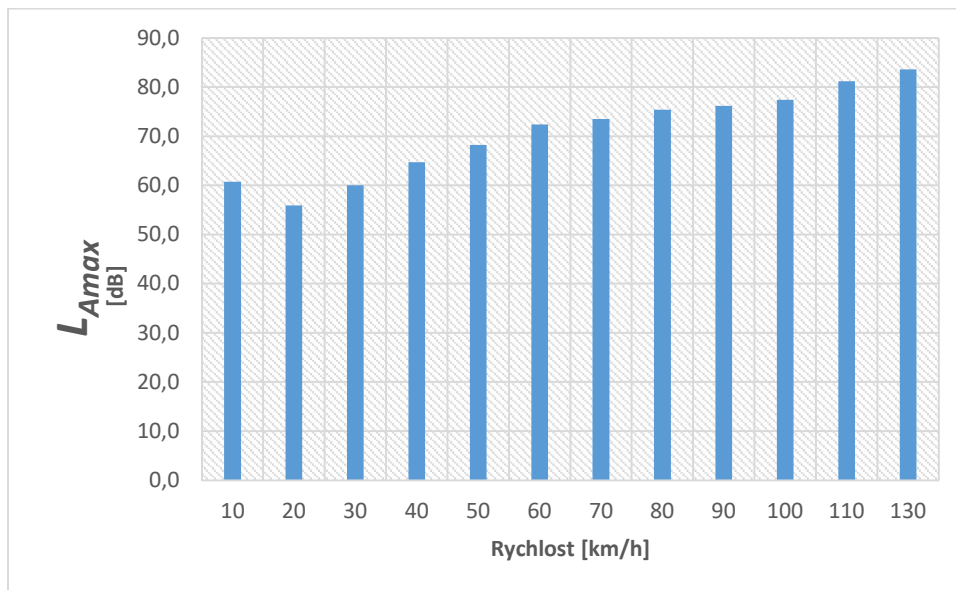
Graf 14: Naměřené hodnoty  $L_{Aeq,T}$  pro různé rychlosti automobilu Škoda Enyaq



**Graf 15: Naměřené hodnoty  $L_{Amin}$  pro různé rychlosti automobilu ŠKODA ENYAQ**



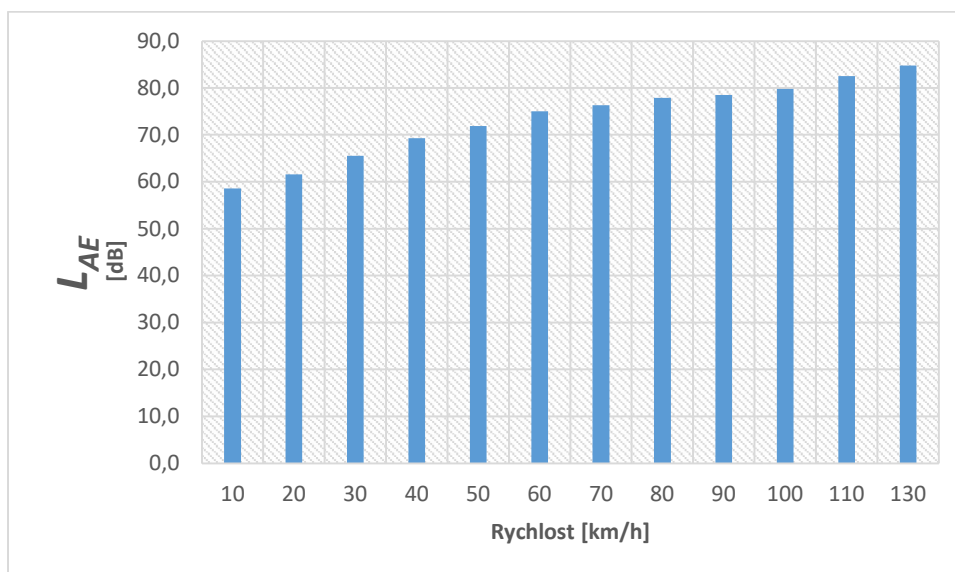
**Graf 16: Naměřené hodnoty  $L_{Amax}$  pro různé rychlosti automobilu ŠKODA ENYAQ**



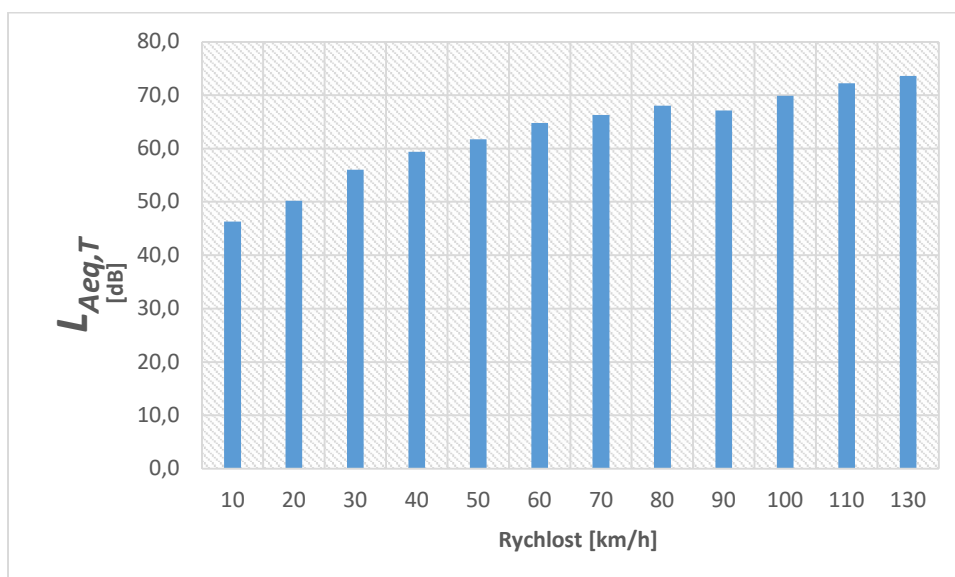


## 5.5. MERCEDES EQA 250 (elektromobil)

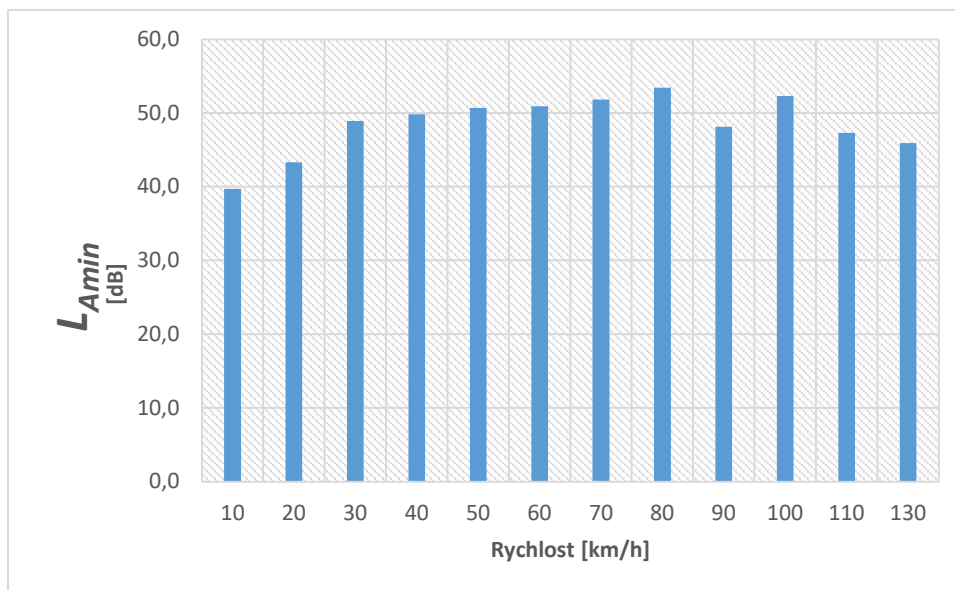
Graf 17: Naměřené hodnoty  $L_{AE}$  pro různé rychlosti automobilu MERCEDES EQA 250



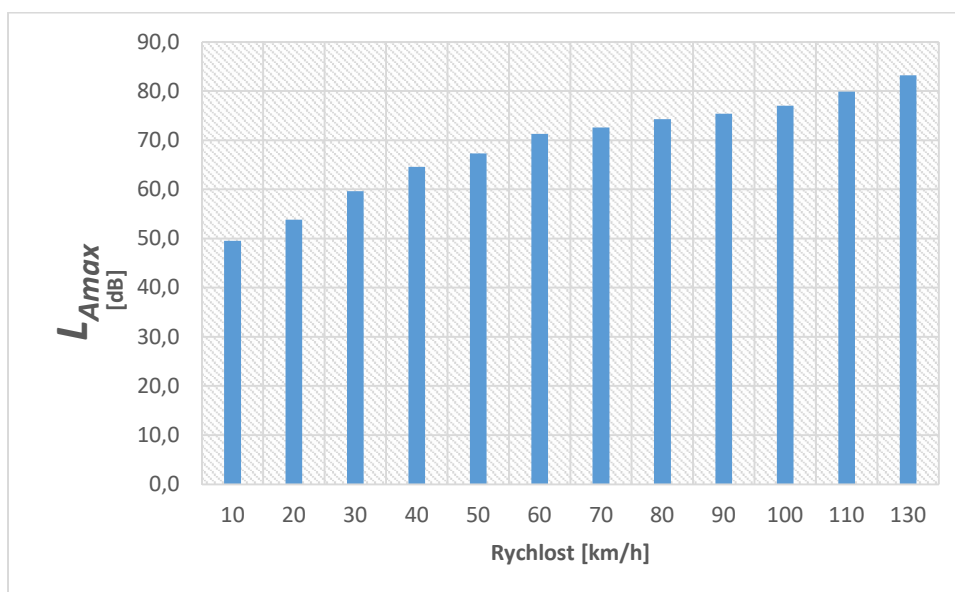
Graf 18: Naměřené hodnoty  $L_{Aeq,T}$  pro různé rychlosti automobilu MERCEDES EQA 250



**Graf 19: Naměřené hodnoty  $L_{Amin}$  pro různé rychlosti automobilu MERCEDES EQA 250**

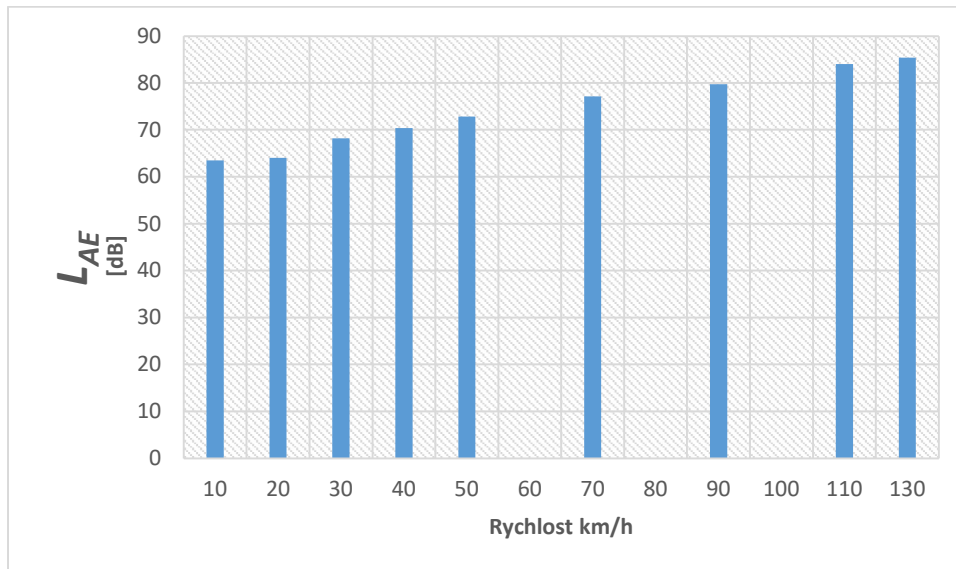


**Graf 20: Naměřené hodnoty  $L_{Amax}$  pro různé rychlosti automobilu MERCEDES EQA 250**

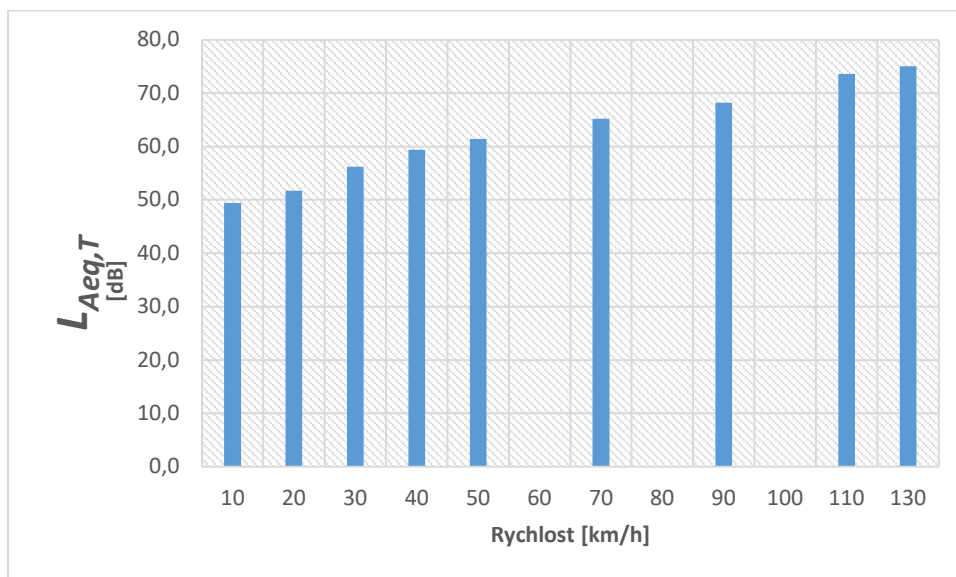


## 5.6. ŠKODA YETI (vznětový motor)

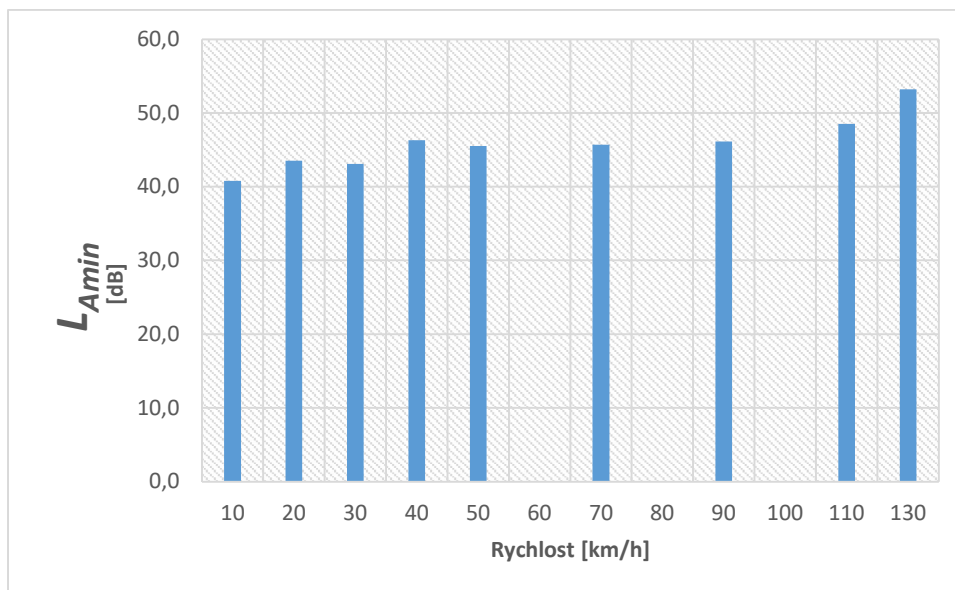
Graf 21: Naměřené hodnoty  $L_{AE}$  pro různé rychlosti automobilu ŠKODA YETI



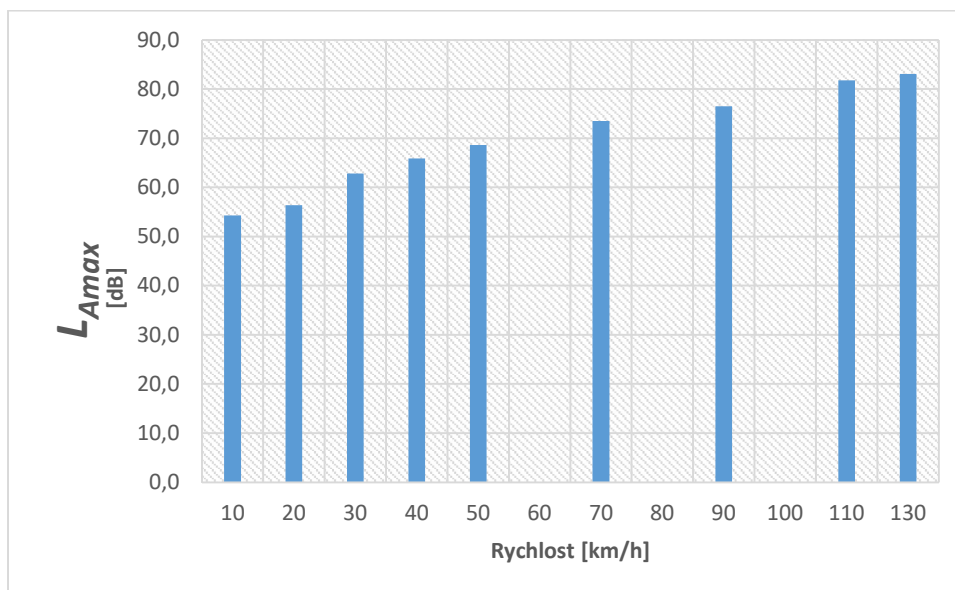
Graf 22: Naměřené hodnoty  $L_{Aeq,T}$  pro různé rychlosti automobilu ŠKODA YETI



**Graf 23: Naměřené hodnoty  $L_{Amin}$  pro různé rychlosti automobilu ŠKODA YETI**



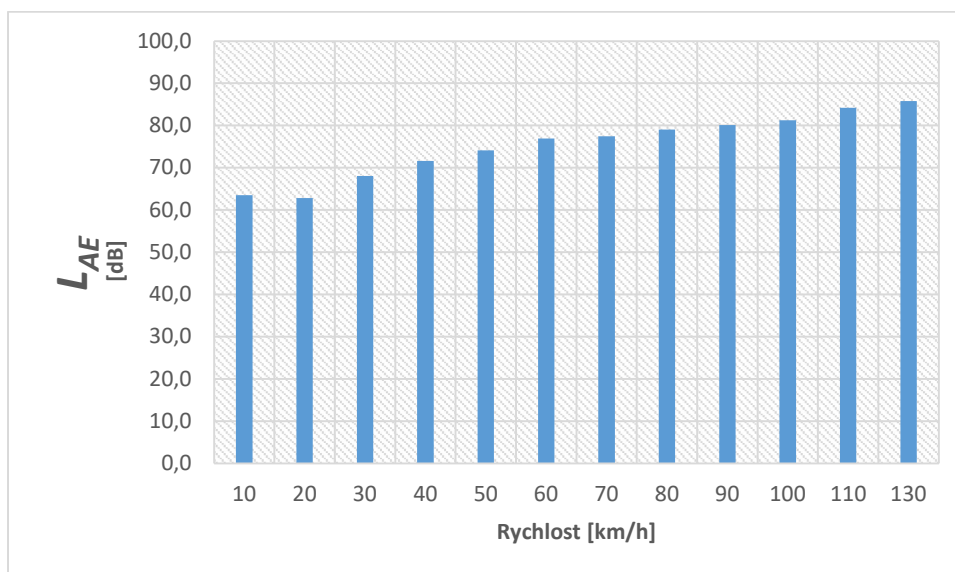
**Graf 24: Naměřené hodnoty  $L_{Amax}$  pro různé rychlosti automobilu ŠKODA YETI**



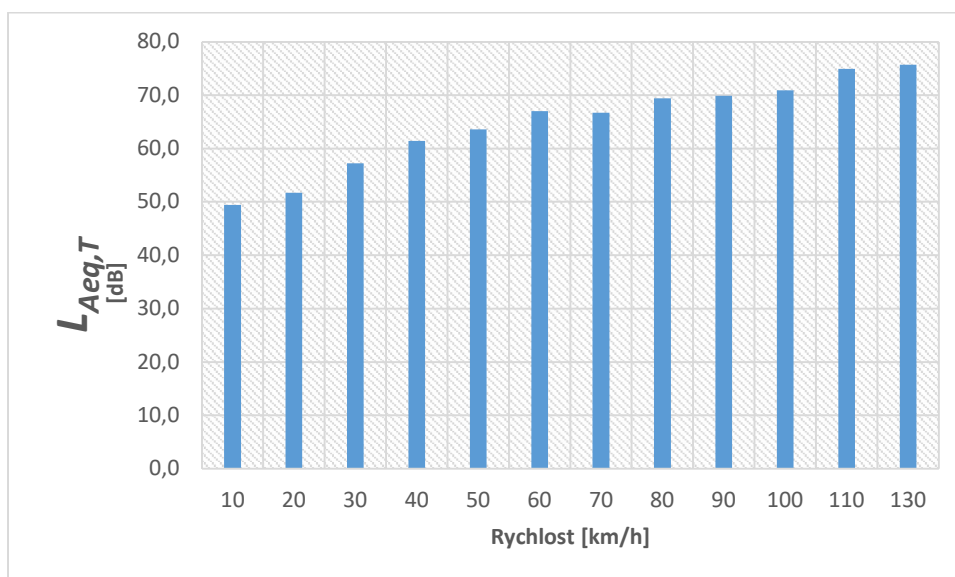


## 5.7. ŠKODA OCTAVIA (zážehový motor)

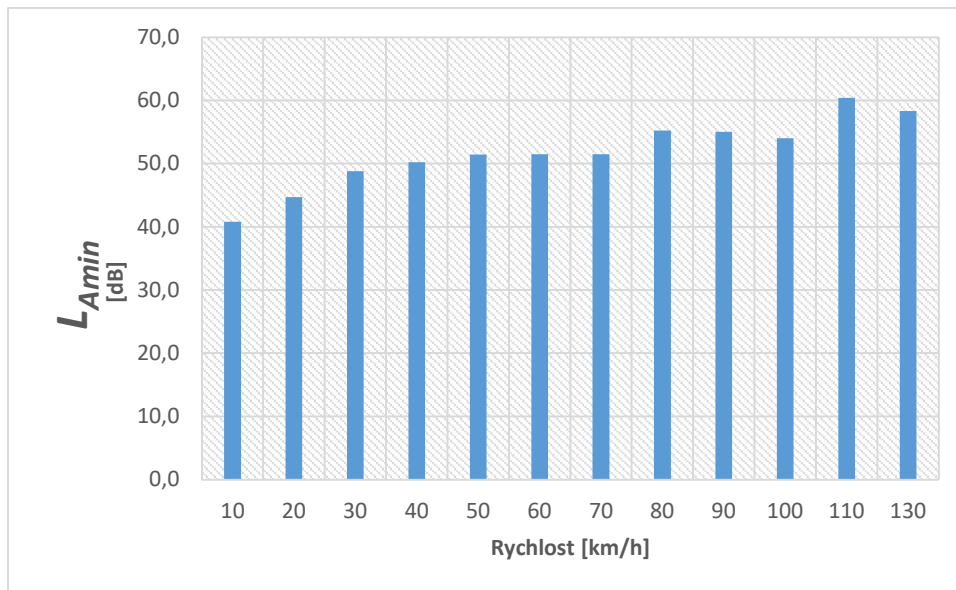
Graf 25: Naměřené hodnoty  $L_{AE}$  pro různé rychlosti automobilu ŠKODA OCTAVIA



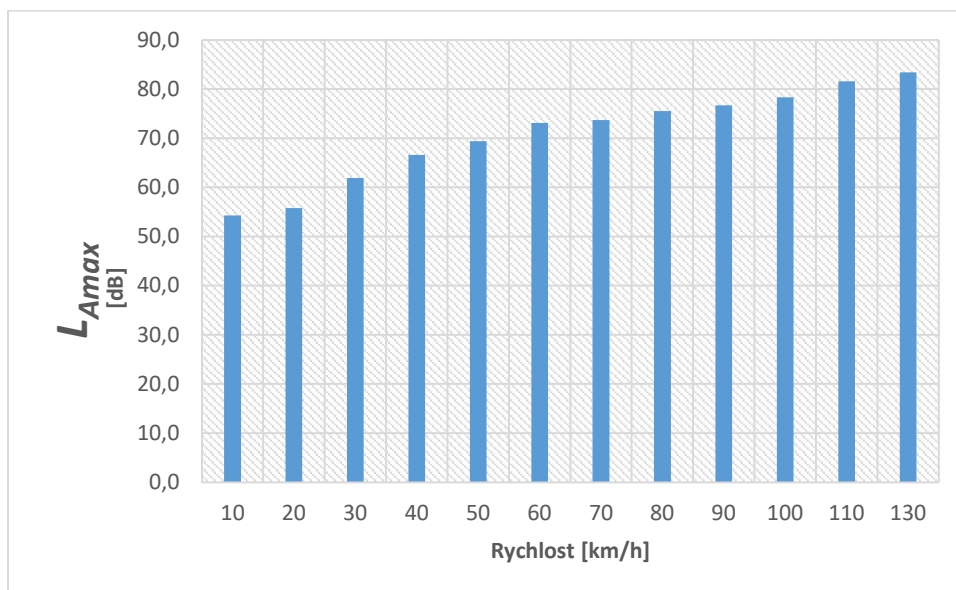
Graf 26: Naměřené hodnoty  $L_{Aeq,T}$  pro různé rychlosti automobilu ŠKODA OCTAVIA



**Graf 27: Naměřené hodnoty  $L_{Amin}$  pro různé rychlosti automobilu ŠKODA OCTAVIA**

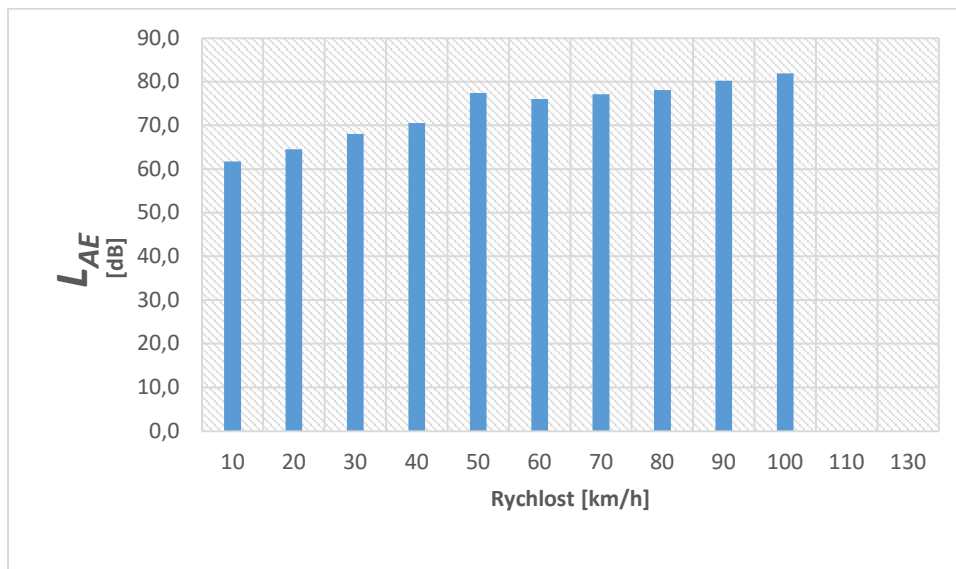


**Graf 28: Naměřené hodnoty  $L_{Amax}$  pro různé rychlosti automobilu ŠKODA OCTAVIA**

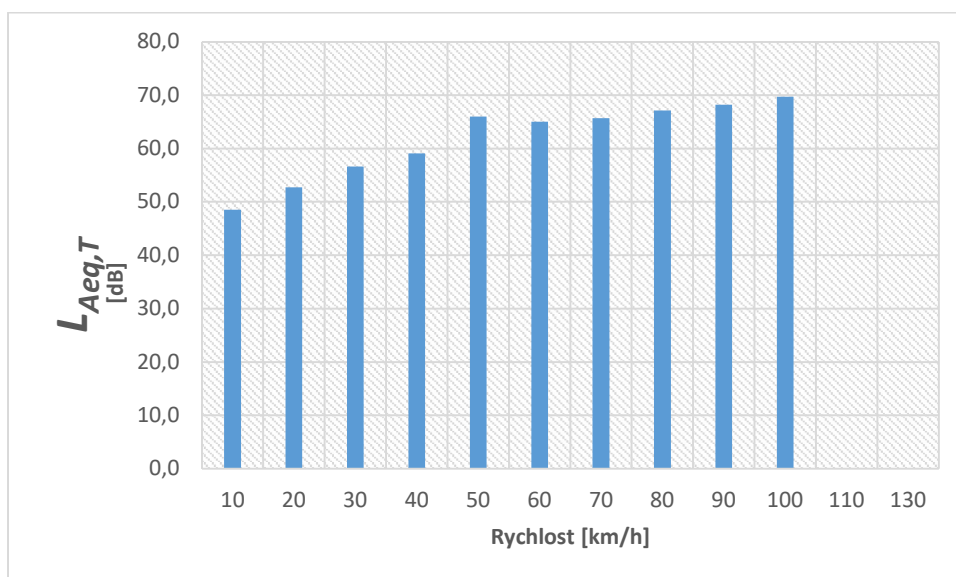


## 5.8. ŠKODA KAROQ (vznětový motor) vč. měřicího vleku

Graf 29: Naměřené hodnoty  $L_{AE}$  pro různé rychlosti automobilu ŠKODA KAROQ vč. měřicího vleku

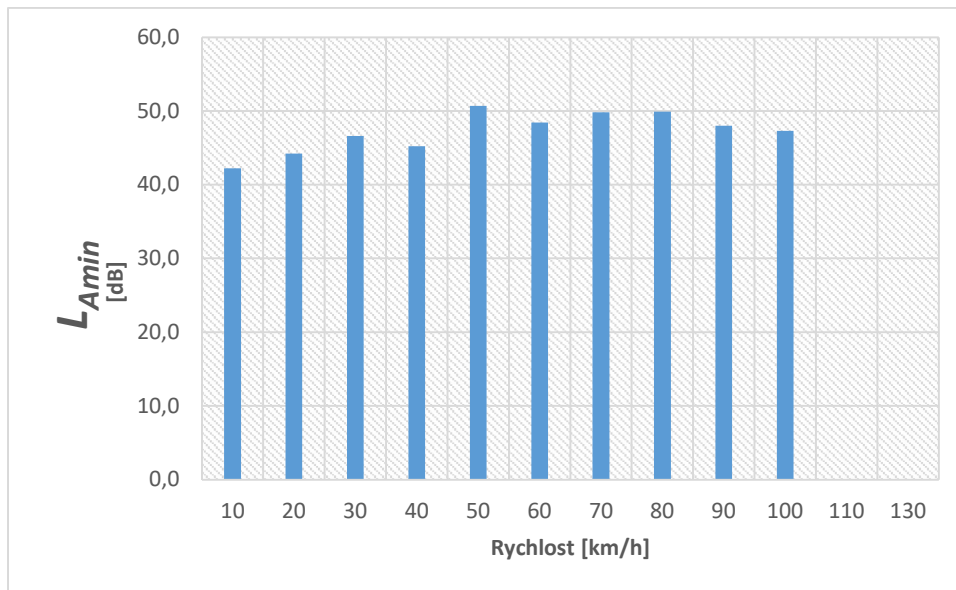


Graf 30: Naměřené hodnoty  $L_{Aeq,T}$  pro různé rychlosti automobilu ŠKODA KAROQ vč. měřicího vleku

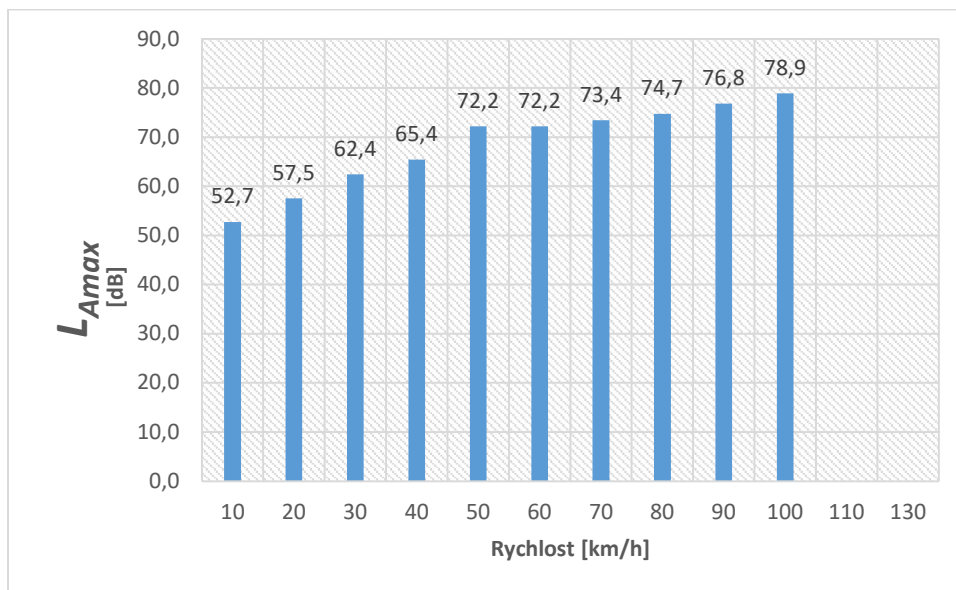




**Graf 31: Naměřené hodnoty  $L_{Amin}$  pro různé rychlosti automobilu ŠKODA KAROQ vč. měřicího vleku**



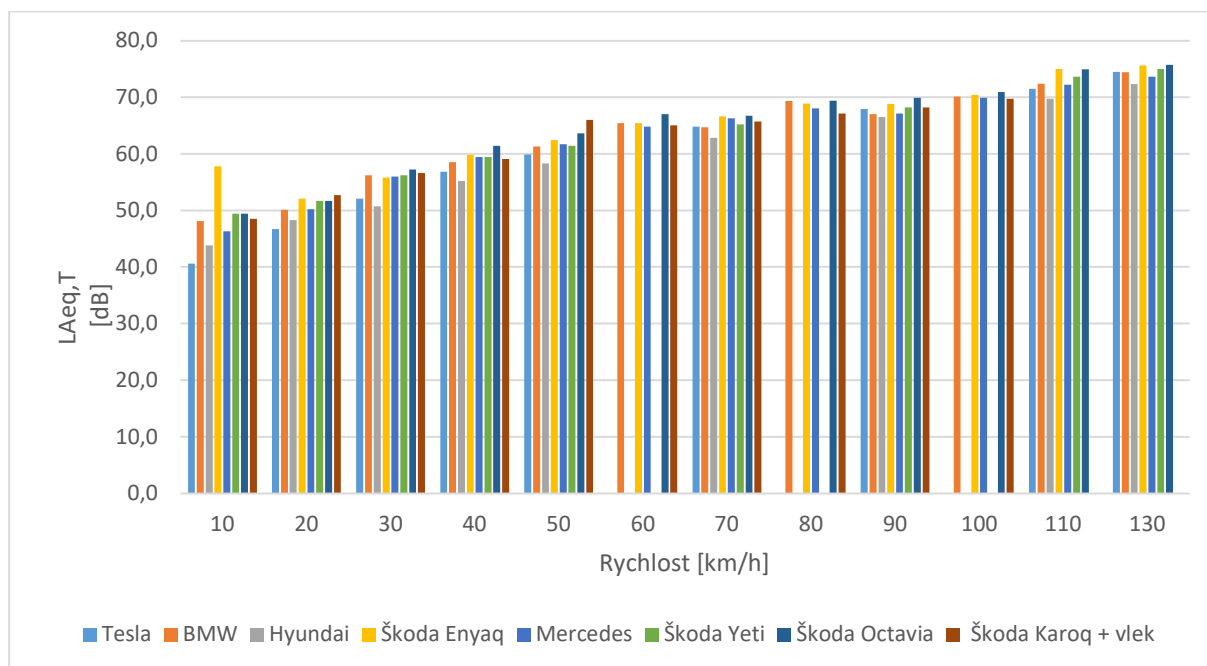
**Graf 32: Naměřené hodnoty  $L_{Amax}$  pro různé rychlosti automobilu ŠKODA KAROQ vč. měřicího vleku**



## 5.9. Sumarizace a porovnání výsledků měření

V následujících tabulkách je uvedeno shrnutí a vzájemné porovnání zjištěných výsledků pro jednotlivá vozidla dle vybraných fyzikálních veličin.

Graf 33: Souhrnné porovnání hodnot  $L_{Aeq,T}$  dle rychlosti a typu vozidla

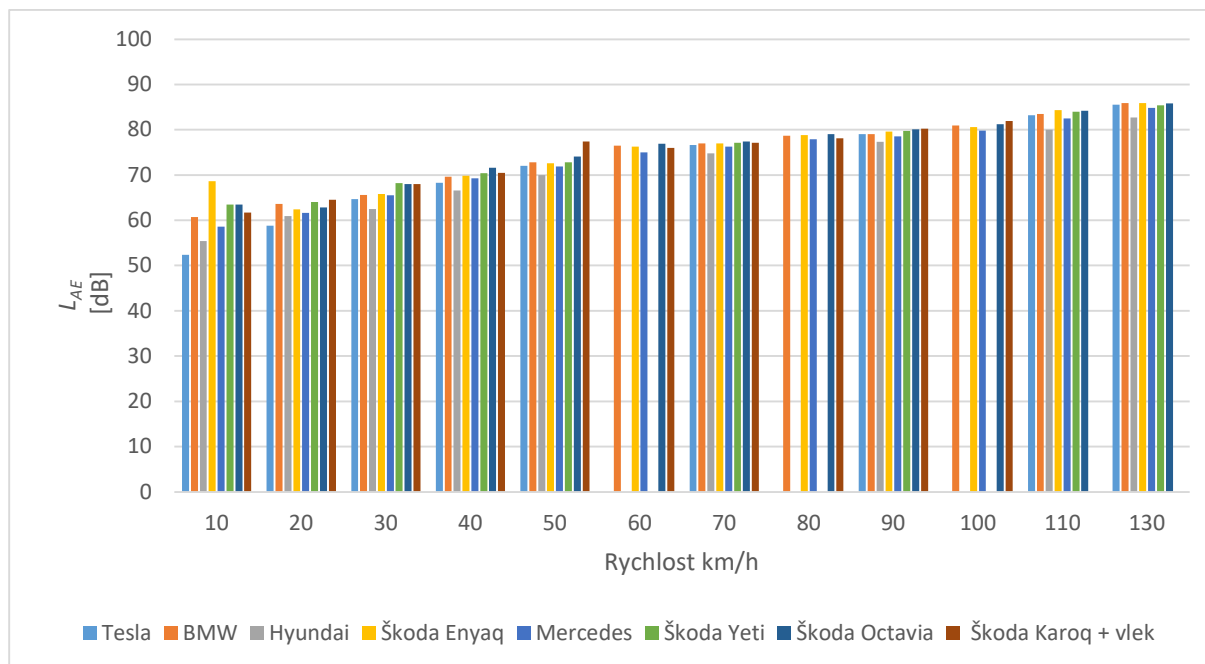


### Vyhodnocení:

Naměřené hodnoty ukazatele  $L_{Aeq,T}$  z provozu testovaných automobilů se pohybují v rozsahu měřených rychlostí od  $L_{Aeq,T} = 40,6$  dB do  $L_{Aeq,T} = 75,7$  dB. Nejnižší naměřená hodnota byla zjištěna ve spodním rychlostním pásmu u elektromobilu Tesla, Model S při rychlosti 10 km/h a nejvyšší naměřená hodnota byla zjištěna u horního rychlostního pásma u automobilu Škoda Octavia při rychlosti 130 km/h. Nejvyšších hodnot  $L_{Aeq,T}$  v obou hraničních rychlostních pásmech dosahovala vozidla Škoda Enyaq a Škoda Octavia. Nejnižších hodnot  $L_{Aeq,T}$  dosahovala vozidla Hyundai a Tesla.

Vyšší hodnoty hladin akustického tlaku A u vozidla Škoda Enyaq jsou způsobené výstražným bezpečnostním akustickým prvkem, které vozidlo generuje v závislosti na rychlosti od 0 do 25 km/h. Tento zvuk byl charakteristický právě pro vozidlo Škoda Enyaq.

Graf 34: Celkové porovnání hodnot  $L_{AE}$  dle rychlosti a typu vozidla

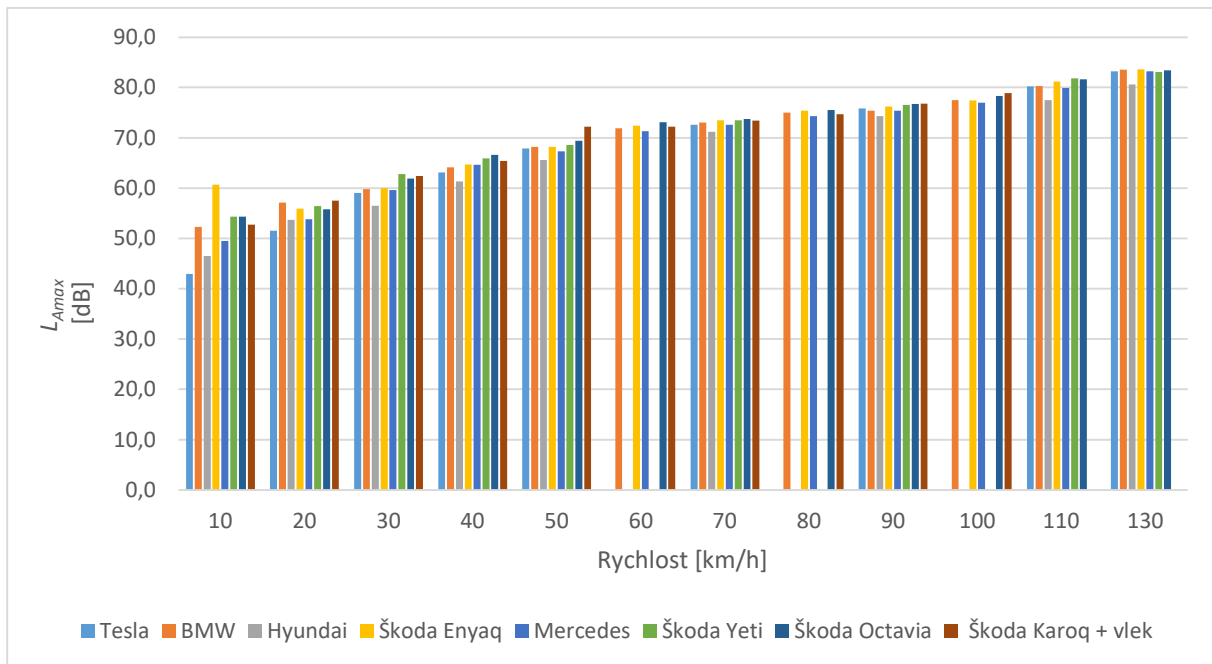


### Vyhodnocení:

Naměřené hodnoty ukazatele  $L_{AE}$  z provozu testovaných automobilů se pohybují v rozsahu měřených rychlostí od  $L_{AE} = 52,4$  dB do  $L_{AE} = 85,9$  dB. Nejnižší naměřená hodnota byla ve spodním rychlostním pásmu zjištěna u elektromobilu Tesla při rychlosti 10 km/h a u horního rychlostního pásma byla nejvyšší naměřená hodnota zjištěna u automobilu Škoda Enyaq při rychlosti 130 km/h. Nejvyšších hodnot  $L_{AE}$  v obou hraničních rychlostních pásmech dosahovala vozidla Škoda Octavia, Škoda Enyaq a Škoda Karoq s měřicím vleč. Nejnižších hodnot  $L_{AE}$  dosahovala vozidla Hyundai a Tesla.

Vyšší hodnoty hladin akustického tlaku A u vozidla Škoda Enyaq jsou způsobené výstražným bezpečnostním akustickým prvkem, které vozidlo generuje v závislosti na rychlosti od 0 do 25 km/h. Tento zvuk byl charakteristický právě pro Škoda Enyaq.

**Graf 35: Celkové porovnání hodnot  $L_{Amax}$  dle rychlosti a typu vozidla**



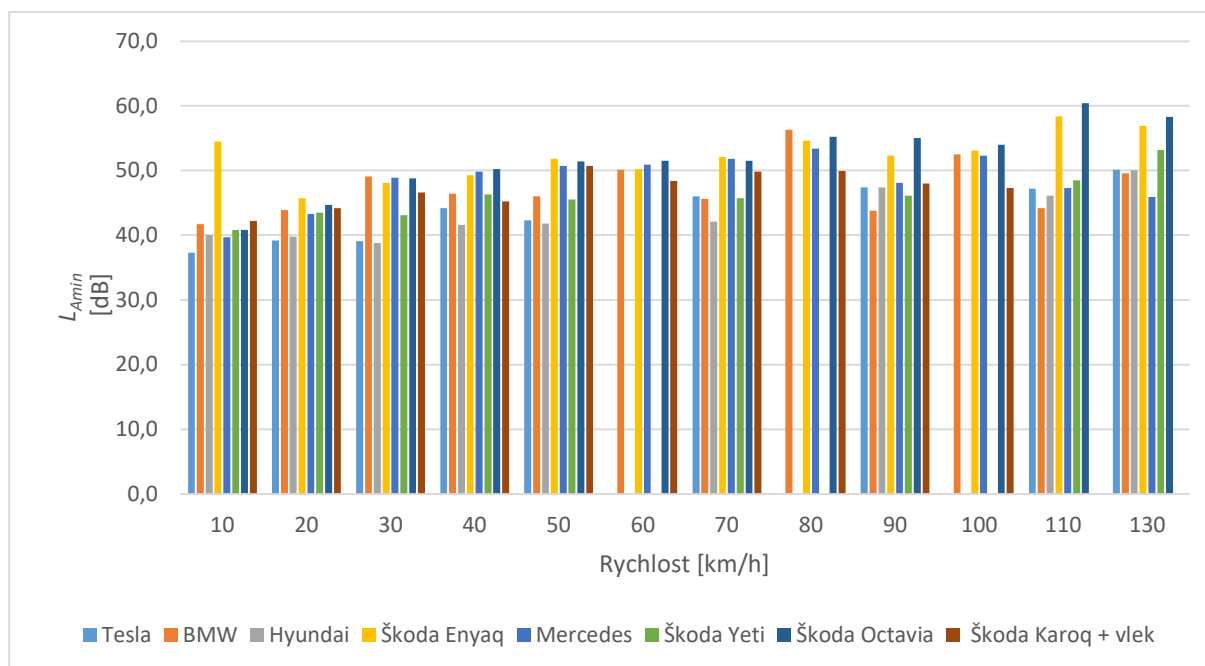
### Vyhodnocení:

Naměřené hodnoty ukazatele  $L_{Amax}$  z provozu testovaných automobilů se pohybují v rozsahu měřených rychlostí od  $L_{Amax} = 42,9$  dB do  $L_{Amax} = 83,6$  dB. Nejnížší naměřená hodnota byla ve spodním rychlostním pásmu zjištěna u elektromobilu Tesla při rychlosti 10 km/h a nejvyšší naměřená hodnota byla zjištěna u automobilu Škoda Enyaq při rychlosti 130 km/h. Nejvyšších hodnot  $L_{Amax}$  dosahovala v obou hraničních rychlostních pásmech vozidla Škoda Octavia, Škoda Enyaq a Škoda Karoq s vleky. Nejnižších hodnot  $L_{Amax}$  dosahovala vozidla Hyundai a Tesla.

Vyšší hodnoty hladin akustického tlaku A u vozidla Škoda Enyaq v nižších rychlostech jsou způsobené výstražným bezpečnostním akustickým prvkem, které vozidlo generuje v závislosti na rychlosti od 0 do 25 km/h. Tento zvuk byl charakteristický právě pro vozidlo Škoda Enyaq.



Graf 36: Porovnání hodnot  $L_{Amin}$  dle rychlosti a druhu vozidla



### Vyhodnocení:

Naměřené hodnoty ukazatele  $L_{Amin}$  z provozu testovaných automobilů se pohybují v rozsahu měřených rychlostí od  $L_{Amin} = 37,3$  dB do  $L_{Amin} = 60,4$  dB. Nejnižší naměřená hodnota byla ve spodním rychlostním pásmu zjištěna u elektromobilu Tesla při rychlosti 10 km/h a nejvyšší naměřená hodnota byla zjištěna u automobilu Škoda Octavia při rychlosti 110 km/h. Nejvyšších hodnot  $L_{Amin}$  dosahovala v obou hraničních rychlostních pásmech vozidla Škoda Enyaq a Škoda Octavia. Nejnižších hodnot  $L_{Amin}$  dosahovala vozidla Hyundai a Tesla.

Vyšší hodnoty hladin akustického tlaku A u vozidla Škoda Enyaq jsou způsobené výstražným bezpečnostním akustickým prvkem, které vozidlo generuje v závislosti na rychlosti od 0 do 25 km/h. Tento zvuk byl charakteristický právě pro vozidlo Škoda Enyaq.

## 6. Výsledky měření akustickou kamerou

Součástí měření průjezdů vozidel ve zkušebním úseku na letištní ploše Líně bylo i měření pomocí akustické kamery pro některé typy vozidel a pro některé rychlosti vybrané v rámci časového harmonogramu měření. Popis místa měření akustickou kamerou je uveden v kapitole 2. Cílem tohoto měření bylo vyhodnocení/detekce převládajícího zdroje hluku (pohon či styk pneumatiky s vozovkou, případně jiné).

Akustická kamera je prezentována na Obr. 13. Výstupy z měření akustickou kamerou jsou uvedeny na obrázcích v následujících podkapitolách.

Na obrázcích s identifikovanými zdroji hluku jsou uvedeny vždy hladiny akustických příspěvků, vztahující se pouze k identifikovanému zdroji. Jedná se o příspěvky k celkové ekvivalentní hladině akustického tlaku  $A$  změřené v konkrétním místě a intervalu měření.

Hladina příspěvku identifikovaného zdroje k celkové ekvivalentní hladině akustického tlaku  $A$  v místě měření (v místě umístění mikrofonního pole) je zobrazena barevnou stupnicí vpravo na obrázcích (v  $A$ -vážené hladině  $L_{Aeq,T}$ ).

Obr. 13: Akustická kamera



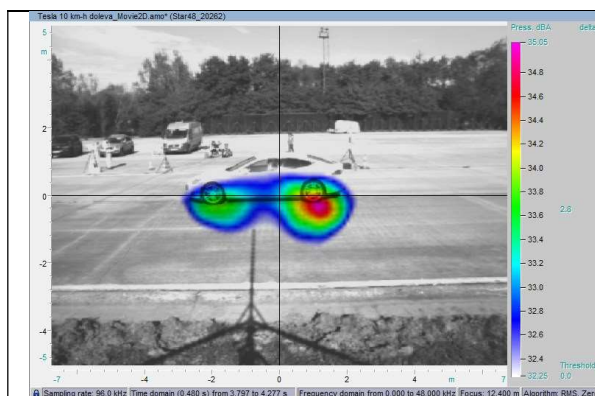




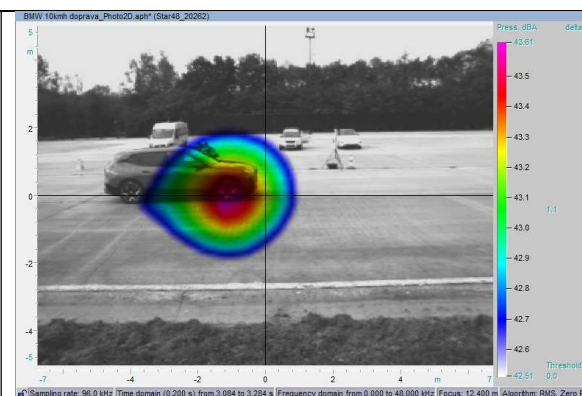
## 6.1. Rychlost 10 km/h

Na následujících obrázcích jsou zobrazeny výstupy z akustické kamery pro rychlost 10 km/h.

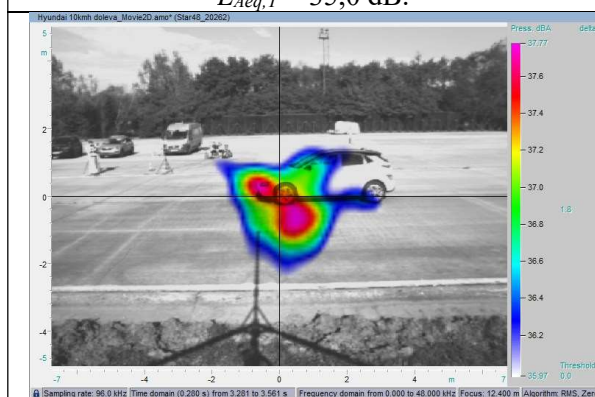
Obr. 14: Výstupy z měření akustickou kamerou – rychlost 10 km/h



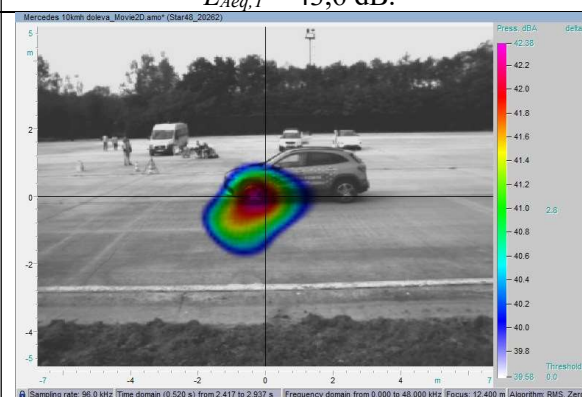
Tesla, MODEL S2  
 Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 35,0$  dB.



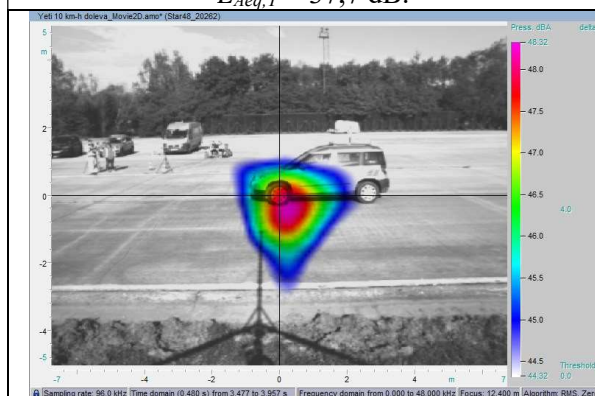
BMW iX 40  
 Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 43,6$  dB.



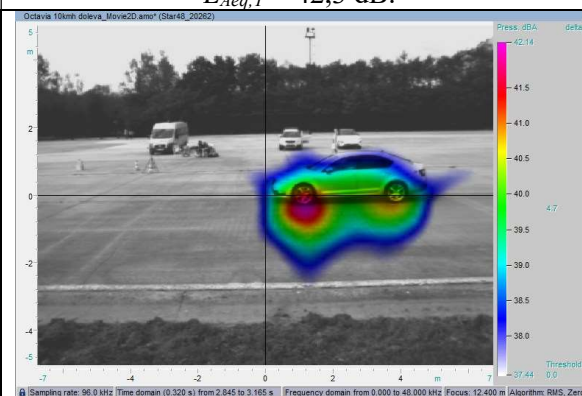
Hyundai KONA  
 Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 37,7$  dB.



Mercedes EQA 250  
 Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 42,3$  dB.



Škoda Yeti (diesel)  
 Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 48,3$  dB.



Škoda Octavia (benzín)  
 Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 42,1$  dB.

Z výše uvedených výstupů měření akustickou kamerou pro rychlost 10 km/h vyplývá, že zdrojem hluku jsou především pohonné jednotky hnaných náprav jednotlivých typů automobilů bez ohledu na to, zda se jedná o elektromobil, či vozidlo se spalovacím, či vznětovým motorem. Co do zjištěných hladin akustického tlaku, tak logicky hlučnější byla vozidla se spalovacím, či vznětovým motorem. Nejhluchnější byla Škoda YETI, která měla dieselový motor. Hluk



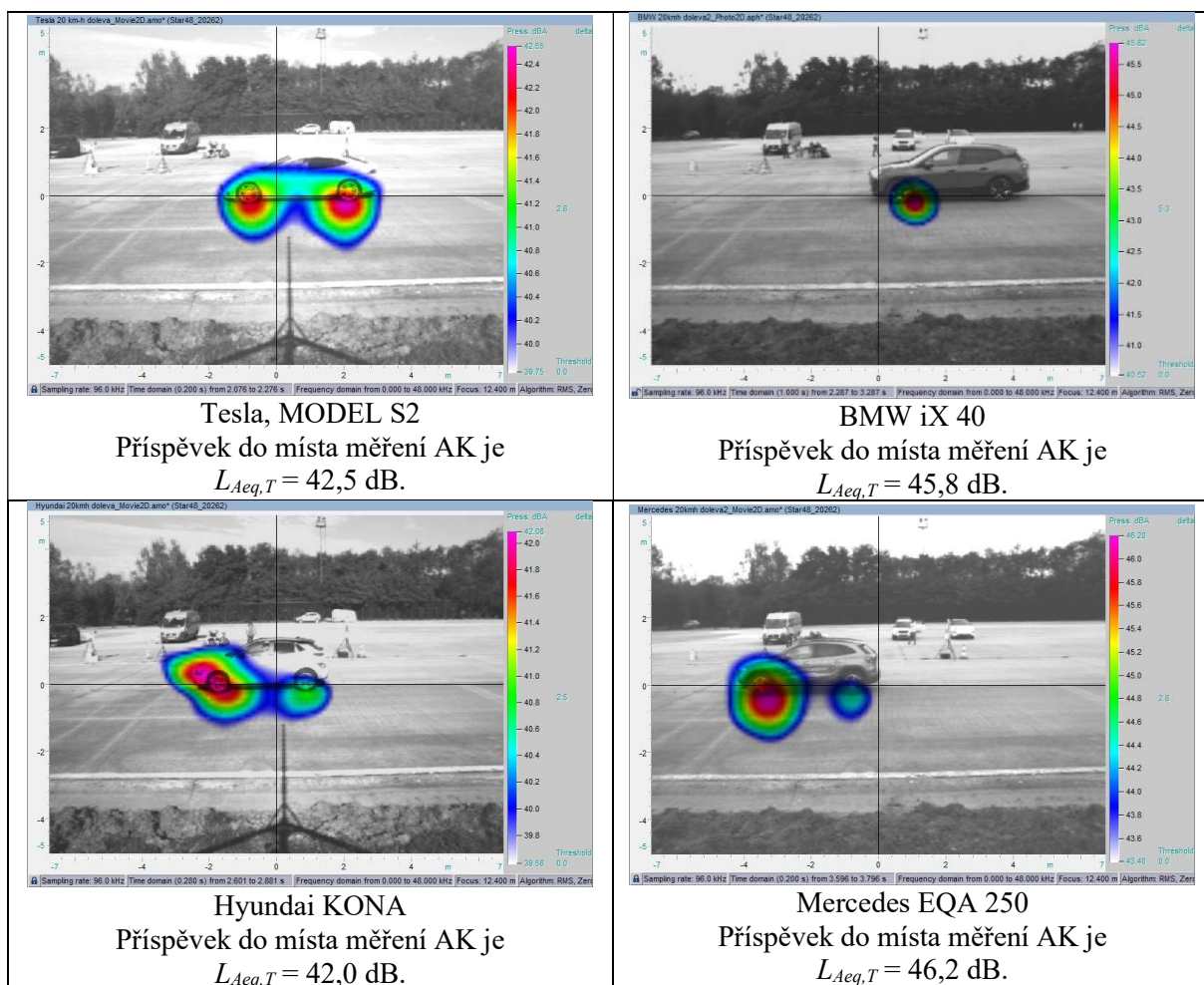
z průjezdu automobilu Škoda OCTAVIA (benzín) byl obdobný jako hluk z elektromobilů MERCEDES a BMW. U elektromobilů HYUNDAI a TESLA byly při této rychlosti zjištěny nejnižší ekvivalentní hladiny akustického tlaku A a hluk byl vyzařovaný vždy jen z hnaných náprav, a tedy z elektromotorů.

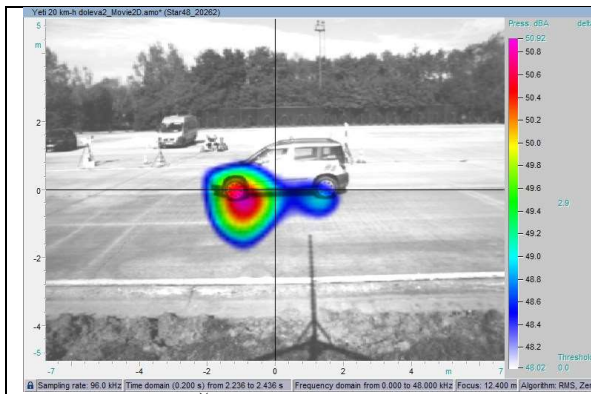
Z výstupů je tedy patrné, že u všech automobilů byl identifikován dominantní příspěvek hluku z hnaných náprav, kde se u elektromobilů nachází pohony kol a u testovaných benzínového a diesellového vozidla je též umístěn motor. Při nízké rychlosti tedy převládá hluk od pohonu kol oproti hluku z odvalování kol po povrchu.

## 6.2. Rychlost 20 km/h

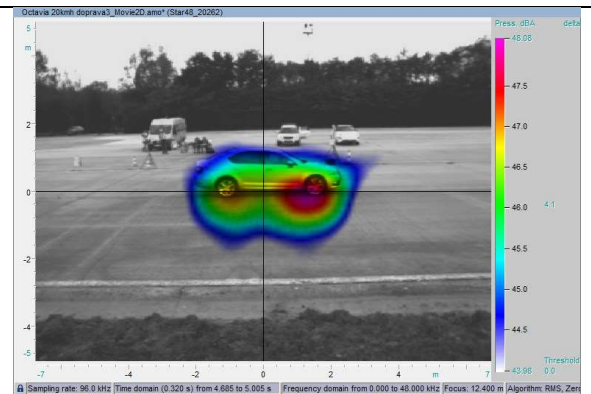
Na následujících obrázcích jsou zobrazeny výstupy z akustické kamery pro rychlost 20 km/h.

Obr. 15: Výstupy z měření akustickou kamerou – rychlost 20 km/h





Škoda Yeti (diesel)  
 Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 50,9$  dB.



Škoda Octavia (benzín)  
 Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 48,0$  dB.

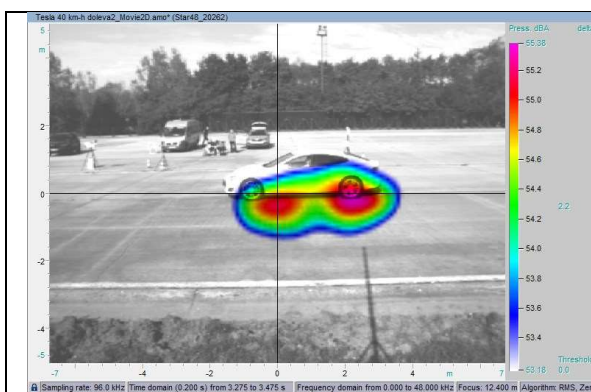
Z výše uvedených výstupů měření akustickou kamerou pro rychlost 20 km/h vyplývá, že zdrojem hluku jsou stále ještě především pohonné jednotky hnaných náprav jednotlivých typů automobilů bez ohledu na to, zda se jedná o elektromobil, či vozidlo se spalovacím, či vznětovým motorem. Nejhluchnější byla Škoda YETI, která měla diesellový motor, a následně pak benzínová Škoda OCTAVIA. Dále je z výstupů měření patrné, že hluk z průjezdu elektromobilů MERCEDES a BMW byl obdobný. U elektromobilů HYUNDAI a TESLA byly při této rychlosti zjištěny nejnižší hladiny akustického tlaku A.

Logicky hlučnější byla vozidla se spalovacím, či vznětovým motorem. Z výstupů je dále patrné, že u všech aut byl identifikován dominantní příspěvek hluku v místě hnaných náprav, kde jsou u elektromobilů umístěny pohonné jednotky a u testovaných benzínových a diesellových vozidel se zde nachází motor. Z těchto výstupů se dá predikovat, že při této nízké rychlosti převládá stále dominantní hluk od pohonu kol oproti hluku z odvalování kol po povrchu.

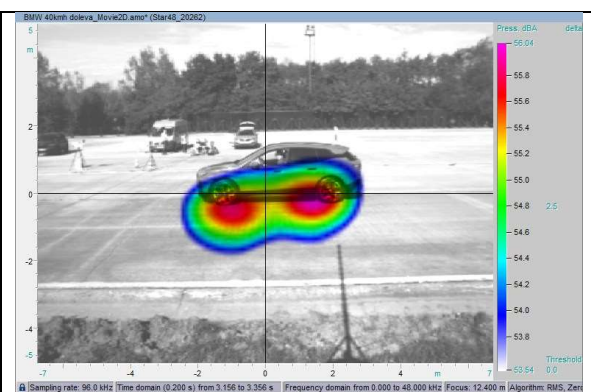
### 6.3. Rychlost 40 km/h

Na následujících obrázcích jsou zobrazeny výstupy z akustické kamery pro rychlost 40 km/h.

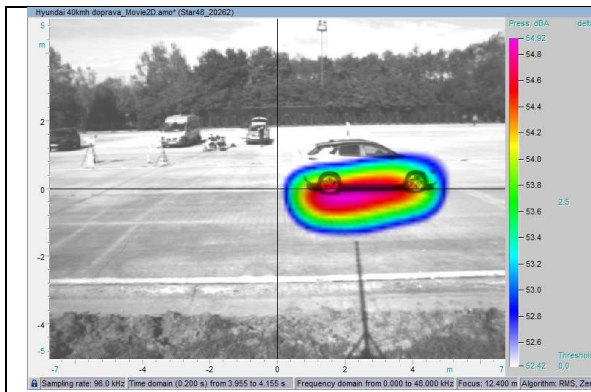
Obr. 16: Výstupy z měření akustickou kamerou – rychlost 40 km/h



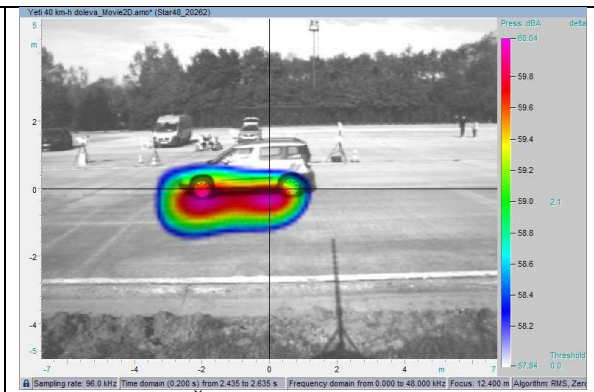
Tesla, MODEL S2  
 Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 55,3$  dB.



BMW iX 40  
 Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 56,0$  dB.



Hyundai KONA  
Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 54,9$  dB.



Škoda Yeti (diesel)  
Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 60,4$  dB.

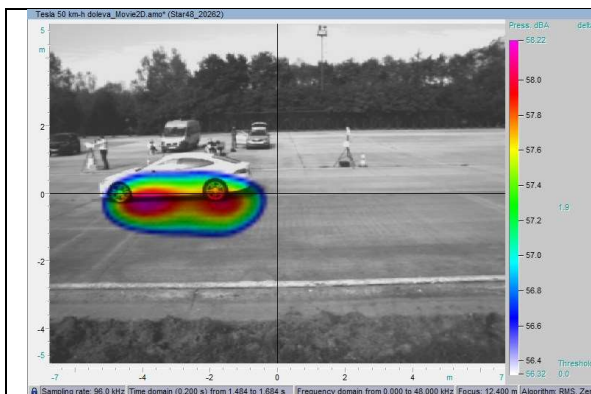
Z výše uvedených výstupů měření akustickou kamerou pro rychlost 40 km/h vyplývá, že nejhluchnější byla Škoda YETI s dieselovým motorem. Dále je z výstupů měření patrné, že hluk z průjezdu elektromobilů HYUNDAI, TESLA a BMW byl již srovnatelný.

U všech měřených elektrovozidel byl již při této rychlosti obdobný akustický příspěvek jak od přední, tak i od zadní nápravy. Z výstupů se tak dá velmi jednoznačně již odvodit, že při rychlosti 40 km/h už přestává převládat hluk od pohonných jednotek a začíná se dominantně projevovat hluk z odvalování kol po povrchu.

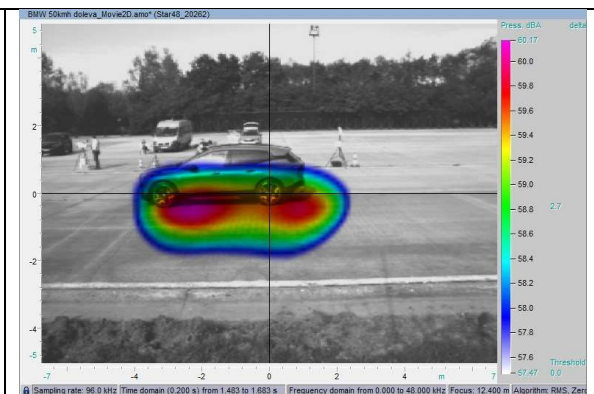
#### 6.4. Rychlost 50 km/h

Na následujících obrázcích jsou zobrazeny výstupy z akustické kamery pro rychlost 50 km/h.

Obr. 17: Výstupy z měření akustickou kamerou – rychlost 50 km/h

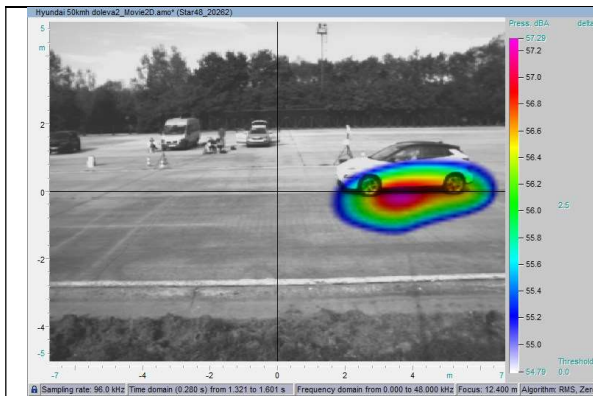


Tesla, MODEL S2  
Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 58,2$  dB.

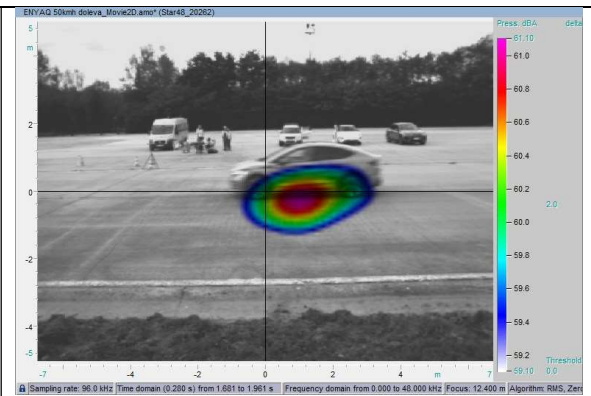


BMW iX 40  
Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 60,1$  dB.

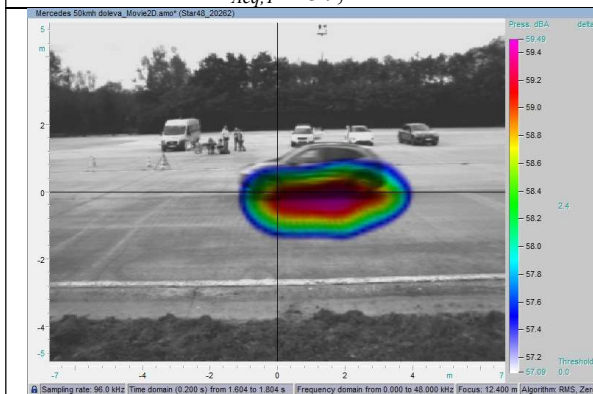




Hyundai KONA  
Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 57,2$  dB.



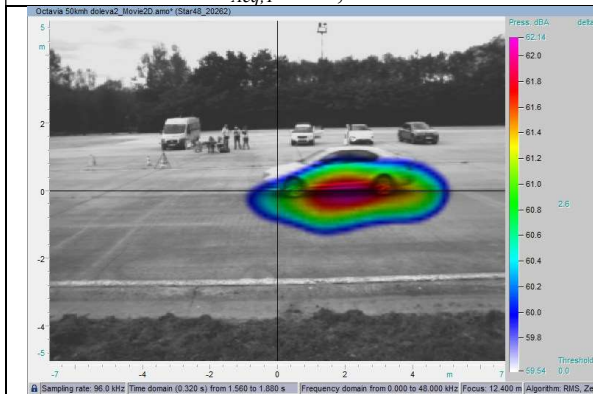
Škoda Enyaq  
Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 61,1$  dB.



Mercedes EQA 250  
Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 59,4$  dB.



Škoda Yeti (diesel)  
Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 61,7$  dB.



Škoda Octavia (benzín)  
Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 62,1$  dB.

Z výše uvedených výstupů měření akustickou kamerou pro rychlost 50 km/h vyplývá, že mírně hlučnější byla Škoda OCTAVIA s benzínovým motorem a Škoda YETI s dieslovým motorem. Dále je z výstupů měření patrné, že rozdíl mezi průjezdem některých elektromobilů a automobilů s klasickým motorem už není tak velký, jako při nižších rychlostech. Např. rozdíl mezi Škoda OCTAVIA a ENYAQ je 1 dB. Nejtíší byly průjezdy vozidel TESLA a HYUNDAI.

Z výstupů dále vyplývá, že u všech aut byl obdobný příspěvek jak od přední hnací nápravy, tak i od zadní. Z toho se dá již objektivně predikovat, že při této rychlosti již významně převládá

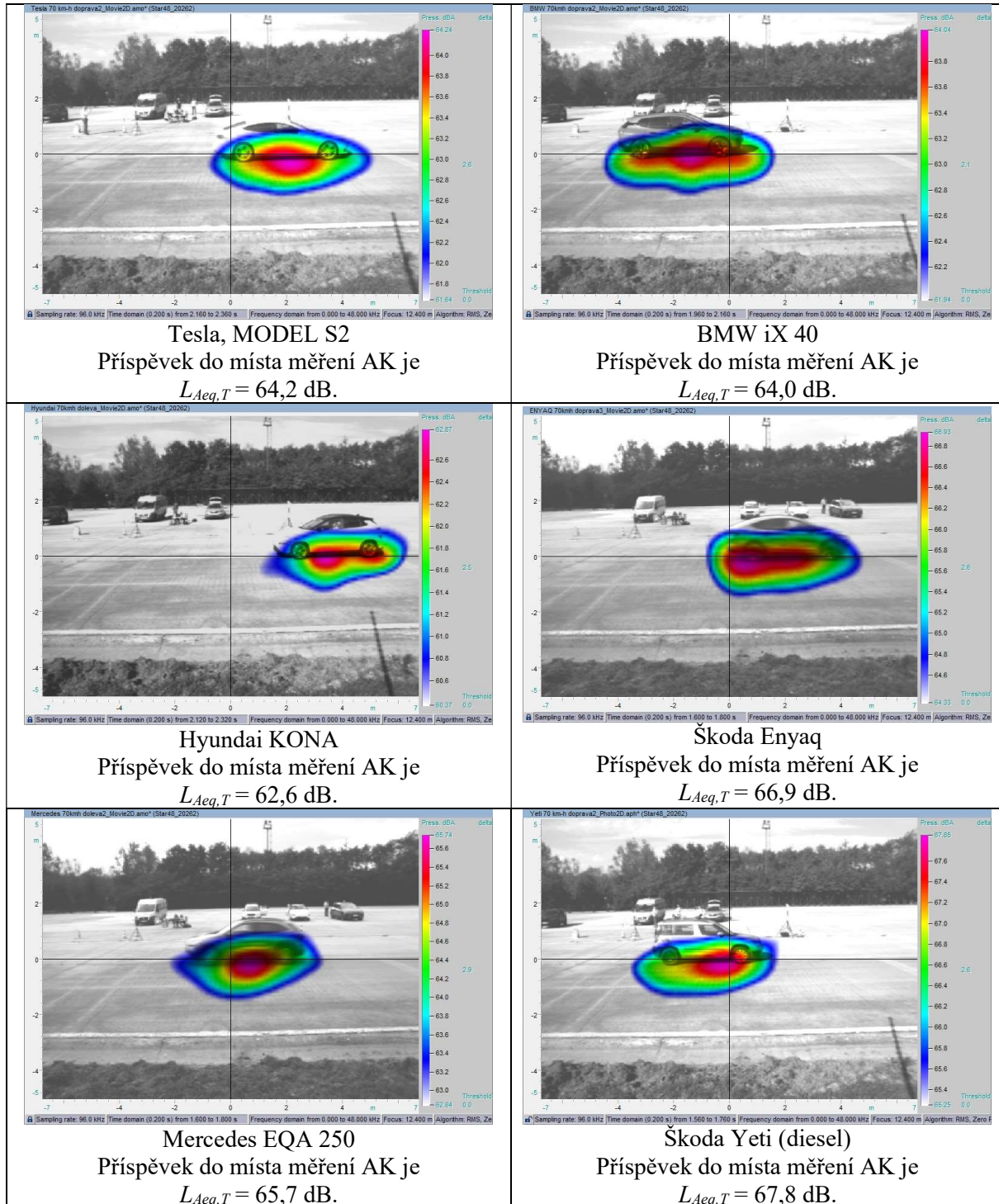


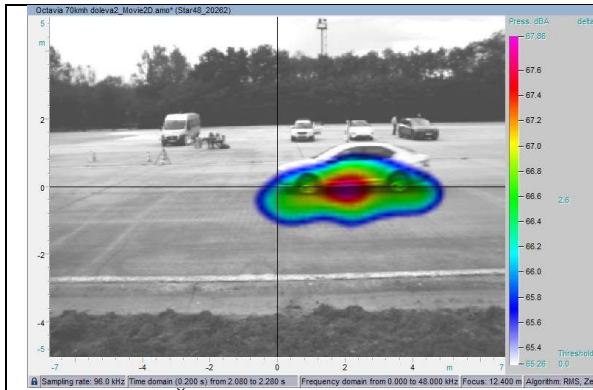
hluk z odvalování kol po povrchu, oproti hluku od pohonných jednotek. Vyplývá to z obdobných hodnot hladin akustického tlaku jak od hnacích náprav, tak i náprav bez pohonu.

### 6.5. Rychlost 70 km/h

Na následujících obrázcích jsou zobrazeny výstupy z akustické kamery pro rychlost 70 km/h.

Obr. 18: Výstupy z měření akustickou kamerou – rychlost 70 km/h





Škoda Octavia (benzín)  
Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 67,8$  dB.

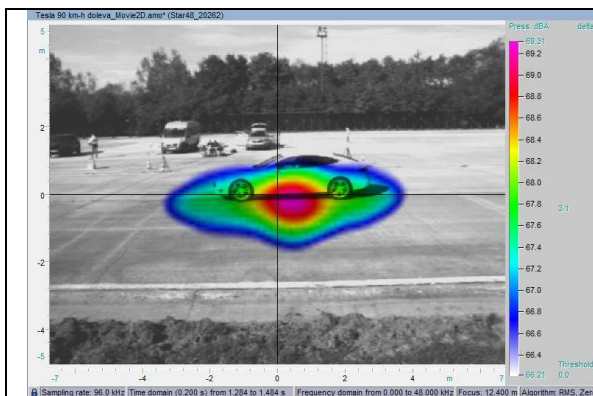
Z výše uvedených výstupů měření akustickou kamerou pro rychlost 70 km/h vyplývá, že nejhluchnější byla Škoda OCTAVIA s benzínovým motorem a Škoda YETI s dieselovým motorem. Rozdíly hodnot mezi průjezdem některých elektromobilů a automobily s klasickým motorem už není tak velký, jako při nižších rychlostech. Např. rozdíl mezi Škoda OCTAVIA a ENYAQ je do 1 dB. Nejtíšší byly průjezdy vozidel TESLA, BMW a HYUNDAI.

Z výstupů je dále patrné, že u všech aut byl obdobný příspěvek jak od předních, tak i od zadních náprav. Na základě těchto výstupů se dá konstatovat, že při této rychlosti je již dominantní hluk ze samotného odvalování pneumatik od povrchu.

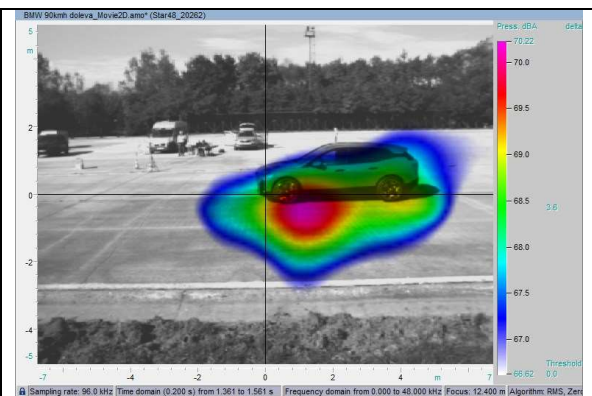
## 6.6. Rychlost 90 km/h

Na následujících obrázcích jsou zobrazeny výstupy z akustické kamery pro rychlost 90 km/h.

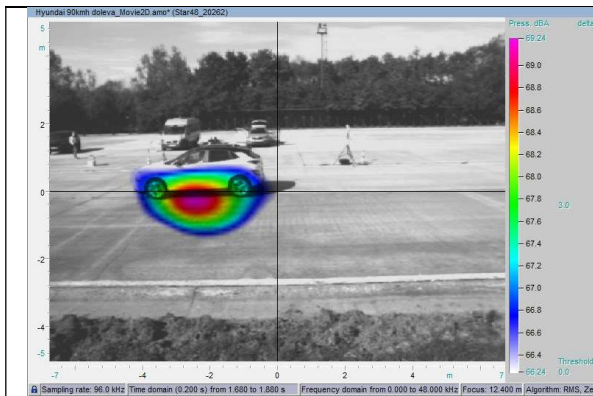
Obr. 19: Výstupy z měření akustickou kamerou – rychlost 90 km/h



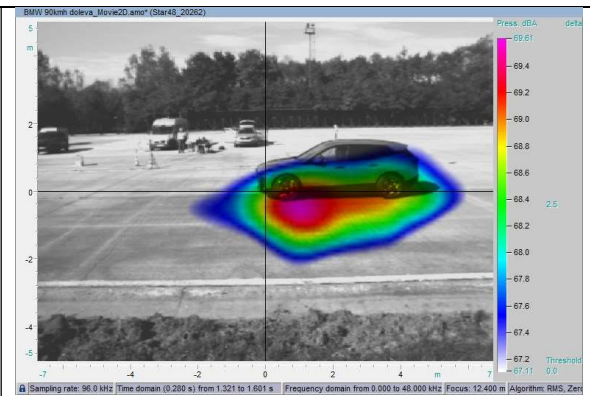
Tesla, MODEL S2  
Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 69,3$  dB.



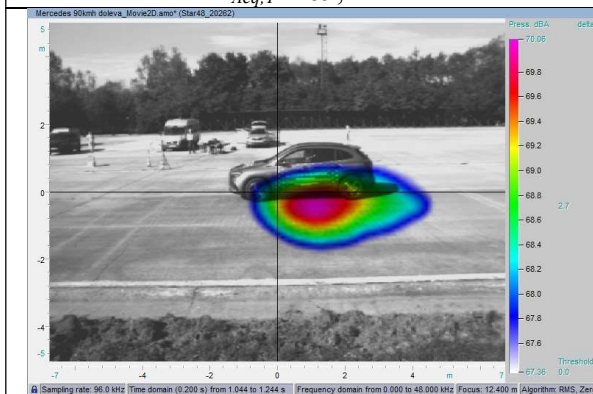
BMW iX 40  
Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 70,2$  dB.



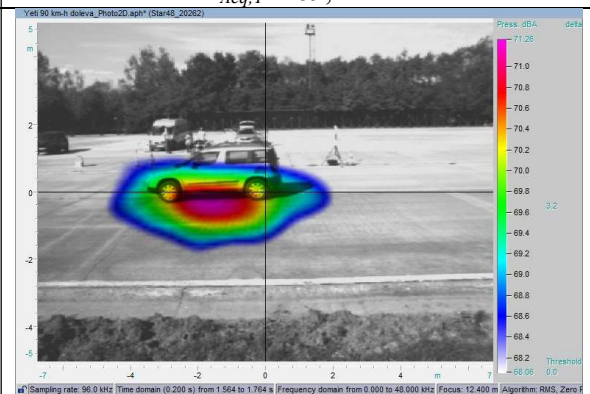
Hyundai KONA  
Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 69,2$  dB.



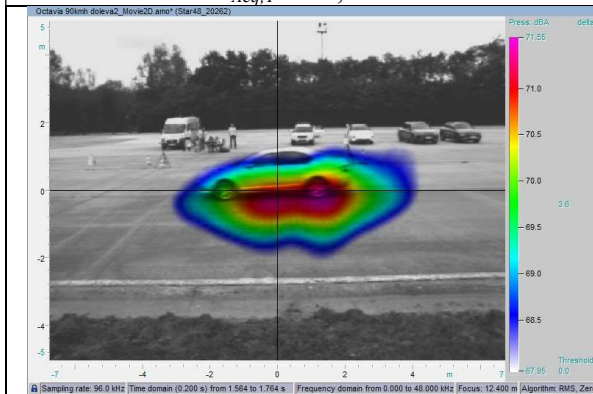
Škoda Enyaq  
Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 69,1$  dB.



Mercedes EQA 250  
Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 70,0$  dB.



Škoda Yeti (diesel)  
Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 71,2$  dB.



Škoda Octavia (benzín)  
Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 71,5$  dB.

Z výše uvedených výstupů měření akustickou kamerou pro rychlost 90 km/h vyplývá, že nejhluchnější byla Škoda OCTAVIA s benzínovým motorem a Škoda YETI s dieselovým motorem. Dále je z výstupů měření patrné, že rozdíl akustického tlaku A mezi průjezdem elektromobilů a automobily s klasickým motorem už není tak velký, jako při nižších rychlostech. Rozdíly mezi elektromobily a Škoda OCTAVIA, resp. YETI, se pohybují do cca 2 dB. Nejtíší byly průjezdy vozidel TESLA a HYUNDAI.

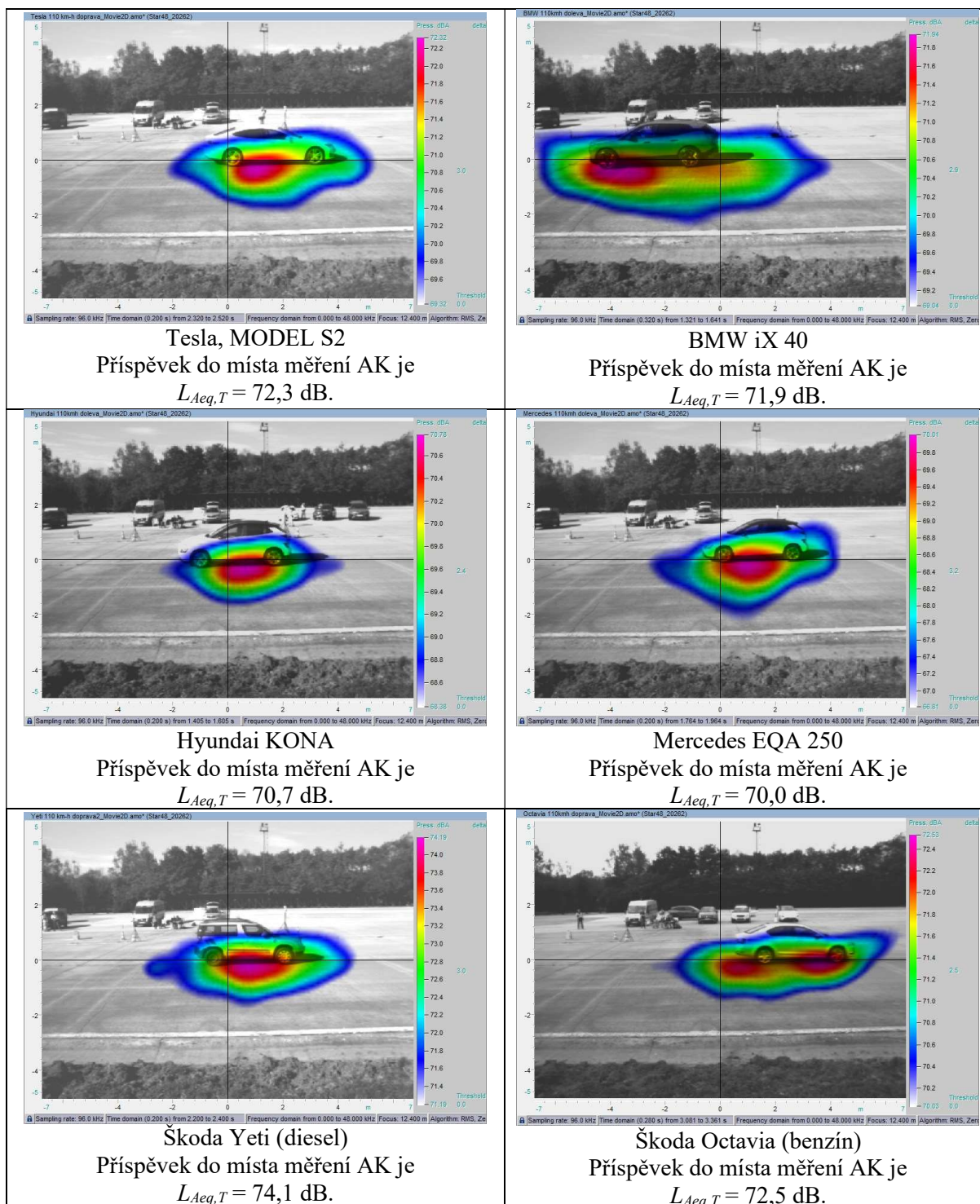
Z výstupů je dále patrné, že u všech aut byl obdobný příspěvek jak od předních, tak i od zadních náprav. Lze tedy konstatovat, že při této rychlosti je již dominantní hluk odvalování kol po povrchu oproti hluku od pohonných jednotek.



## 6.7. Rychlost 110 km/h

Na následujícím obrázku jsou zobrazeny výstupy z akustické kamery pro rychlost 110 km/h.

Obr. 20: Výstupy z měření akustickou kamerou – rychlost 110 km/h



Z výše uvedených výstupů měření akustickou kamerou pro rychlost 110 km/h vyplývá, že nejhluchnější byla Škoda YETI s dieselovým motorem. Dále je z výstupů měření patrné, že rozdíl mezi hlukem z průjezdu elektromobilů a automobilem s benzínovým motorem není sice tak velký jako při nižších rychlostech, nicméně rozdíl hladin akustického tlaku mezi elektromobily a Škoda OCTAVIA se pohyboval do cca 3 dB. Nejtišší byly průjezdy vozidel MERCEDES a HYUNDAI.

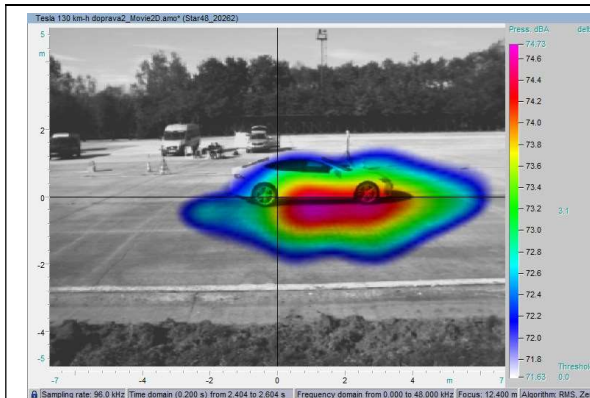


Z výstupů je dále patrné, že u všech aut byl obdobný příspěvek jak od předních, tak i od zadních náprav. Z těchto výstupů lze tedy jednoznačně konstatovat, že při této rychlosti již převládá hluk od odvalování kol po povrchu oproti hluku od pohonných jednotek.

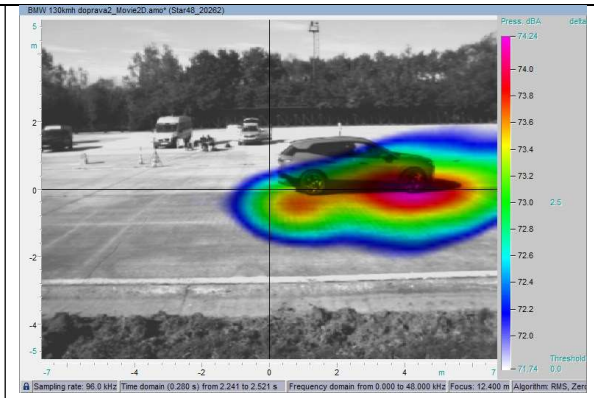
### 6.8. Rychlost 130 km/h

Na následujícím obrázku jsou zobrazeny výstupy z akustické kamery pro rychlost 130 km/h.

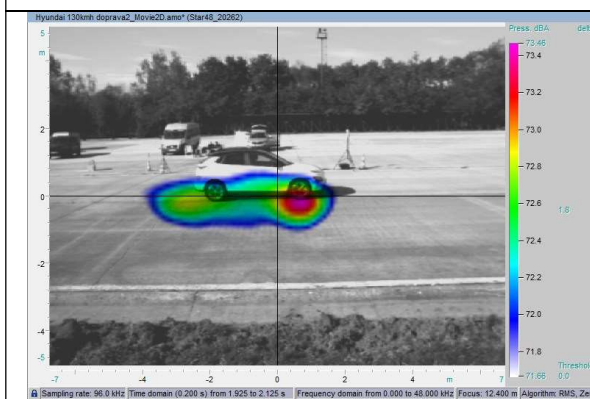
Obr. 21: Výstupy z měření akustickou kamerou – rychlost 130 km/h



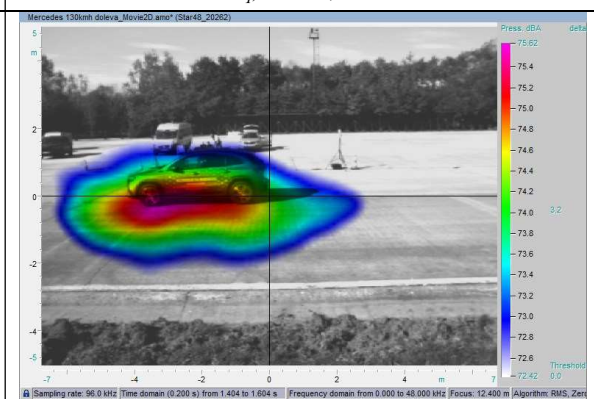
Tesla, MODEL S2  
 Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 74,7$  dB.



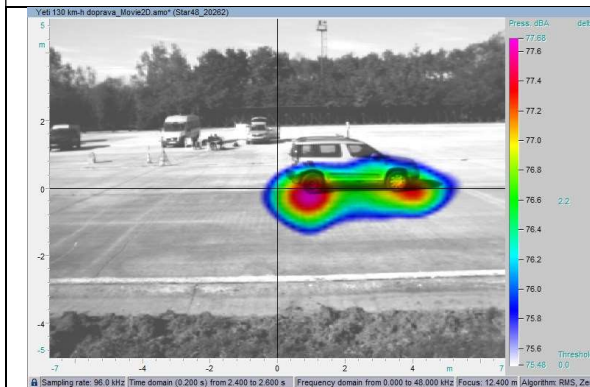
BMW iX 40  
 Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 74,2$  dB.



Hyundai KONA  
 Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 73,4$  dB.



Mercedes EQA 250  
 Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 75,6$  dB.



Škoda Yeti (diesel)  
 Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 77,6$  dB.



Škoda Octavia (benzín)  
 Příspěvek do místa měření AK je  
 $L_{Aeq,T} = 75,4$  dB.

Z výše uvedených výstupů měření akustickou kamerou pro rychlost 130 km/h vyplývá, že nejhlučnější byla Škoda YETI s dieselovým motorem. Dále je z výstupů měření patrné, že rozdíl mezi hlukem z průjezdu elektromobilů a automobilem s benzínovým motorem není tak velký, jako při nižších rychlostech. Rozdíl mezi elektromobily a Škoda OCTAVIA se pohyboval do cca 1–2 dB. U Škoda YETI se rozdíl pohyboval až do 4 dB. Nejtišší byl průjezd vozidla HYUNDAI.

Z výstupů je dále patrné, že u všech aut byl obdobný příspěvek od předních i zadních náprav. Lze konstatovat, že při rychlosti 130 km/h již jednoznačně převládá hluk od odvalování kol po povrchu oproti hluku od pohonných jednotek.

## 7. Měření emisních parametrů povrchu metodou CPX

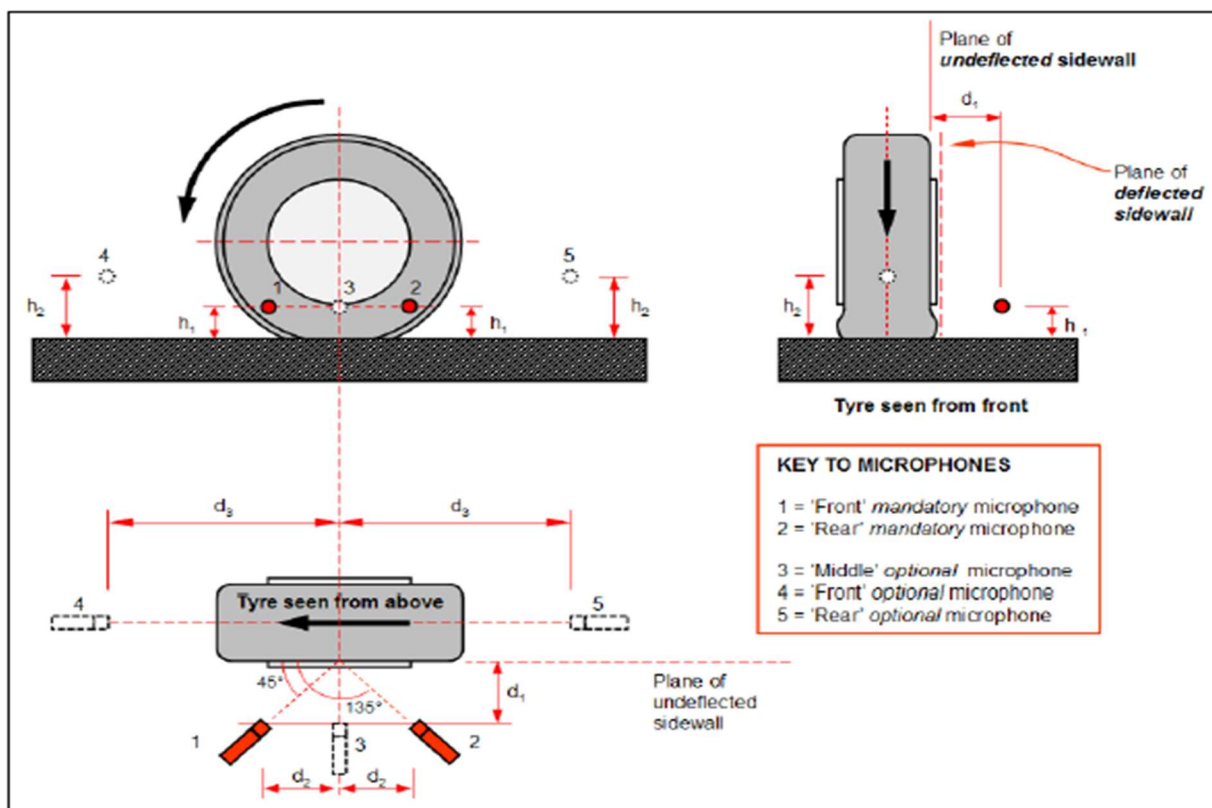
V rámci prováděného měření bylo nad rámec zpracování provedeno i kontrolní měření hlučnosti povrchu za pomoci speciálního měřicího vleku dle normy ČSN EN ISO 11819-2 [4].

Metoda CPX (Close-ProXimity) je národně i mezinárodně používána k získávání vstupních dat in-situ. Jedná se o dynamickou metodu, která je jako jediná dlouhodobě doporučovaná při sledování akustických vlastností různých obrusných vrstev na vozovkách.

V uvedené normě ČSN EN ISO 11819-2 [4], kde jsou popsány základní požadavky pro měření, jako je kalibrace, meteorologické podmínky, jednotlivé korekce na rychlost pro odlišné typy obrusných vrstev vozovek a jiné. Dle této normy je ve vlečeném vozidle umístěna referenční pneumatika daná výše zmíněnou normou a v jejím blízkém poli jsou umístěny mikrofony ve vzdálenostech od osy referenční pneumatiky určených normou. Každý z mikrofonů byl před a po měření kalibrován, byl opatřen předzesilovačem a ochrannou krytkou proti působení větru.

K regulaci rychlosti byl použit tempomat vozidla a zároveň byla rychlost kontrolována za pomoci GPS zařízení pro zajištění největšího přiblížení k předepsané hodnotě.

Obr. 22: Umístění mikrofonů u referenční pneumatiky



Tab. 1: Polohy mikrofonů

Mikrofon(y)	h1	h2	d1	d2	d3
1 a 2	0,10 m	-	0,20 m	0,20 m	-
3	0,10 m	-	0,20 m	0,00 m	-
4 a 5	-	0,20 m	-	-	0,65 m

Pozn. Celková rozšířená nejistota  $U_{LCPX} = \pm 1,0$  dB (nejistota měření stanovena dle postupu v příloze K normy ČSN EN ISO 11819-2 jako 95 % faktor pokrytí).

Měření bylo prováděno speciálním měřicím taženým zařízením vlastní výroby. Zařízení společnosti EKOLA group, spol. s r.o., používá měřicí systém (multikanálový systém Norsonic – Nor 850) umístěný přímo v měřicím přívěsu a veškerý kontrolní a ovládací hardware a software je umístěný v přední části tažného vozidla, tzn. u řidiče a operátora měření. Ovládací signály z místa řidiče či operátora a přenos dat z měřicích mikrofónů do prostoru řidiče jsou realizovány buď bezdrátově díky vysoce výkonným wi-fi routerům, anebo pomocí CAT7 – datovými kabely. Společně s akustickými daty jsou také přenášena data z laseru, který je navržený a měří dle platné normy ISO 13473 pro měření mikro, makro a průměrné textury obrusné vrstvy vozovky. Dále jsou přenášeny informace o venkovní teplotě a o teplotě povrchu vozovky.

Celý měřicí systém je energeticky soběstačný díky solárnímu panelu umístěnému na střeše a smart gelové baterii, která napájí celé měřicí zařízení v měřicím vleku. Tato baterie je také dobývána z palubní sítě vozu přes standardní třináctipólovou autozásuvku. Díky tomu se dá měřicí zařízení – vlek – táhnout za jakýmkoliv vozidlem s tažným zařízením a standardní třináctipólovou autozásuvkou.

Celý systém je ovládaný softwarem navrženým společností EKOLA group, spol. s r.o. Veškerá měření jsou spouštěna pomocí velice přesné GPS, která i ve městě díky kombinaci systémů GPS a GLONASS dokáže kontrolovat polohu a velice přesně spustit a ukončit měření a také označit v akustických datech markerem daný měřený úsek. Celý systém je připojený online k internetu a hned po ukončení a uložení měřeného úseku se veškerá data (akustický tlak, laser, teploty) automaticky odesílají a zálohují na serveru společnosti. Zde okamžitě dochází k automatickému vyhodnocení a po ukončení měření dostane operátor informaci o emisních parametrech povrchu vozovky.

V prostoru pneumatiky jsou standardně umístěny kamery, které kromě bezpečnostního prvku plní také funkci záznamu obrazu v měřeném úseku pro případnou analýzu výchylek hluku v měřeném úseku a detailního zkoumání povrchu. Veškerý obraz není jen zaznamenáván, ale i v reálném čase přenášěn do vozu k operátorovi, který může sledovat chování pneumatiky a mikrofónů při jízdě, včetně jízdní stopy.

**Obr. 23: Měřicí systém na měření hluku povrchů – EKOLA CPX**







V rámci měření byl monitorován hluk z betonového povrchu v různých rychlostech.

**Tab. 2: Údaje o naměřených a vypočítaných hladinách akustického tlaku**

Rychlost referenční/změřená průměrná [km/h]		Směr 1 $L_{cpx\ 50,80}$ [dB]	Směr 2 $L_{cpx\ 50,80}$ [dB]
50	49,74	88,9	88,9
80	79,21	97,2	97,4

## 8. Závislost hladiny akustického tlaku na hmotnosti vozidla a typu pneumatik

Testované elektromobily byly zpravidla výrazně těžší než testované automobily se zážehovým a vznětovým motorem. Nejvyšší rozdíl v provozní hmotnosti vozidel byl 1 185 kg mezi elektromobilem BMW iX 40 a benzínovým automobilem Škoda Octavia. Nejnižší hmotnostní rozdíl mezi elektromobily a automobily se spalovacím motorem byl 343 kg (Hyundai Kona a Škoda Karoq). Elektrická vozidla měla také zpravidla širší a větší pneumatiky. Výjimkou byl Hyundai Kona, který měl srovnatelné rozměry pneumatik s vozidly se spalovacími motory. Nejméně hlučné pneumatiky podle údajů prodejců měly elektromobily BMW iX 40, Hyundai Kona a Mercedes EQA 250. Udávaná hlučnost pneumatik se pohybovala v rozmezí od 68 dB do 71 dB.

Jako nejméně hlučný elektromobil vycházel Hyundai Kona, který byl nejlehčí z testovaných elektromobilů a jezdil na nejmenších pneumatikách. U vozidla Tesla, které má obdobnou provozní hmotnost a velikost pneumatik, jako vůz Škoda Enyaq, byly naměřeny jedny z nejnižších hodnot hladin akustického tlaku. Závislost emitovaného akustického tlaku na hmotnosti vozu a typu pneumatik se zvyšuje s vyšší rychlostí vozidla, což je v některých případech patrné při porovnání hodnocených ukazatelů mezi jednotlivými vozidly v rámci stejných rychlostí. Rozdíly v provozní hmotnosti a typech pneumatik nebyly mezi hodnocenými elektromobily a mezi vozidly se spalovacími motory natolik veliké, zvláště ve vyšších rychlostech, aby se jejich vliv na naměřené hodnoty akustického tlaku výrazněji projevil.

## 9. Závislost hladiny akustického tlaku na rychlosti, porovnání elektromobilů a vozů se spalovacími motory

### 9.1. Obecná zjištění

V rámci vyhodnocení závislosti hladiny akustického tlaku na rychlosti testovaných vozidel lze obecně konstatovat, že až na několik výjimek, se hladina akustického tlaku zvyšuje s vyšší rychlostí vozidel u třech řešených ukazatelů ( $L_{Aeq,T}$ ,  $L_{AE}$  a  $L_{Amax}$ ). Největší rozdíly mezi naměřenými hodnotami jsou patrné při zvyšování rychlosti od 10 km/h do 50 km/h.

#### Tesla, MODEL S

Naměřené hodnoty ukazatelů  $L_{Aeq,T}$ ,  $L_{AE}$  a  $L_{Amax}$  rostou se zvýšením rychlosti vozidla. Při každém zvýšení rychlosti o 10 km/h se naměřené hodnoty ukazatelů  $L_{Aeq,T}$ ,  $L_{AE}$  a  $L_{Amax}$  zvyšují v průměru nejvíce při změnách rychlosti od 10 km/h do 30 km/h, kde dochází k navýšení cca až o 6 dB a následně od 30 km/h do 50 km/h o cca 3 až 4 dB.

#### BMW iX 40

Naměřené hodnoty ukazatelů  $L_{Aeq,T}$ ,  $L_{AE}$  a  $L_{Amax}$  rostou se zvýšením rychlosti vozidla. Při každém zvýšení rychlosti o 10 km/h se naměřené hodnoty ukazatelů  $L_{Aeq,T}$ ,  $L_{AE}$  a  $L_{Amax}$  zvyšují v průměru o cca 2,5 dB. Nejvyšší rozdíly v naměřených hodnotách jsou patrné při změnách rychlosti od 10 km/h do 70 km/h. Nicméně naměřené hodnoty ukazatelů  $L_{Aeq,T}$  vykazují v některých případech mezi rychlostmi 60–70 km/h i mírné snížení (stagnaci) hodnot při zvýšení rychlosti vozidla, způsobené zvoleným režimem jízdy.

#### Hyundai KONA

Naměřené hodnoty ukazatelů  $L_{Aeq,T}$ ,  $L_{AE}$  a  $L_{Amax}$  rostou se zvýšením rychlosti vozidla. Při každém zvýšení rychlosti o 10 km/h se naměřené hodnoty zvyšují v průměru o cca 3 dB. Nejvyšší rozdíly v naměřených hodnotách jsou patrné při změnách rychlosti od 10 km/h do 60 km/h.

#### Škoda ENYAQ

Naměřené hodnoty ukazatelů  $L_{Aeq,T}$ ,  $L_{AE}$  a  $L_{Amax}$  rostou se zvýšením rychlosti vozidla. U tohoto typu vozidla však v nízkých rychlostech byly hodnoty rozdílné od ostatních testovaných elektromobilů. Při každém zvýšení rychlosti o 10 km/h od 30 do 60 km/hod se naměřené hodnoty ukazatelů  $L_{Aeq,T}$ ,  $L_{AE}$  a  $L_{Amax}$  zvyšovaly v průměru o cca 2–3 dB. Nejvyšší rozdíly v naměřených hodnotách jsou patrné v intervalu rychlostí od 10 km/h do 30 km/h, kde je u všech sledovaných ukazatelů pozorován jak pokles hodnot v průměru až o cca – 6 dB, tak i jejich zpětný nárůst. To je způsobeno uměle generovaným bezpečnostním zvukovým signálem, který byl pro tento typ testovaného elektromobilu charakteristický v rozsahu rychlostí 0–25 km/h. Zjištěné rozdílné hodnoty jsou pro různé rychlosti dané hladinovým i frekvenčním přeladováním generovaného zvukového signálu v závislosti na rychlosti vozidla.

#### Mercedes EQA 250

Naměřené hodnoty ukazatelů  $L_{Aeq,T}$ ,  $L_{AE}$  a  $L_{Amax}$  rostou se zvýšením rychlosti vozidla. Při každém zvýšení rychlosti o 10 km/h se naměřené hodnoty ukazatelů  $L_{Aeq,T}$ ,  $L_{AE}$  a  $L_{Amax}$  zvyšují v průměru o cca 3–4 dB. Nejvyšší rozdíly v naměřených hodnotách jsou patrné při změnách rychlosti od 10 km/h do 60 km/h. Nicméně naměřené hodnoty ukazatelů  $L_{Aeq,T}$  vykazují v rozmezí rychlostí 80–90 km/h v některých deskriptorech i mírné snížení, resp. stagnaci hodnot při zvýšení rychlosti vozidla. Bylo to způsobené zvoleným režimem jízdy. .

### Škoda YETI

Ze získaných dat lze konstatovat, že naměřené hodnoty ukazatelů  $L_{Aeq,T}$ ,  $L_{AE}$ ,  $L_{Amax}$  rostou se zvýšením rychlosti vozidla. Při každém zvýšení rychlosti o 10 km/h se naměřené hodnoty ukazatelů zvyšují v průměru o cca 2,5–3,0 dB. Nejvyšší rozdíly v naměřených hodnotách jsou patrné při změně rychlosti z 20 km/h na 30 km/h.

### Škoda OCTAVIA

Ze získaných dat lze konstatovat, že naměřené hodnoty ukazatele  $L_{Aeq,T}$ ,  $L_{AE}$ ,  $L_{Amax}$  rostou se zvýšením rychlosti vozidla. Při každém zvýšení rychlosti o 10 km/h se naměřené hodnoty ukazatelů zvyšují v průměru o cca 2,5–3,0 dB. Nejvyšší rozdíly v naměřených hodnotách ukazatelů  $L_{Aeq,T}$ ,  $L_{AE}$  a  $L_{Amax}$  jsou patrné při změně rychlosti z 20 km/h na 30 km/h, kde záleží v jakém rychlostním stupni vozidlo projíždí měřený úsek. Naměřené hodnoty ukazatelů  $L_{Aeq,T}$ , vykazovaly v rychlostním intervalu 60–70 km/h snížení, resp. stagnaci hodnot při zvýšení rychlosti vozidla. Bylo to způsobené zvoleným režimem jízdy.

### Škoda KAROQ + vlek

Ze získaných dat lze konstatovat, že naměřené hodnoty ukazatele  $L_{Aeq,T}$ ,  $L_{AE}$ ,  $L_{Amax}$  rostou se zvýšením rychlosti vozidla. Při každém zvýšení rychlosti o 10 km/h se naměřené hodnoty ukazatelů zvyšují v průměru o cca 3–4 dB. Nejvyšší nárůsty v naměřených hodnotách všech ukazatelů jsou patrné při změně rychlosti z 40 km/h na 50 km/h. Naměřené hodnoty ukazatelů vykazovaly v rychlostním intervalu 50–70 km/h snížení, resp. stagnaci hodnot při zvýšení rychlosti vozidla. Bylo to způsobené zvoleným režimem jízdy.

## 9.2. Porovnání elektromobilů a vozidel se spalovacími motory pro jednotlivé rychlosti

V rámci vyhodnocení rozdílů v naměřených akustických parametrech bylo dále přistoupeno k porovnání elektromobilů s vozidly se spalovacími motory. Rozdělení vozů do jednotlivých skupin je uvedeno v Tab. 3.

Tab. 3: Rozdělení vozidel do skupin podle pohonu motoru

Elektromobily	Vozy se spalovacími motory
Tesla MODEL S	Škoda Yeti
BMW iX 40	Škoda Octavia
Hyundai Kona	Škoda Karoq vč. měřicího vleku
Škoda Enyaq	
Mercedes EQA 250	

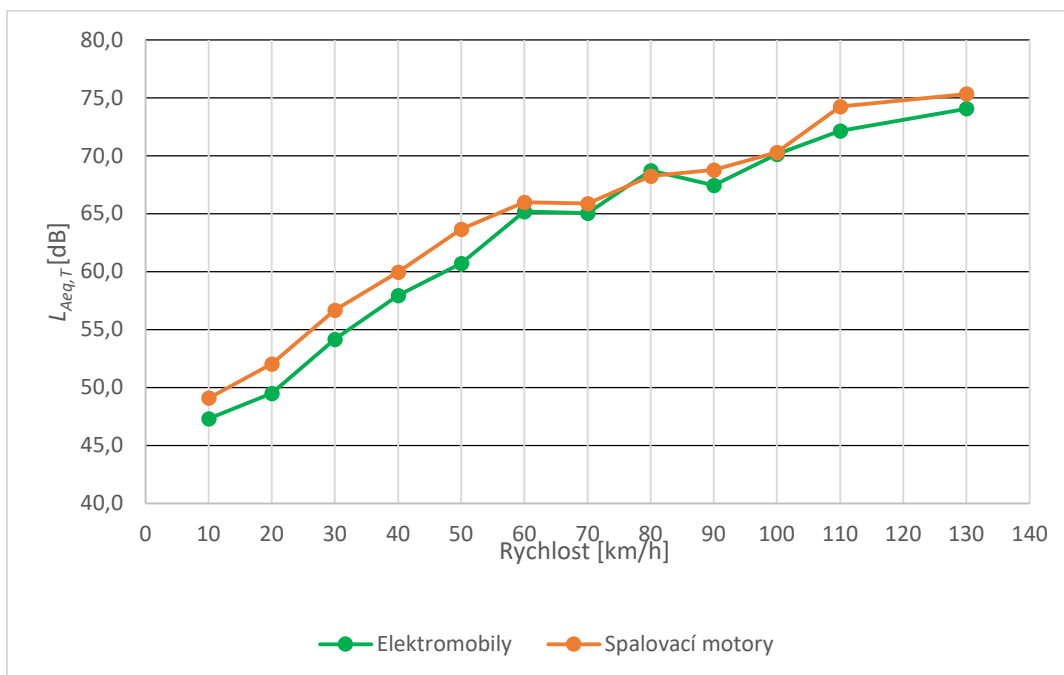
V následujících tabulkách jsou uvedeny hodnoty naměřených veličin pro elektromobily a pro spalovací motory pro jednotlivé měřené rychlosti. Jedná se vždy o energetický průměr naměřených hodnot pro skupinu vozidel pro každou rychlost.



**Tab. 4: Průměrné hodnoty  $L_{Aeq,T}$  pro elektromobily a vozy se spalovacími motory**

Rychlost [km/h]	Elektromobily	Spalovací motory
10	47,3	49,1
20	49,5	52,0
30	54,2	56,7
40	57,9	60,0
50	60,7	63,7
60	65,2	66,0
70	65,0	65,9
80	68,7	68,3
90	67,5	68,8
100	70,1	70,3
110	72,2	74,3
130	74,1	75,4

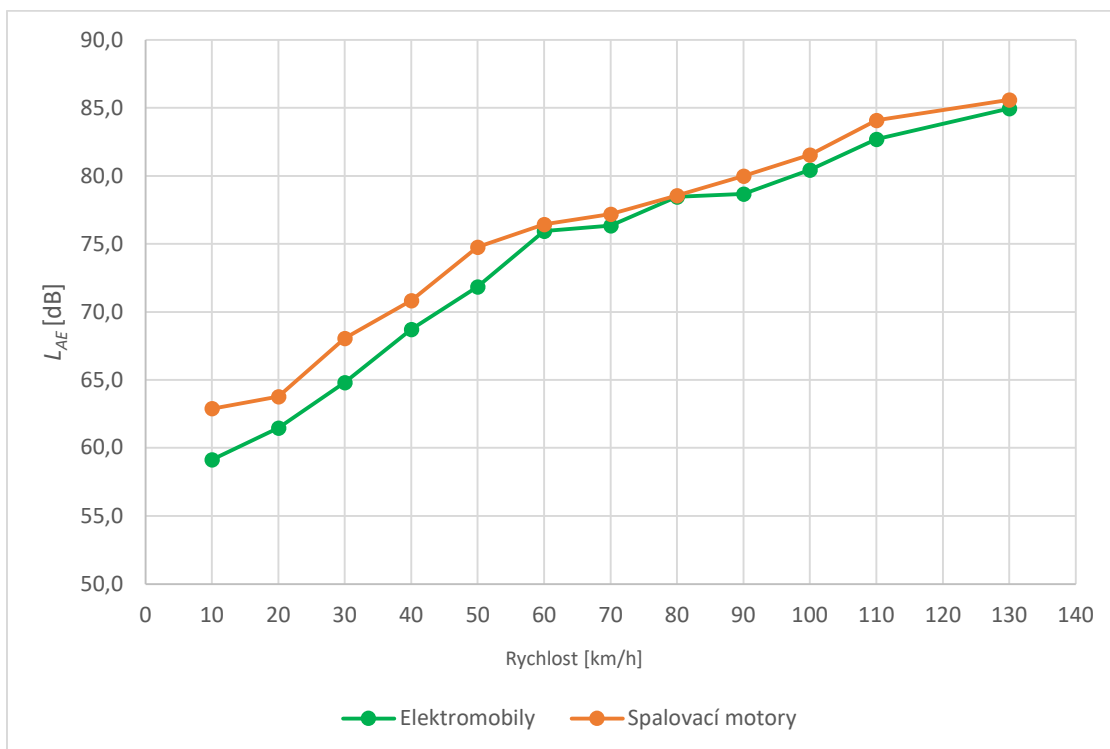
**Graf 37: Závislost veličiny  $L_{Aeq,T}$  na rychlosti**



**Tab. 5: Průměrné hodnoty  $L_{AE}$  pro elektromobily a vozy se spalovacími motory**

Rychlost [km/h]	Elektromobily	Spalovací motory
10	59,1	62,9
20	61,5	63,8
30	64,8	68,1
40	68,7	70,8
50	71,9	74,8
60	75,9	76,5
70	76,3	77,2
80	78,5	78,6
90	78,7	80,0
100	80,4	81,6
110	82,7	84,1
130	85,0	85,6

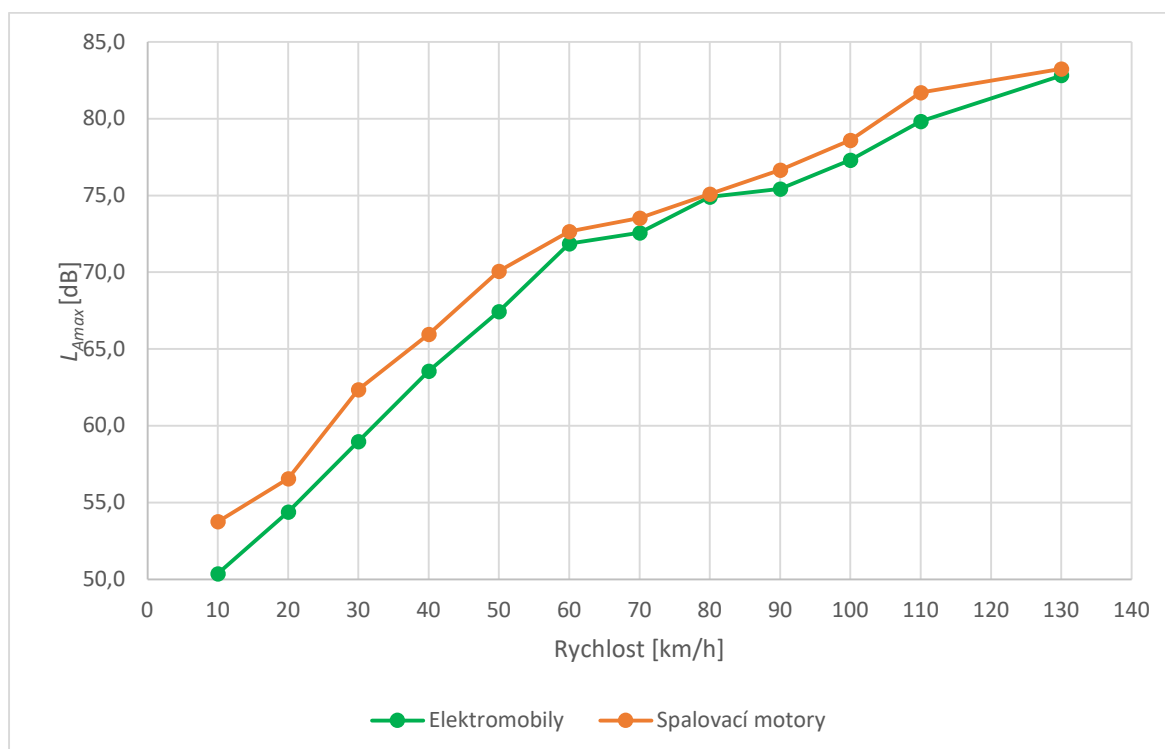
**Graf 38: Závislost veličiny  $L_{AE}$  na rychlosti**



**Tab. 6: Průměrné hodnoty  $L_{A,max}$  pro elektromobily a vozy se spalovacími motory**

Rychlost [km/h]	Elektromobily	Spalovací motory
10	50,4	53,8
20	54,4	56,6
30	59,0	62,4
40	63,6	66,0
50	67,4	70,1
60	71,9	72,7
70	72,6	73,5
80	74,9	75,1
90	75,4	76,7
100	77,3	78,6
110	79,8	81,7
130	82,8	83,3

**Graf 39: Závislost veličiny  $L_{A,max}$  na rychlosti**

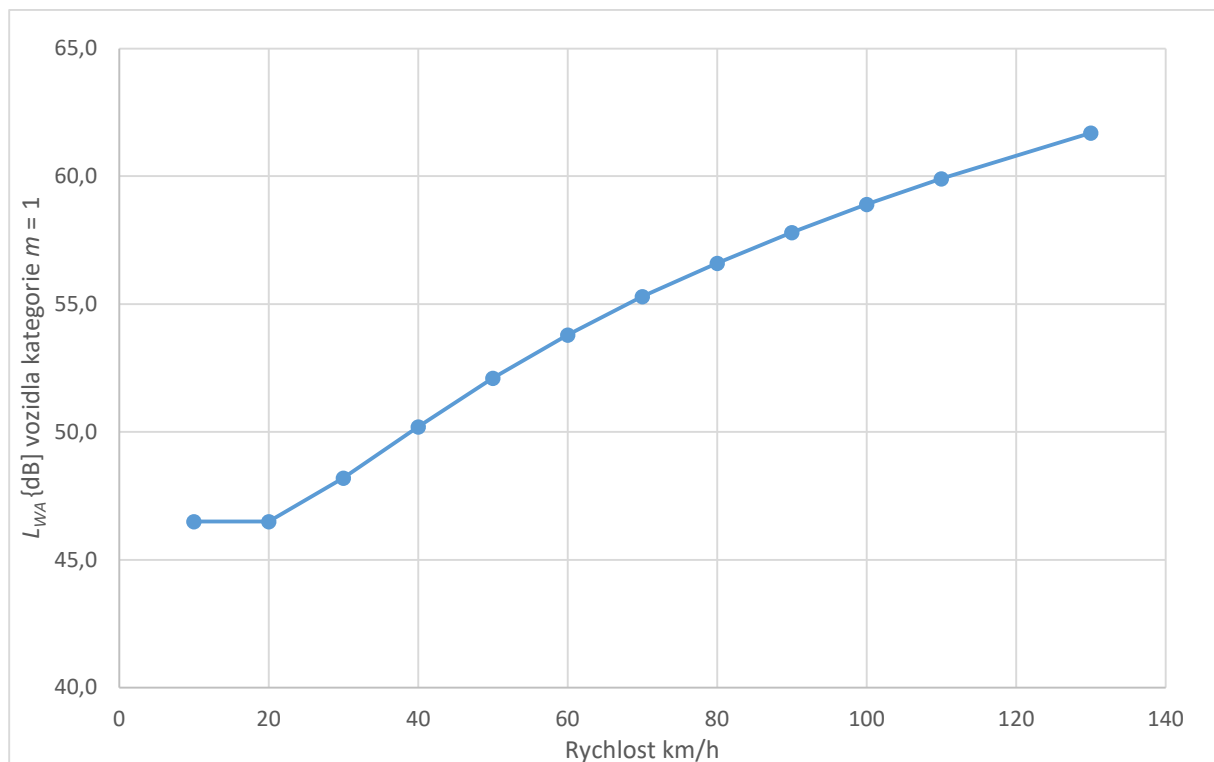


## 10. Emisní koeficienty hluku elektromobilů v závislosti na rychlosti

Na základě statistického vzorku dat získaného měřením vnější hlučnosti průjezdů elektromobilů standardní tlakovou metodou byly stanoveny emisní koeficienty elektromobilů v závislosti na rychlosti jízdy vozidel.

V následujícím grafu je uvedena závislost hladiny akustického výkonu  $L_{WA}$  jednoho vozidla kategorie  $m = 1$  na rychlosti generovaná při užití metodiky CNOSSOS-EU ve výpočtových softwearech (např. CadnaA [10]) při intenzitě 1 vozidlo/h na referenčním povrchu metodiky CNOSSOS-EU.

**Graf 40: Závislost  $L_{WA}$  vozidla kategorie  $m = 1$  v metodice CNOSSOS-EU na rychlosti (referenční povrch)**



*Poznámka: Pro rychlosti nižší než 20 km/h uvažuje metodika CNOSSOS-EU stejnou hodnotu jako pro rychlost 20 km/h (podklad [9]).*

Převodní koeficienty pro kategorii elektromobilů, které mohou případně obsadit zatím volnou kategorii  $m = 5$  v metodice CNOSSOS-EU, byly stanoveny na základě provedených měření porovnáním statistického vzorku dat zjištěného měřením sledovaných deskriptorů v jednotlivých rychlostech při průjezdu elektromobilů a vozů se spalovacími motory a následným přepočtem pomocí níže uvedeného obecného vzorce zpět na hladinu akustického výkonu  $L_{WA}$ .

$$L_W = L_p - 10 * \log \left( \frac{Q}{4 * \pi * r^2} \right),$$

kde  $L_W$  označuje hladinu akustického výkonu,  $L_p$  hladinu akustického tlaku,  $Q$  činitel směrovosti (ve výpočtu uvažována hodnota 2) a  $r$  vzdálenost od zdroje (7,5 m na základě měření).

Při konečném stanovení koeficientů byly dále zohledněny výsledky akustickou kamerou i porovnání s výsledky měřených vozů se spalovacími motory.



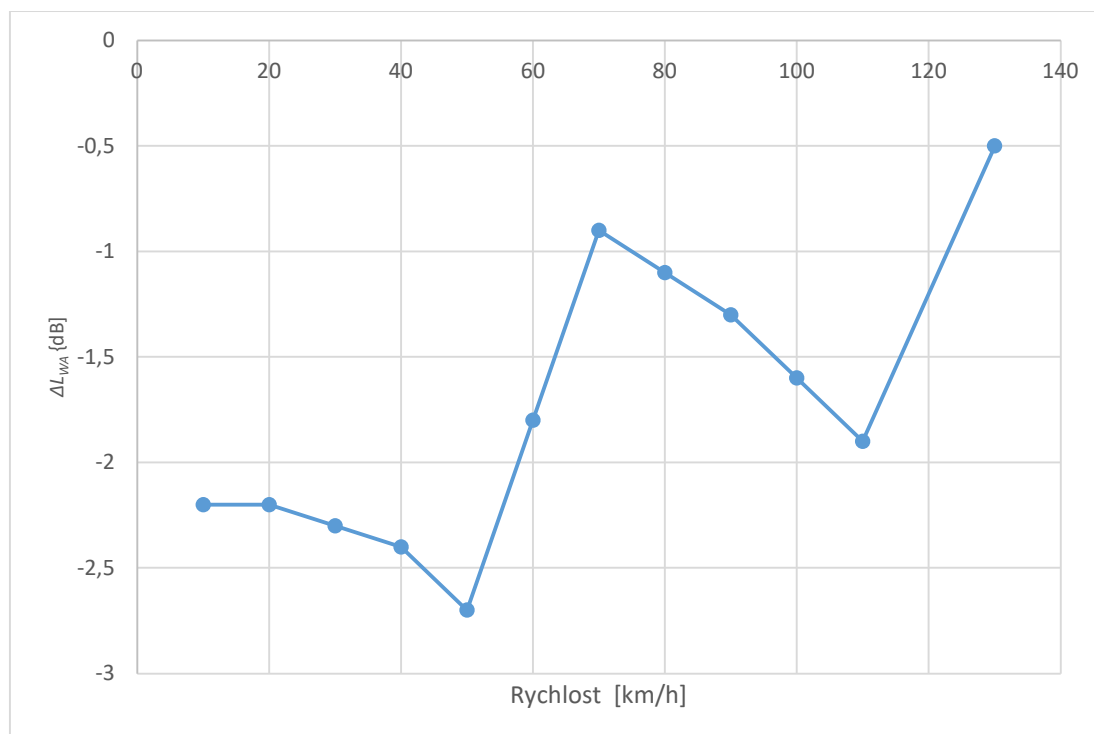
Stanovené koeficienty  $\Delta L_{WA}$  jsou uvedeny v následující tabulce a následujícím grafu.

Tab. 7: Emisní koeficienty hluku elektromobilů  $\Delta L_{WA}$  v závislosti na rychlosti

Rychlost [km/h]	Emisní koeficienty hluku elektromobilů $\Delta L_{WA}$ [dB]
10	-2,2
20	-2,2
30	-2,3
40	-2,4
50	-2,7
60	-1,8
70	-0,9
80	-1,1
90	-1,3
100	-1,6
110	-1,9
130	-0,5

Poznámka: Pro rychlosti nižší než 20 km/h uvažuje metodika CNOSSOS-EU stejnou hodnotu jako pro rychlost 20 km/h (podklad [9]).

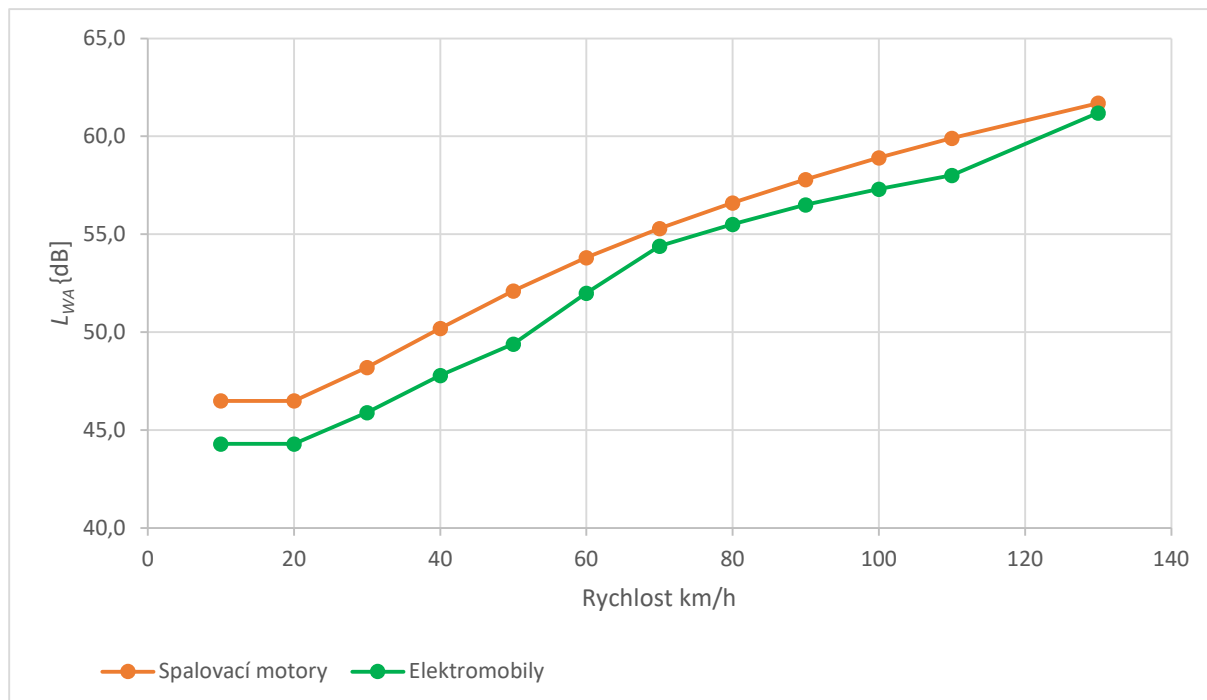
Graf 41: Závislost emisních koeficientů hluku  $\Delta L_{WA}$  elektromobilů na rychlosti pro metodiku CNOSSOS



Poznámka: Pro rychlosti nižší než 20 km/h uvažuje metodika CNOSSOS-EU stejnou hodnotu jako pro rychlost 20 km/h (podklad [9]).

V následujícím grafu je prezentováno porovnání hladiny akustického výkonu  $L_{WA}$  jednoho vozidla kategorie  $m = 1$  v metodice CNOSSOS-EU při uvažování referenčního povrchu s  $L_{WA}$  vozidla zvláštní (páté) kategorie stanoveným na základě výše uvedených koeficientů.

**Graf 42: Porovnání  $L_{WA}$  jednoho vozidla kategorie  $m = 1$  a vozidla zvláštní (páté) kategorie stanoveného na základě měření při uvažování referenčního povrchu dle metodiky CNOSSOS-EU**



*Poznámka: Pro rychlosti nižší než 20 km/h uvažuje metodika CNOSSOS-EU stejnou hodnotu jako pro rychlost 20 km/h (podklad [9]).*

Ze zjištěných trendů vyplývá, že rozdíl v  $L_{WA}$  jednoho vozidla kategorie  $m = 1$  a vozidla zvláštní (páté) kategorie je nejnižší při rychlostech 60–110 km/h. Ke sblížení hodnot pak dochází pro rychlost 130 km/h.

## 11. Závěr

Předmětem projektu bylo získání relevantních dat měřením vnější hlučnosti různých typů elektromobilů, následně byla ve statistickém vzorku dat stanovena závislost této hlučnosti na rychlosti pro možnou implementaci do postupů pro výpočet hluku z provozu silniční dopravy. Bylo provedeno i stanovení a nastavení emisních faktorů osobních elektrovozidel pro implementaci této kategorie do výpočtových metodik hluku z provozu silniční dopravy, především do metodiky CNOSSOS-EU [8], jako zvláštní (pátou) kategorii vozidel, která by mohla být v budoucnu obsazena právě osobními elektromobily.

V rámci realizace projektu bylo provedeno měření vnější hlučnosti pěti různých typů elektromobilů a pro porovnání i tří typů vozů se spalovacími motory (dvěma dieselovými a jedním benzinovým) při různých rychlostech. Měření byla provedena standardní tlakovou metodou a dále u vybraných vozů a rychlostí byla provedena detekce převládajícího zdroje hluku (pohonná jednotka, styk pneumatiky a vozovky) akustickou kamerou.

Součástí měření bylo nad rámec projektu provedeno metodou CPX i zjištění emisních akustických parametrů povrchu, na kterém proběhlo měření.

Z měření vyplynulo, že ve sledovaných ukazatelích vykazovaly nejnižší akustické hodnoty elektromobily Tesla MODEL S a Hyundai KONA. Hyundai KONA měl zároveň nejnižší provozní hmotnost ze všech elektromobilů a nejmenší rozměry pneumatik. Nejvyšších akustických hodnot pak dosahoval elektromobil Škoda Enyaq a vůz se zážehovým motorem Škoda Octavia. U elektromobilu Škoda Enyaq se výrazně, oproti ostatním testovaným vozidlům, projevoval uměle generovaný bezpečnostní zvukový signál, který je pro tento typ testovaného elektromobilu charakteristický v rozsahu rychlostí 0–25 km/h. Rozdílné vyšší hodnoty hladin akustického tlaku jsou u tohoto typu vozidla pro různé rychlosti dané hladinovým i frekvenčním přeladováním generovaného zvukového signálu v závislosti na jeho rychlosti.

Z měření akustickou kamerou, které sloužilo pro lokalizaci dominantních příspěvků hluku, bylo zjištěno, že při rychlosti 10 a 20 km/h se projevuje dominantní hluk především od pohonu kol oproti hluku z odvalování pneumatik. U elektromobilů se vliv hluku z odvalování pneumatik po povrchu začíná projevovat jednoznačně od 30 km/h. U moderních osobních vozidel se spalovacími motory tato měření potvrdila, že se hluk vznikající při odvalování pneumatik po povrchu začíná projevovat při rychlostech mezi 30–35 km/h a u vozidel s dieselovými motory se začíná projevovat mezi 35–40 km/h.

Na základě výstupů z měření byla ze statistického vzorku dat stanovena pro elektromobily závislost vnější hlučnosti elektromobilů na rychlosti pro možnou implementaci do výpočtových postupů pro výpočet hluku ze silniční dopravy. Dále bylo provedeno porovnání vnější hlučnosti elektromobilů a vozů se spalovacími motory a následně byly stanoveny emisní faktory, resp. korekce osobních elektromobilů pro možnou implementaci této kategorie vozidel do výpočtových metodik hluku ze silniční dopravy.

Emisní koeficienty hluku elektromobilů v závislosti na rychlosti jsou uvedeny v kapitole 10.

Zpráva byla vytvořena na základě zpracovaných výsledků z provedených měření a následných vyhodnocení.

## 12. Literatura a použité podklady

- [1] Státní mapové dílo 1:5 000. ČÚZK, 2023.
- [2] Elektronické mapové podklady: <http://www.mapy.cz>.
- [3] Ládyš, L. a kol: Výpočet hluku z automobilové dopravy, aktualizace metodiky. Manuál 2018, verze 2020.
- [4] ČSN EN ISO 11819-2: Akustika – Měření vlivu povrchů vozovek na dopravní hluk – Část 2: Metoda malé vzdálenosti. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- [5] ČSN ISO 362-1. Měření hluku vyzařovaného jedoucimi silničními vozidly – Technická metoda – Část 1: Kategorie M a N. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Květen 2010. 64 s.
- [6] ČSN ISO 362-2. Měření hluku vyzařovaného jedoucimi silničními vozidly – Technická metoda – Část 2: Kategorie L. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Květen 2010. 44 s.
- [7] Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK OSN) č. 9 – Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel kategorie L2, L4 a L5 z hlediska jejich emisí hluku. 10/2017.
- [8] KEPHALOPOULOS, S. a M. PAVIOTTI. Common noise assessment methods for Europe (CNOSSOS-EU): Implementation challenges in the context of EU noise policy developments and future perspectives. In: Proceedings of the 23rd International Congress on Sound and Vibration (ICSV23). Athens: International Institute of Acoustics and Vibration, 2016. ISBN 978-960-99226-3-0.
- [9] Směrnice Komise (EU) 2015/996 o stanovení společných metod hodnocení hluku podle směrnice Evropského parlamentu a Rady (2002/49/ES). 5/2015.
- [10] CadnaA, verze 2023 MR 1 (sestavení: 197.5343). Greifenberg (Germany): DataKustik GmbH, 2023.
- [11] Zpráva z měření. Akce: Akustická studie – Elektromobilita. EKOLA group, spol. s r.o., 5/2023.
- [12] Fotodokumentace EKOLA group, spol. s r.o.
- [13] *ISO/TS 13471-1:2017. Acoustics – Temperature influence on tyre/road noise measurement – Part 1: Correction for temperature when testing with the CPX method.* Geneva: International Organization for Standardization, 2017.