

# METODICKÝ POSTUP KRITERIÁLNÍHO HODNOCENÍ EMISNÍ HLUČNOSTI MOSTNÍCH ZÁVĚRŮ PO ZABUDOVÁNÍ

Zpracovatel:

**EKOLA group, spol. s r.o. (dále EKOLA)**

Ing. Libor Ládyš, Ing. Martin Ládyš, Ing. Martin Bartůšek, Ing. Ondřej Simon, Ing. Ondřej Červenka, Ing. Tomáš Lindner a kol.

a

**Fakulta stavební ČVUT v Praze**

prof. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D., Ing. Kirill Golubiatnikov a kol.

Dedikace:

Metodický postup je zpracován v rámci výzkumných aktivit projektu CK02000304 „Kriteriální metoda hodnocení hlučnosti mostních závěrů po zabudování“, který byl spolufinancován Technologickou Agenturou ČR v rámci programu DOPRAVA 2020+.

## Obsah

<b>1. VŠEOBECNÁ A ÚVODNÍ USTANOVENÍ .....</b>	<b>4</b>
1.1. CÍL METODICKÉHO POSTUPU.....	4
1.2. ZKRATKY A ZNAČKY .....	4
1.3. UPLATNĚNÍ METODICKÉHO POSTUPU .....	4
1.4. NOVOST POSTUPŮ.....	4
1.5. EKONOMICKÉ ASPEKTY .....	4
<b>2. METODIKA HODNOCENÍ EMISNÍ HLUČNOSTI ZÁVĚRŮ.....</b>	<b>5</b>
2.1. DEFINICE TYPŮ MOSTNÍCH ZÁVĚRŮ .....	5
2.1.1. <i>Volná dilatační spára – druh 1</i> .....	5
2.1.2. <i>Podpovrchový mostní závěr – druh 2</i> .....	5
2.1.3. <i>Elastický mostní závěr – druh 3</i> .....	6
2.1.4. <i>Mostní závěr s jednoduchým těsněním spáry – druh 4</i> .....	6
2.1.5. <i>Kobercový mostní závěr – druh 5</i> .....	7
2.1.6. <i>Hřebenový mostní závěr – druh 6</i> .....	7
2.1.7. <i>Podporovaný mostní závěr – druh 7</i> .....	8
2.1.8. <i>Lamelový mostní závěr – druh 8</i> .....	8
2.2. METODIKA PRO HODNOCENÍ MOSTNÍCH ZÁVĚRŮ .....	9
<b>3. POSUZOVÁNÍ EMISNÍ HLUČNOSTI MOSTNÍCH ZÁVĚRŮ .....</b>	<b>14</b>
3.1. ZÁKLADNÍ OKRAJOVÉ PODMÍNKY PRO ANALÝZU HLUČNOSTI MZ.....	14
3.1.1. <i>Podmínky pro měření – dynamické metody (kombinace laser + CPX)</i> .....	14
3.1.2. <i>Podmínky pro měření hluku stacionární metodou</i> .....	15
3.2. VLIV VOZOVKOVÝCH VRSTEV NA HLUČNOST MZ, ZOHLEDNĚNÍ ČI ELIMINACE JEJICH VLIVU .....	16
3.3. POŽADAVKY NA SUBJEKT PROVÁDĚJÍCÍ DIAGNOSTIKU .....	16
3.4. ZKOUMANÉ A VYHODNOCOVANÉ PARAMETRY .....	17
3.4.1. <i>Dynamické měření hlučnosti mostních závěrů metodou CPX</i> .....	17
3.4.2. <i>Dynamické měření geometrie povrchu pomocí laseru</i> .....	18
3.4.3. <i>Stacionární měření hlučnosti</i> .....	18
3.4.3.1 <i>Měření vlivu povrchů vozovek na dopravní hluk - Statistická metoda při průjezdu (SPB)</i> .....	19
3.5. TECHNICKÉ VYBAVENÍ POTŘEBNÉ K PROVEDENÍ ANALÝZY .....	19
3.5.1. <i>Dynamické zkoušky (Laser, CPX)</i> .....	19
3.5.2. <i>Stacionární měření hlučnosti mostních závěrů</i> .....	22
3.6. POSTUP + ETAPIZACE (PROCESNÍ DIAGRAM) .....	22
3.6.1. <i>Fáze 0 – vstupní</i> .....	22
3.6.2. <i>Fáze 1 - Dynamická měření</i> .....	26
3.6.3. <i>Fáze 2 – Technický průzkum</i> .....	27
3.6.4. <i>Fáze 3 – podrobný screening (diagnostický průzkum)</i> .....	27
3.6.5. <i>Fáze 4 - Komplexní screening</i> .....	28
3.7. HODNOTÍCÍ KRITÉRIA.....	29
3.7.1. <i>Vizuální průzkum dle TP86</i> .....	29
3.7.2. <i>Měření rovinatosti dle TP86</i> .....	29
3.7.3. <i>Měření geometrie dynamickou metodou pomocí laseru</i> .....	29
3.7.4. <i>Měření hlučnosti mostního závěru dynamickou metodou CPX</i> .....	29
3.7.5. <i>Měření hlučnosti mostního závěru – stacionární akustická měření</i> .....	31
3.7.6. <i>Akustická diagnostika mostního závěru systémem akustické kamery</i> .....	33
3.7.7. <i>Měření geometrie mostního závěru planografem</i> .....	33
3.7.8. <i>Dynamické měření mechanických vlastností MZ (zrychlení, napětí)</i> .....	33
3.8. INTERPRETACE A SDÍLENÍ VÝSLEDKŮ DIAGNOSTIKY EMISNÍ HLUČNOSTI MZ .....	34
<b>4. DETEKCE FUNKČNÍCH CHARAKTERISTIK MOSTNÍCH ZÁVĚRŮ.....</b>	<b>37</b>
4.1. POKYNY K PROHLÍDKÁM ZÁVĚRŮ .....	37
4.2. SESTAVENÍ A APLIKACE MĚŘÍCÍ LINKY PRO EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ MZ .....	41

4.3.	SESTAVENÍ A APLIKACE NUMERICKÉHO MODELU PRO POSOUZENÍ MZ .....	44
<b>5.</b>	<b>ZÁSADY PRO PROVÁDĚNÍ VOZOVKY NA MOSTĚ NAVAZUJÍCÍ NA MOSTNÍ ZÁVĚR .....</b>	<b>48</b>
5.1.	ZJIŠŤOVÁNÍ STAVU VOZOVKOVÝCH VRSTEV A RANÁ DETEKCE PORUCH.....	50
<b>6.</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>51</b>
<b>7.</b>	<b>SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE .....</b>	<b>52</b>

# 1. Všeobecná a úvodní ustanovení

## 1.1. Cíl metodického postupu

Cílem tohoto dokumentu je poskytnout informace o návrhové metodice hodnocení mostních závěrů po zabudování s ohledem na jejich emisní hlučnost a celkový technický stav. Metodika rovněž dává doporučení pro provozní měření stavu mostních závěrů, potřebné technické vybavení a způsob sběru, zpracování a vyhodnocení naměřených dat. Cílem postupu je stanovit jednotnou metodiku pro porovnání hlučnosti a stavu mostních závěrů v silniční síti, a to jak v čase (sledování dlouhodobých trendů zvyšování emisní hlučnosti a degradace), tak v porovnání různých stavů (před/po renovaci, před/po čištění) a různých typů mostních závěrů mezi sebou.

Tento metodický postup je určen projektantům, investorům, zhotovitelům pozemních komunikací, stejně jako zaměstnancům státní správy přicházejících do styku s problematikou mostních závěrů na pozemních komunikacích.

## 1.2. Zkratky a značky

HMP	- hlavní mostní prohlídka
MD	- ministerstvo dopravy
MP	- metodický postup (tento dokument)
NK	- nosná konstrukce;
TP	- resortní technické podmínky Ministerstva dopravy
TKP PK	- technickokvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací
CPX	- metoda malé vzdálenosti (Close Proximity Method)
MZ	- mostní závěr

## 1.3. Uplatnění metodického postupu

Tento metodický postup se použije při diagnostice technického stavu mostních závěrů, zejména (nikoli však výlučně) s ohledem na jejich emisní hlučnost, při měření jejich technických a provozních parametrů a vzájemném porovnání.

## 1.4. Novost postupů

Postupy předkládané v uvedeném metodickém postupu jsou v takto komplexním rozsahu nové a zatím nebyly využívány pro hodnocení mostních závěrů. Před jeho vydáním neexistoval jednotný postup k objektivnímu a systematickému hodnocení emisní hlučnosti mostních závěrů po zabudování, s možností sledování časových trendů vývoje a vzájemného porovnání MZ různého typu a různých stavů. Zejména kombinace parametrů hluku a mechanických vlastností je v aplikaci vysoce inovativní.

## 1.5. Ekonomické aspekty

Přesné aspekty lze před plnohodnotným uvedením předkládaného MP do praxe obtížně stanovit, lze je pouze odborně odhadnout. Pokud uvážíme, že v ČR je celkem 17 506 mostů, které je třeba opravovat a udržovat, pak lze na každý most předpokládat minimálně dva mostní závěry. Současně lze odhadnout, že 50 % mostů je malé délky, integrované či přesypané a vystačí s podpovrchovými závěry či zcela bez závěrů. Při průměrné šířce mostu 15 m je pak

celková délka potenciálně aplikovatelných mostních závěrů 262 590 m. Uvážíme-li životnost závěrů 20 let, pak každý rok je třeba zrekonstruovat 2 % mostů, což odpovídá 13 129 m závěrů. Pokud se včasnou detekcí poruch podaří prodloužit životnost na 25 let, pak bude třeba vyměnit 10 503 m závěrů. Rozdíl je tedy 2 625 m závěrů, při odhadu ceny 50 000 Kč za 1 m závěru jde o úsporu až 130 mil Kč ročně.

Nelze opomenout rovněž ne-ekonomické přínosy předkládaného metodického postupu v podobě systematického sledování a možného včasného zachytu mostních závěrů se zvýšenou emisní hlučností, který povede k redukci hlukové zátěže a jejích negativních dopadů na člověka i životní prostředí.

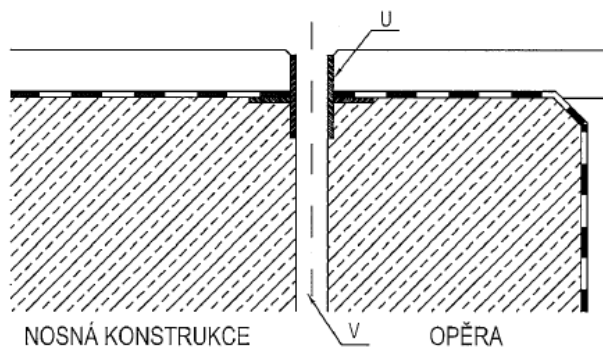
## 2. Metodika hodnocení emisní hlučnosti závěrů

### 2.1. Definice typů mostních závěrů

V této kapitole jsou základním způsobem definovány typy mostních závěrů, a to v souladu s definicí uvedenou v TP86 [3], TP80 [4] a TKP 23 [1] a katalogem mostních závěrů [6].

#### 2.1.1. Volná dilatační spára – druh 1

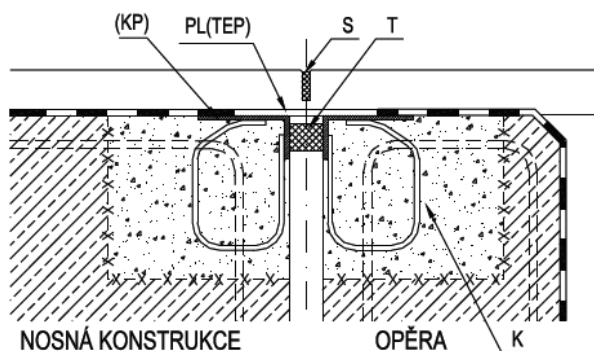
Netěsněný MZ je tvořen volnou dilatační spárou (V). Mostovka a opěra je konstrukčně jednoduše ukončena. Mezi jednotlivými NK nebo NK a opěrou vzniká volná vodopropustná dilatační spára. U silničních mostních konstrukcí jsou konstrukční vrstvy vozovky, chodníku a římsy obvykle ukončeny koncovým kovovým profilem (U). Ten je u betonové mostovky zakotven do mostovky, u kovové mostovky je připojen k mostovce svarovým nebo šroubovým spojem. Netěsněný MZ s volnou dilatační spárou je vhodný pouze pro zatímní a pohyblivé mostní konstrukce, pro technologické lávky a pro lávky pro chodce a cyklisty.



Obrázek 1: Volná dilatační spára [2]

#### 2.1.2. Podpovrchový mostní závěr – druh 2

Těsněný podpovrchový MZ je umístěn pod vozovkovým souvrstvím. Hlavním prvkem je vodorovný kovový plech (PL), překrývající dilatační spáru, který je jednostranně pevně připevněn k jednomu krajovému kovovému profilu (KP). Krajové kovové profily jsou kotveny (K) do mostovky a opěry. Těsnění (T) dilatační spáry je realizováno pod vodorovným kovovým plechem. Nad dilatační spárou je vytvořena spára proříznutím obrusné vrstvy vozovky, která je vyplněna zálivkovou hmotou (S). Těsněný podpovrchový MZ je vhodný pouze pro silniční mosty, technologické lávky a pro lávky pro chodce a cyklisty menších rozpětí s asfaltovým krytem.

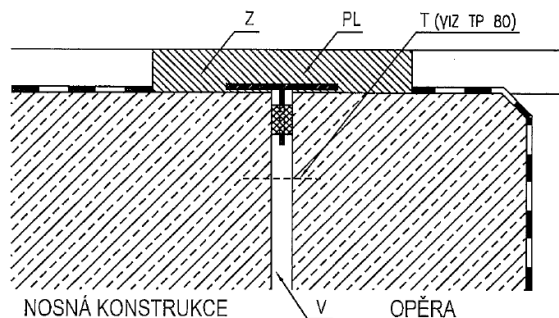


Obrázek 2: Podpovrchový mostní závěr [2]

### 2.1.3. Elastický mostní závěr – druh 3

Těsněný povrchový elastický MZ je umístěn v úrovni vozovkového souvrství. Hlavním prvkem je volně položený vodorovný kovový plech (PL), překrývající dilatační spáru (V) a záливková hmota (Z) zpracovávaná na místě za horka nebo za studena. Těsnění (T) dilatační spáry je realizováno pod vodorovným kovovým plechem.

Těsněný podpovrchový MZ je vhodný pouze pro maximální celkový vypočtený vodorovný posun do 20 mm; na technologických lávkách a na lávkách pro chodce a cyklisty, na mostech na silnicích III. tříd, na polních a lesních cestách, na účelových komunikacích, na místních komunikacích třídy C, D do 30 mm a svislého posunu 3 mm, s asfaltovým krytem.



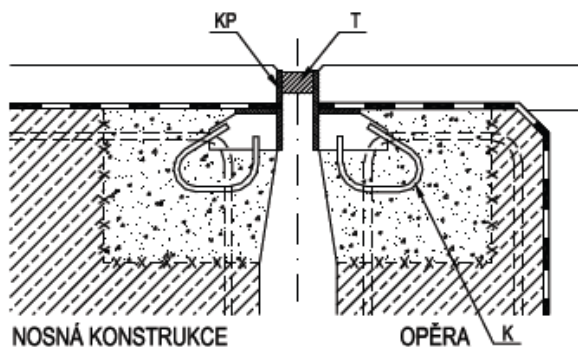
Obrázek 3: Elastický mostní závěr [2]

### 2.1.4. Mostní závěr s jednoduchým těsněním spáry – druh 4

Těsněný povrchový MZ s jednoduchým těsněním spáry je umístěn v úrovni vozovkového souvrství. Hlavním prvkem jsou dva krajové kovové profily (KP) a jeden těsnicí profil (T). Krajové kovové profily jsou připojeny ke krajovým kotevním kovovým profilům, které jsou kotveny (K) do mostovky a opěry. Těsnicí profil je uchycen do drážky krajových kovových profilů.

Těsněný MZ s jednoduchým těsněním spáry je vhodný pro mosty malého a středního rozpětí. Používá se pro všechny druhy silničních mostních konstrukcí včetně technologických lávek a lávek pro chodce a cyklisty. U železničních mostů je vhodný pro mosty s kolejovým ložem a pro mosty s přímým upevněním koleje, kromě varianty bez krajových kotevních kovových profilů a bez kotvení do mostovky a opěry, s kotvením krajových kovových profilů přímo do vozovkového souvrství a varianty bez krajových kovových profilů jeho vložením v částečně

stlačeném stavu do dilatační spáry mezi krajové kotevní kovové profily s kotvením do mostovky a opěry.

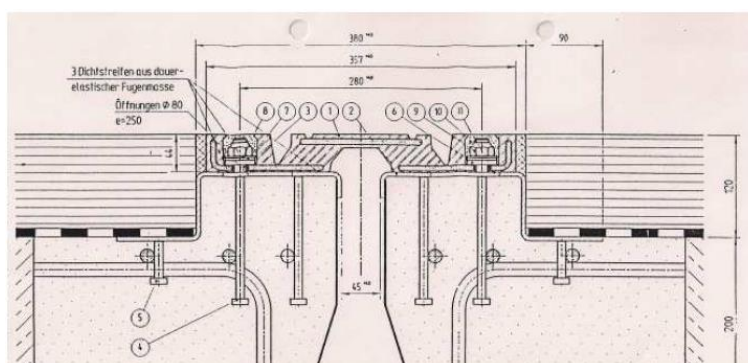


Obrázek 4: MZ s jednoduchým těsněním spáry [2]

### 2.1.5. Kobercový mostní závěr – druh 5

Kobercové MZ se na mostech silniční sítě legislativně řízené a spravované MD prostřednictvím ŘSD ČR neosvědčily, a proto se v současné době neuvádí a dle TP 89/2009 je jeho použití zakázáno. Pro mostní stavby, které nespádají do silniční sítě legislativně řízené a spravované MD, mohou být navrženy a použity. Těsněný povrchový kobercový MZ jednoduchý je umístěn v úrovni vozovkového souvrství. Hlavním prvkem je elastomerový kobercový pás se zavulkanizovanými krajními kovovými profily pro ukotvení do mostovky a opěry se zavulkanizovaným krycím kovovým plechem pro překlenutí dilatační spáry (KO). Těsněný povrchový kobercový MZ s mezilehlými profily se u mostů menších rozpětí neuvádí, protože je určen pro mosty s většími dilatačními pohyby.

Těsněný povrchový kobercový MZ jednoduchý může být vhodný pouze pro mostní konstrukce na silničních komunikacích s lehkým provozem a menší dopravní intenzitou, pro technologické lávky a lávky pro chodce a cyklisty, malého a středního rozpětí a to jen na mostních objektech silniční sítě legislativně neřízené a nespravované MD.

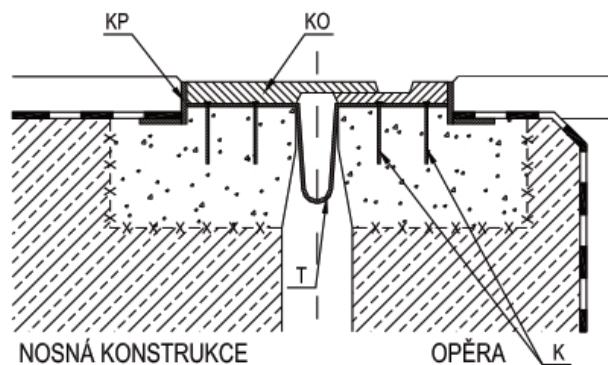


Obrázek 5: Kobercový MZ jednoduchý – Reisner & Wolf [2]

### 2.1.6. Hřebenový mostní závěr – druh 6

Povrchový mostní závěr, který může být proveden jako těsněný nebo netěsněný. Ocelové prsty závěru (P) jsou upevněny do krajového profilu (KP) a ten pak do nosné konstrukce/opěry pomocí kotvení (K). Prsty závěru mohou staticky působit jako nosníky nebo konzoly. Nosníkovým působením se rozumí, že prst je na jedné straně vetknut do krajového profilu a na druhé straně je volný okraj prstu uložen na ploše rovnoběžné s vozovkou, kde volně klouže.

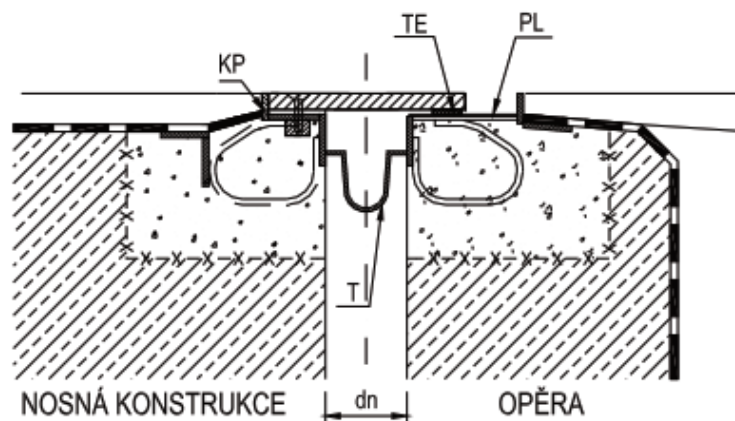
Podepření volného konce prstu je ve výrobcem stanoveném rozsahu i při maximální dilatační spáře nosné konstrukce. Konzolový způsob působení prstu znamená, že je prst dimenzován jako konzola bez podepření volného konce; může však být připuštěn stav, kdy je prst podepřen (při minimální šířce dilatační spáry nosné konstrukce). Těsnění hřebenového závěru se provádí pomocí zvláštní těsnicí membrány či polymerním pásem (T) pod úrovní závěru. Polymerní pás zároveň zajišťuje odvod vody z prostoru závěru.



Obrázek 6: Mostní závěr hřebenový – prsty podepřené [2]

### 2.1.7. Podporovaný mostní závěr – druh 7

Mostní závěr netěsněný. Plech nebo soubor jednotlivých desek se pohybuje po rovinné nebo zakřivené ploše a je kluzně uložen na opěře a pevně přikotvený do nosné konstrukce. Za tento druh mostního závěru lze považovat i mostní závěr, kde dilatační spáru nosné konstrukce překrývá plech připevněný ke krajovému profilu (KP) a je kluzně uložen na druhé straně na plechu (PL), případně na vloženém teflonovém pásku (TE).



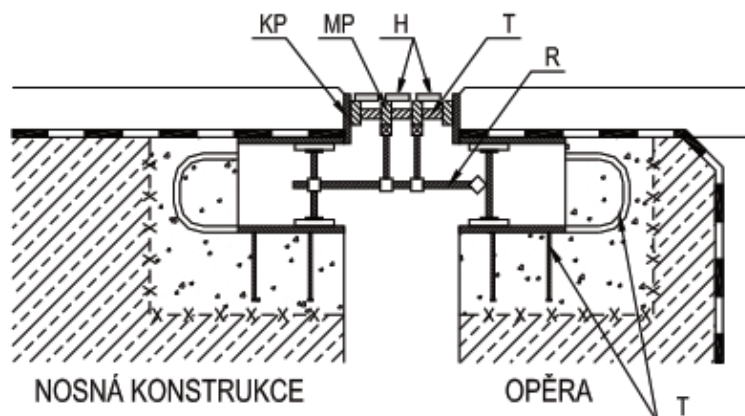
Obrázek 7: Mostní závěr podporovaný s krycím plechem [2]

### 2.1.8. Lamelový mostní závěr – druh 8

Těsněný povrchový mostní závěr skládající se z krajových profilů (KP) kotvených pomocí kotvení (K) do nosné konstrukce/opěry a dále z mezilehlých profilů - lamel (MP), mezi nimiž jsou jednotlivé těsnicí profily (T), které nepřenaší svislé pohyblivé zatížení. Mezilehlé profily mohou být nesený a šířky jednotlivých spár vymezeny roznášecím roštovým nebo nůžkovým mechanismem. Roštový mechanismus se skládá z traverz a řídicího systému (R). Nůžkový mechanismus je schematicky znázorněn na obrázku 8 a může mít pouze vymezovací, nikoliv



nosnou funkci. Pro snížení hluku, který vyvolávají při přejezdu vozidla, může být závěr doplněn zvláštní úpravou (H) na povrchu krajních a mezilehlých profilů.



Obrázek 8: Lamelový mostní závěr s roštovým mechanismem

## 2.2. Metodika pro hodnocení mostních závěrů

V této kapitole je popsána komplexní metodika hodnocení závěrů, a to jak popisem, tak na přehledných vývojových diagramech.

### Fáze 0 – vstupní měření - 1. HMP

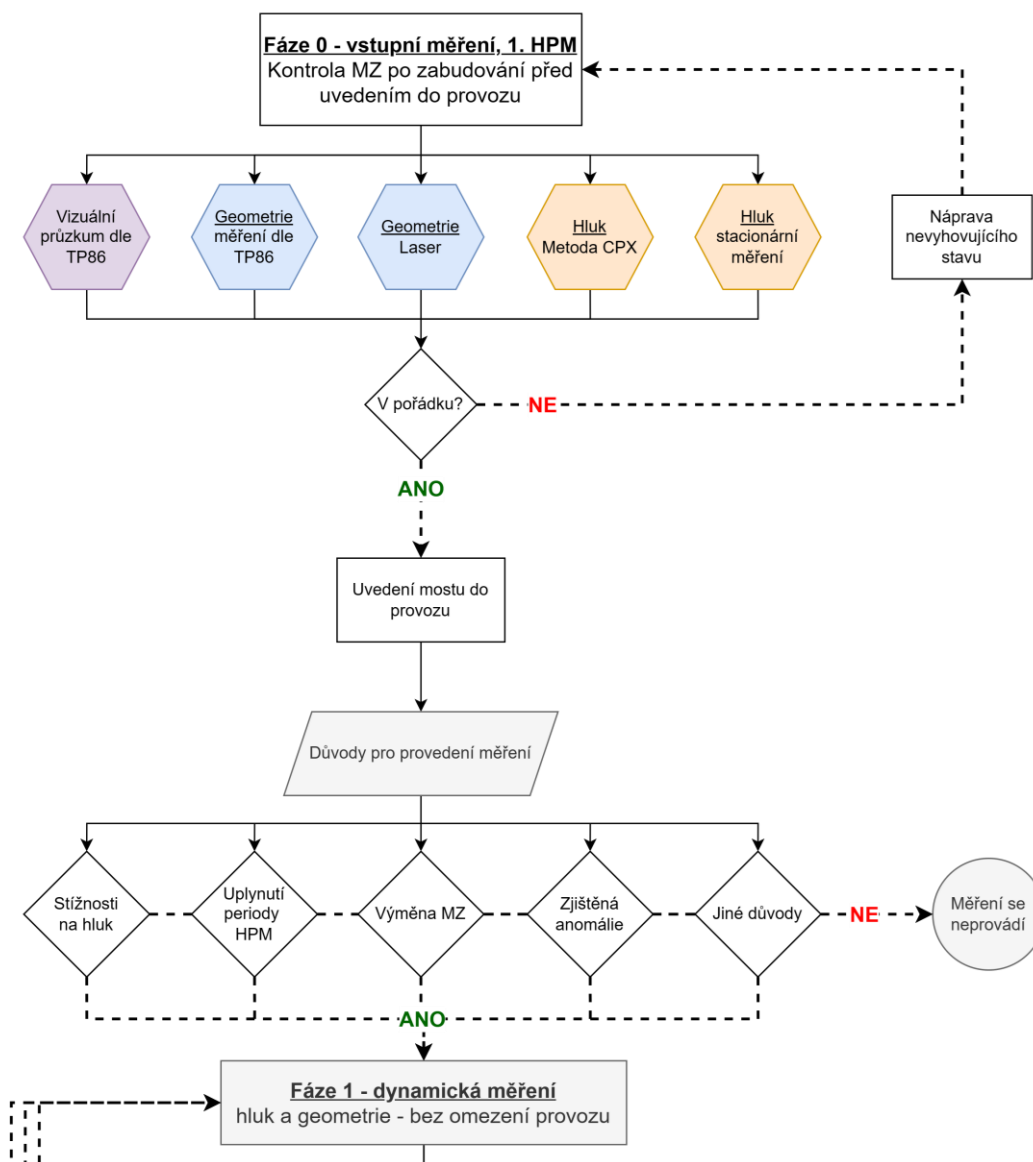
Uplatnění vstupního měření se předpokládá u novostaveb nebo rekonstrukcí mostů, kde došlo k instalaci nového mostního závěru. Cílem vstupního měření MZ bude identifikovat případné významné anomálie či nedokonalosti, které by mohly mít po zprovoznění komunikace výrazný negativní vliv na hlukovou situaci v okolí. Rovněž by toto měření mělo sloužit jako případné doložení splnění požadavků na mostní závěry a jejich provedení z hlediska hlučnosti dle projektové dokumentace, resp. jako výchozí hodnota pro sledování trendů a provozní degradace MZ.

Toto měření je zčásti předmětem 1. HMP a zčásti je jedním z podkladů, které by měly být v rámci 1.HMP kontrolovány.

V případě, že je MZ shledán z hlediska hlučnosti jako vyhovující, bude vydáno doporučující stanovisko k uvedení do provozu. V případě, že jsou nalezeny a identifikovány nějaké nedokonalosti, je vydáno stanovisko doporučující ke zjištění příčin hlučnosti a jejich opravu.

Minimálním předpokládaným rozsahem vstupního měření je vizuální průzkum, měření geometrie dle TP86, měření geometrie dynamickou metodou pomocí laseru a měření hluku dynamickou metodou CPX.

Doplněné stacionárních měření hluku pomocí referenčních vozidel mohou být předepsána provozovatelem nebo doporučena zpracovatelem měření na základě výsledků dynamických zkoušek.



Obrázek 9: Princip hodnocení – Fáze 0 až 1

### Fáze 1 – dynamická měření geometrie a hluku

Během samotného provozu a životnosti MZ může dojít k inicializaci první fáze dynamických měření z několika důvodů, jimiž může být:

- Výskyt nových stížností na hluk z okolí mostní konstrukce.
- Uplynutí periody pravidelného screeningu definované předpisy provozovatele (např. perioda hlavní mostní prohlídky).
- Výměna / obnova / oprava mostního závěru (doporučené měření před a po výměně MZ).
- Zjištěná anomálie v hlukovém projevu MZ nebo v jeho dlouhodobém trendu.
- Jiné důvody (požadavek na prověření stavu ze strany provozovatele, realizátora MZ, KHS a dalších).

Za účelem maximální rychlosti a efektivity měření uvažuje první fáze pouze s využitím dynamických metod měření, tedy těch, ke kterým **není nutné, jakkoliv omezovat provoz** na komunikaci. K analýze stavu je využita senzorická technologie umístěná ve speciální měřicí

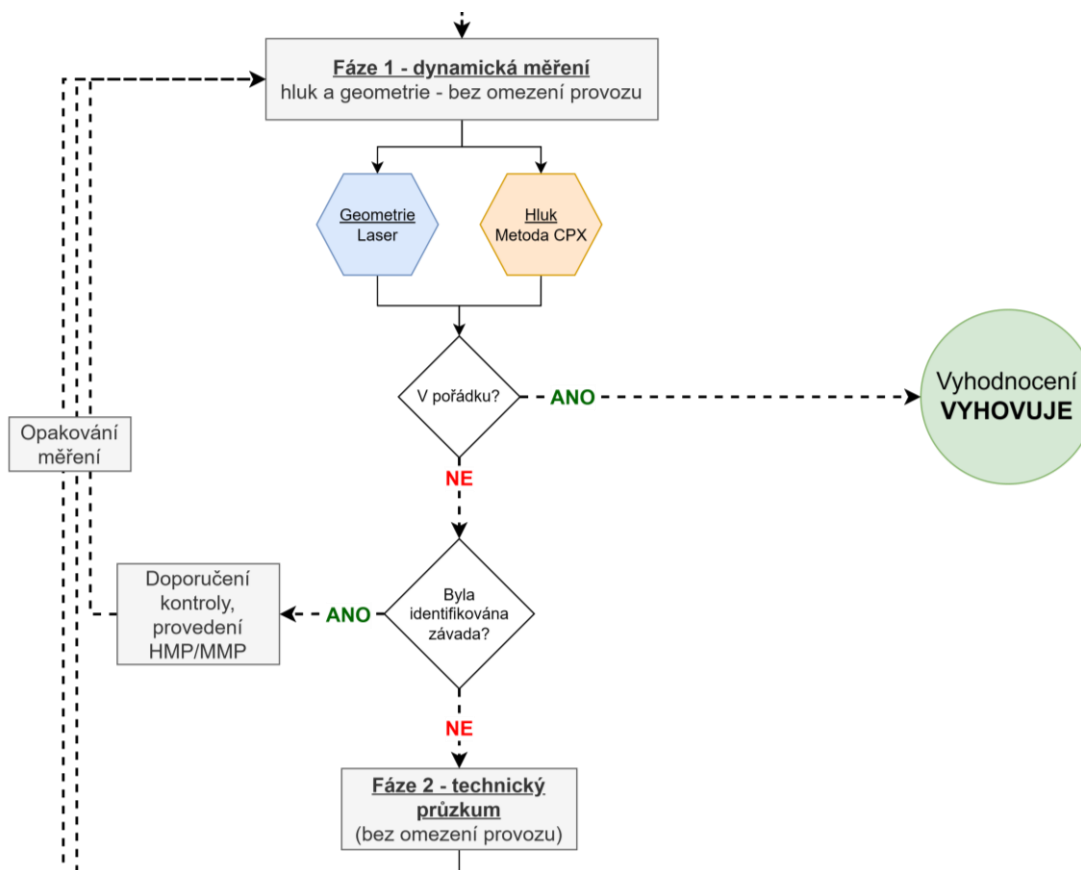
soupravě a výsledky jsou získatelné již několika přejezdy definovanou rychlostí přes mostní závěr. V rámci této fáze se předpokládá získání těchto dat:

- Geometrický profil MZ v průjezdném profilu (měření pomocí laseru).
- Dynamické akustické parametry (metoda CPX).

Měřený mostní závěr bude následně na základě vznikající kritériální metody vyhodnocen z hlediska jeho emisní hlučnosti. V případě, že je MZ vyhodnocen jako vyhovující, uvažuje se jeho kontrola jako úspěšná a ukončená, a závěr není podroben dalšímu zkoumání.

Uvedené metody se vždy musí doplnit vizuální prohlídkou, pro získání dat o povrchu MZ a jeho okolí. Tato prohlídka nemusí omezit dopravu na mostě.

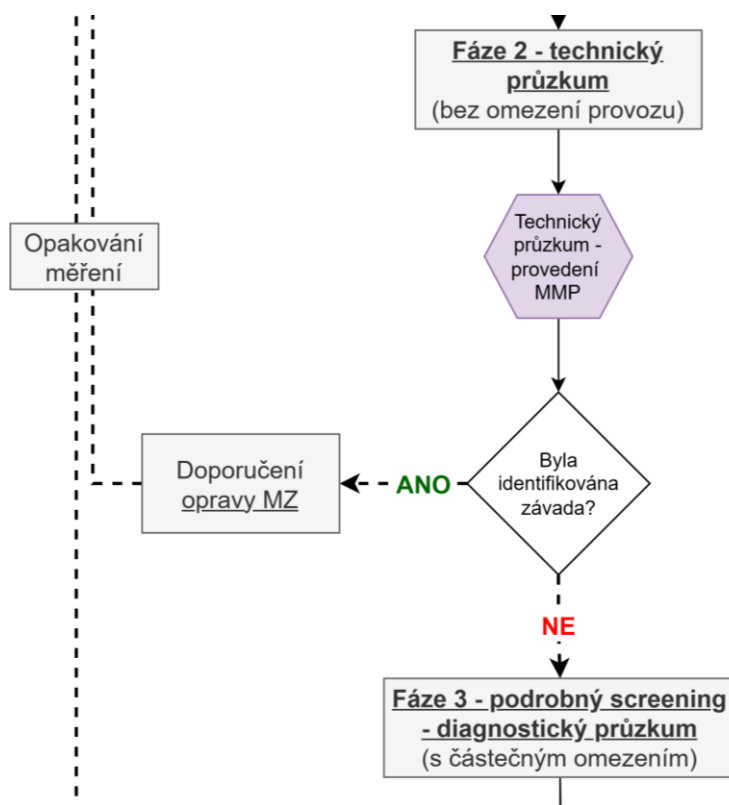
Ve chvíli, kdy je na měřeném MZ zjištěna nějaká anomálie či nepříznivý stav (geometrická nerovnost, hluková anomálie, výrazná změna dlouhodobého trendu apod.), je nejprve učiněn pokus o její přesnou identifikaci na základě dynamicky naměřených dat (zejména laserového geometrického profilu). V případě, kdy je závada identifikována, je vydáno doporučení k podrobnějšímu průzkumu MZ v rámci HMP. V případě, že je identifikace závady neúspěšná, je MZ doporučen k dalšímu zkoumání v rámci fáze 2.



Obrázek 10: Princip hodnocení – Fáze 1 až 2

## Fáze 2 – doplňující průzkum

V případě zjištění neidentifikovatelné závady či anomálie z hlediska geometrie či emisní hlučnosti mostního závěru je v druhé fázi zkoumání MZ podroben doplňujícímu průzkumu (lze chápat jako MMP – mimořádná mostní prohlídka), pro který je ale již nutné omezení provozu, aby kontrola a detailní měření mohlo proběhnout. Tím je míněna fyzická kontrola jeho stavu, jak v jeho svrchní pojezdové části, tak zespodu. Z technického průzkumu je pořízena fotodokumentace a v případě identifikace závady je vydáno doporučení k opravě MZ. V případě, že závada identifikována není, je MZ doporučen k dalšímu zkoumání v rámci fáze 3.



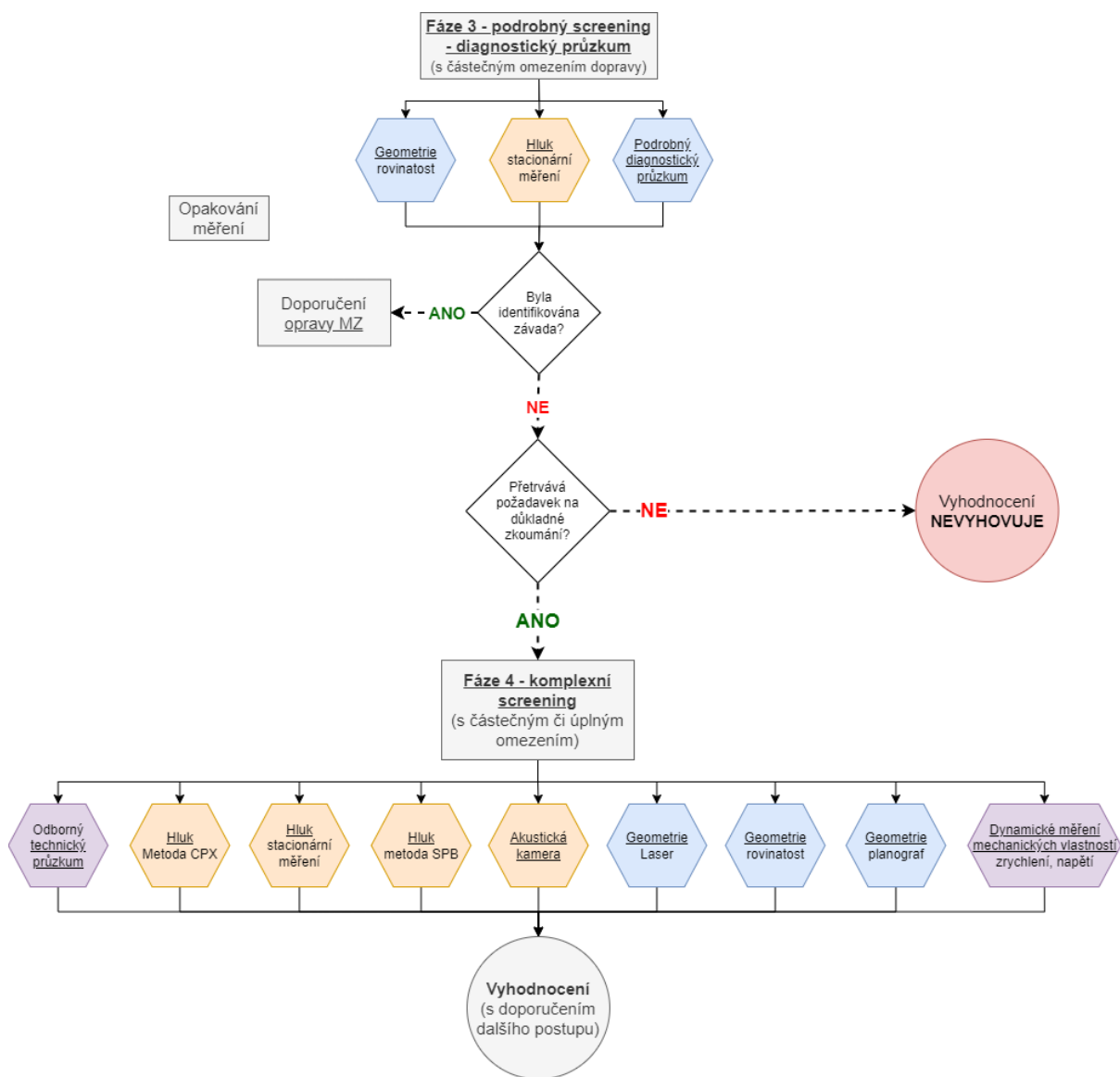
Obrázek 11: Princip hodnocení – Fáze 2 až 3

### Fáze 3 – podrobný screening – diagnostický průzkum

Fáze 3 představuje podrobnější analýzu zkoumaného mostního závěru, která rovněž vyžaduje alespoň částečné omezení dopravy na řešené komunikaci. V rámci této fáze se předpokládá získání těchto dat:

- Přesná geometrie mostního závěru (měření rovinatosti nivelační latí), obdobně jako ve fázi 2.
- Stacionární akustické parametry MZ (nad/pod závěrem, frekvenční spektrum apod.).
- Podrobný diagnostický průzkum (dle charakteru např. kontrola defektoskopická, endoskopická, měření geometrie, atd)

Postoupením analýzy MZ do fáze 3 jsou de-facto reprodukována veškerá měření provedená v rámci vstupní kontroly po zabudování, čímž vznikne ucelený soubor dat ke komplexnímu zhodnocení vývoje stavu a degradace mostního závěru od chvíle zabudování do současnosti. Na základě vyhodnocení dat je následně vydáno vyhovující či nevhovující hodnocení z hlediska emisní hlučnosti MZ a příp. doporučení jeho opravy/výměny.



Obrázek 12: Princip hodnocení – Fáze 3 až 4

### Fáze 4 – komplexní screening

Nasazení poslední – čtvrté fáze měření se předpokládá u zvláštních případů mostních závěrů, u kterých vznikne požadavek na komplexní analýzu a hodnocení. Takovým případem může být např.:

- Pilotní instalace nového typu MZ, popř. MZ s novým typem nízkohlučné úpravy.
- Mostní závěr, mostní konstrukce, komunikace či lokalita zvláštního významu.
- Opakující se problémy s emisní hlučností MZ i po jeho nedávné revizi / obnově.
- Měření výzkumně-vývojového charakteru.
- Další důvody (požadavek ze strany správce, dodavatele MZ, státní správy atd.).

Tato fáze měření počítá minimálně s částečným, v ideálním případě s úplným omezením provozu na zkoumané mostovce, proto se předpokládá její aplikace pouze ve skutečně výjimečných případech, popř. v situacích, které podrobný screening např. pro výzkumně-vývojové účely umožní (např. plánovaná uzavírka komunikace). Obsahuje mimo podrobný

průzkum závěru zejména měření dynamických a statických parametrů a jejich následnou frekvenční analýzu pomocí měřicí linky.

### 3. POSUZOVÁNÍ EMISNÍ HLUČNOSTI MOSTNÍCH ZÁVĚRŮ

Mostní závěry jsou v oblasti akustiky jednou z problematických částí infrastruktury v České republice. Přejezdy vozidel přes MZ způsobují specifický akustický projev rázového případně až impulsního charakteru, který kromě zvýšení hlukové zátěže okolí má pro nejbližší chráněnou zástavbu i poměrně výrazný subjektivní obtěžující charakter. Intenzita těchto projevů závisí jak na typu, kvalitě provedení samotného mostního závěru, ale i na přechodové oblasti navázání MZ na povrch komunikace. Kvalita tohoto navázání se rovněž ukazuje jako významný faktor celkové emisní hlučnosti mostní konstrukce.

Celkový akustický projev MZ se skládá ze dvou hlavních složek:

1. Horní složka hluku (povrchová) vznikající při přejezdu pneumatiky přímo ze samotného povrchu MZ, ale i povrchu náběhové a sjezdové hrany komunikace. (Poznámka: Celkovou hlučnost ovlivňuje i valení pneumatiky po povrchu komunikace před MZ a také za ním. Tu je třeba z naměřených hodnot eliminovat).
2. Spodní složka hluku – při přejezdu pneumatiky především přes samotný povrch MZ vzniká akustická vlna šířící se podle konstrukce MZ v polouzavřeném prostoru dilatační spáry a je vyzářena směrem dolů pod MK, resp. do strany, pokud je dilatační spára do strany otevřená.

Jedna nebo druhá složka se stává v okolí MK vždy dominantní v závislosti na umístění kontrolního bodu – pod/nad komunikací a jeho vzdálenosti od MK. Se vzrůstající vzdáleností ztrácejí jednotlivé složky svou dominanci, nelze je již rozlišit a začíná působit již jen jejich kumulativní vliv.

Metodický postup specifikuje možnosti měření mostních závěrů a má sloužit k jejich akustické analýze v jejich okolí.

#### 3.1. Základní okrajové podmínky pro analýzu hlučnosti MZ

##### 3.1.1. Podmínky pro měření – dynamické metody (kombinace laser + CPX)

Okrajovými podmínkami jsou definované ty, které ovlivňují samotné měření, konkrétně:

###### 3.1.1.1. Minimální počet jízd pro měření

Počet jízd pro měření je stanovený minimálně na **4 jízdy**, a to vždy po **2 jízdách v každé jízdě stopě**. Rozhodnutí o případných dalších jízdách je dáno případnými velkými rozdíly naměřených hodnot mezi jednotlivými přejezdy pro danou rychlost.

### 3.1.1.2. Referenční měřicí rychlost

Preferované referenční rychlosti jsou **50 km/h** (primárně pro komunikace v obcích) a **80 km/h** (primárně pro komunikace mimo obec, pro dálnice a silnice pro motorová vozidla), případně dle požadavků objednatele, či specifického cíle měření. Vždy musí být zaznamenána skutečná použitá referenční měřicí rychlost (rychlosti).

### 3.1.1.3. Referenční pneumatika

Standardní referenční měřicí pneumatiky jsou specifikované v ČSN P ISO/TS 11819-3 [15] musí být typ P1 nebo H1. Podle účelu měření se používá jeden nebo oba typy.

Pneumatika by měla být před měřením zahřáta na provozní teplotu. Toho lze dosáhnout jízdou s měřicím zařízením po dobu alespoň 15 minut pro referenční rychlost 80 km/h pro nižší rychlost alespoň 20 minut.

### 3.1.1.4. Rychlost větru

Doporučuje se, aby během měření pro měřicí zařízení CPX bez krytu měřicí pneumatiky, nebyla rychlost proudění vzduchu při stojícím měřicím zařízením, ve výšce mikrofonu a v jeho okolí a v prostoru zkušební pneumatiky (pneumatik) vyšší než 5 m/s. Jestliže je zkušební pneumatika (pneumatiky) zakrytá, je přijatelná rychlost větru až do 10 m/s.

### 3.1.1.5. Teplota vzduchu

Měření mohou být provedena pouze, pokud je povrch vozovky suchý a teplota okolního vzduchu je v rozsahu 5 °C až 35 °C.

Další podmínky vychází analogicky z normy ČSN EN ISO 11819-2 [14].

## 3.1.2. Podmínky pro měření hluku stacionární metodou

Základní rámec okrajových podmínek pro měření hluku stacionární metodou vychází z relevantních norem a předpisů:

- ČSN ISO 1996-1 Akustika - Popis, měření a hodnocení hluku prostředí - Část 1: Základní veličiny a postupy pro hodnocení [16]
- ČSN ISO 1996-2 Akustika – Popis, měření a hodnocení hluku prostředí – Část 2: Určování hladin akustického tlaku [17]
- Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí, Věstník MZ ČR, částka 14/2023, část 3 [18]
- ČSN EN ISO 11819-1 Akustika - Měření vlivu povrchů vozovek na dopravní hluk - Část 1: Statistická metoda při průjezdu [18]

Na komunikaci by po celou dobu měření měl být běžný dopravní provoz s ohledem na danou lokalitu a čas, bez tvorby kolon a nestandardních dopravních situací či omezení.

Komunikace by měla být suchá, počasí bez deště a sněžení, rychlost větru max. do 5 m/s.

Minimální počty změřených vozidel pro každou kategorii (požadavek vychází z normy ČSN EN ISO 11819-1):

Kategorie č. 1 (osobní vozila):	100 a víc
Kategorie č. 2a (dvounápravová těžká vozidla):	30 a víc
Kategorie č. 2b:	30 a víc
Kategorie č. 2a a 2b :	80 a víc

## 3.2. Vliv vozovkových vrstev na hlučnost MZ, zohlednění či eliminace jejich vlivu

### 3.2.1 Obecná zjištění

Jak je uvedeno níže v části 3.3 – Zkoumané a vyhodnocované parametry, hodnotí se hlučnost mostního závěru a přechodové oblasti odděleně od zbytku povrchu komunikace. Toho je docíleno časovým klíčováním měřených dat. Na základě identifikace mostního závěru pomocí rychlé laserové technologie, naměřeného geometrického profilu, synchronizace geometrických a akustických dat a znalosti referenční měřicí rychlosti je mostní závěr spolu s přechodovou oblastí jak v akustických, tak i geometrických datech oddělen a hodnocen samostatně, popř. jsou naměřená data porovnávána s povrchem komunikace před/za závěrem.

Významnější vliv na akustické projevy v emisní hlučnosti MZ a přechodové oblasti byla v rámci výzkumných prací analyzována pouze makro-textura MZ a přechodové oblasti. Celková emisní hlučnost MZ závisí kromě kvality provedení samotného MZ i na rovinatosti přechodové oblasti jak před závěrem, tak i za závěrem.

V případech, kdy náběžná hrana obrusné vrstvy přechodové oblasti ve směru k závěru má příliš strmý náběh, dohází k tomu, že se pneumatika nejen deformuje, ale „skočí“ na další část vozovky, čímž je vygenerován větší akustický tlak než v případě dokonale rovného přejezdu.

V opačném případě, kdy je mostní závěr pod úrovní náběžné hrany vozovky, dochází při přejezdu k propadu pneumatiky a jejímu „bouchnutí“ do mostního závěru. Opět dochází k intenzivnějšímu akustickému projevu, než v případě dokonale rovného přejezdu.

Obdobné závěry platí i pro sjezdovou přechodovou oblast MZ.

Ideální situací je dosažení dokonalé rovinatosti mostního závěru s přechodovou oblastí, vozovkou a mostním tělesem. Jedná se o jeden z důležitých parametrů kvality provedení MZ. Rovinatost by v rámci pokládky a osazení MZ měla být kontrolována ve všech oblastech (vozovka, přechodová oblast, mostní závěr a mostovka).

Mikro-textura přechodové oblasti pak s ohledem na poměrně krátkou hodnocenou oblast a dominanci rázových jevů při přejezdu nebyla shledána jako významný faktor celkové emisní hlučnosti mostního závěru po zabudování.

## 3.3. Požadavky na subjekt provádějící diagnostiku

Měření by měl provádět držitel Osvědčení o akreditaci, kterou vydává Český institut pro akreditaci, o.p.s. (akreditační požadavky dle ČSN EN ISO/IEC/ 147025:2018).

Minimální rozsah udělené akreditace:

- ČSN EN ISO 11819-1, Akustika - Měření vlivu povrchů vozovek na dopravní hluk - Část 1: Statistická metoda při průjezdu



- ČSN EN ISO 11819-2, Akustika – Měření vlivu povrchů vozovek na dopravní hluk – Část 2: Metoda malé vzdálenosti. 03/2018;
- ČSN ISO 1996-1 Akustika - Popis, měření a hodnocení hluku prostředí - Část 1: Základní veličiny a postupy pro hodnocení
- ČSN ISO 1996-2 Akustika – Popis, měření a hodnocení hluku prostředí – Část 2: Určování hladin akustického tlaku
- Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí, Věstník MZ ČR, částka 14/2023, část 3

Subjekt provádějící diagnostiku by se měl dále řídit dalšími relevantními předpisy a normami, jako jsou:

- LÁDYŠ, L. A KOL. *Výpočet hluku z automobilové dopravy – aktualizace metodiky. Manuál 2018 – verze 2020*. Praha: Ministerstvo dopravy ČR, 2020.
- ČSN EN 61672-1 ED.2 (368813) Elektroakustika - Zvukoměry - Část 1: Technické požadavky
- ČSN ISO 13473-1 (011678) Popis textury vozovky pomocí profilů povrchu - Část 1: Určení průměrné hloubky profilu

Subjekt by měl dále disponovat minimálně veškerým technickým vybavením definovaným v kapitole 3.5 k provádění jednotlivých zkoušek a dostatečně početným a proškoleným personálem a odbornými znalostmi. Rozsah potřebného proškolení vychází z požadavků akreditace/autorizace, předpisů BOZP a dalších interních předpisů laboratoře.

### 3.4. Zkoumané a vyhodnocované parametry

Základním zkoumaným parametrem při stacionárních akustických měřeních je akustický tlak. Jedná se o veličinu, která vyjadřuje hladinu zvuku registrovaného v určité vzdálenosti od zdroje zvuku. Akustický tlak představuje změnu tlaku ve vzduchu generovanou zdrojem hluku. V tomto případě je zdrojem hluku přejezd pneumatiky vozidla přes mostní závěr. Naměřená hladina akustického tlaku se uvádí v jednotkách SI - decibely (dB).

#### 3.4.1. Dynamické měření hlučnosti mostních závěrů metodou CPX

Základní konfigurace a požadavky měření hlučnosti mostních závěrů dynamickou metodou vychází z relevantní normy ČSN EN ISO 11819-2 - Akustika - Měření vlivu povrchů vozovek na dopravní hluk - Část 2: Metoda malé vzdálenosti [16]

Měření probíhá při vzorkování 25 ms na minimálně 4 mikrofonech umístěných v blízkém poli referenční pneumatiky.

Při zkoumání hlučnosti mostního závěru (včetně přechodové oblasti) se využívají následující deskriptory:

- ekvivalentní hladina akustického tlaku  $C L_{C,eq,T}$  v (dB) je energeticky průměrnou ustálenou hladinou akustického tlaku za čas T, která má stejné účinky na člověka během sledovaného časového úseku T, jako proměnlivá hladina akustického tlaku za stejný čas;
- hladina špičkového akustického tlaku  $L_{C,peak}$  v (dB) je nejvyšší okamžitá hladina akustického tlaku vážená filtrem C v daném časovém intervalu.

- maximální hladina akustického tlaku  $L_{CFmax}$  v (dB) je nejvyšší hladina akustického tlaku v daném časovém intervalu;

Pro potřeby podrobnější analýzy je vhodné výše uvedený minimální rozsah deskriptorů rozšířit i o následující (volitelné):

- ekvivalentní hladina akustického tlaku A  $L_{A,eq,T}$  v (dB) je energeticky průměrnou ustálenou hladinou akustického tlaku za čas T, která má stejné účinky na člověka během sledovaného časového úseku T, jako proměnlivá hladina akustického tlaku za stejný čas;
- maximální hladina akustického tlaku  $L_{AFmax}$  v (dB) je nejvyšší hladina akustického tlaku v daném časovém intervalu;
- hladina špičkového akustického tlaku  $L_{A,peak}$  v (dB) je nejvyšší okamžitá hladina akustického tlaku vážená filtrem A v daném časovém intervalu;

### 3.4.2. Dynamické měření geometrie povrchu pomocí laseru

Jedná se o přesnou digitální reprodukci geometrie mostního závěru a přechodové oblasti (makro- a mikro-textury) v jízdní stopě. Data z laseru musí být synchronizována s akustickými daty.

Vzorkování při přepočtu na délkové jednotky musí být minimálně po 1 mm délky jízdní stopy až do rychlosti alespoň 100 km/h (odpovídá vzorkovací frekvenci laseru min. 28 kHz)

Rozlišení v ose Z musí být min. 1  $\mu$ m.

### 3.4.3. Stacionární měření hlučnosti

Při zkoumání hlučnosti mostního závěru (včetně přechodové oblasti) se využívají následující deskriptory:

- ekvivalentní hladina akustického tlaku A  $L_{A,eq,T}$  v (dB) je energeticky průměrnou ustálenou hladinou akustického tlaku za čas T, která má stejné účinky na člověka během sledovaného časového úseku T, jako proměnlivá hladina akustického tlaku za stejný čas;
- hladina špičkového akustického tlaku  $L_{C,peak}$  v (dB) je nejvyšší okamžitá hladina akustického tlaku vážená filtrem C v daném časovém intervalu;
- $L_{AI_{max}}$  v (dB) je hladina maximálního akustického tlaku A při dynamické charakteristice měřidla I (Impuls);
- $L_{AS_{max}}$  v (dB) je hladina maximálního akustického tlaku A při dynamické charakteristice měřidla S (Slow);

### 3.4.3.1 Měření vlivu povrchů vozovek na dopravní hluk - Statistická metoda při průjezdu (SPB)

Pro stacionární měření hlučnosti mostního závěru je možno využít tzv. Statistická metoda při průjezdu (SPB)

Měření je definováno normou ČSN EN ISO 11819-1. Akustika - Měření vlivu povrchů vozovek na dopravní hluk - Část 1: Statistická metoda při průjezdu.

Při zkoumání hlučnosti mostního závěru (včetně přechodové oblasti) metodou SPB se využívají následující deskriptory:

- maximální hladina akustického tlaku  $L_{AFmax}$  v (dB) je nejvyšší hladina akustického tlaku vážená filtrem A v daném časovém intervalu
- hladina expozice zvuku  $L_{AE}$  v (dB) je zavedena jako sekundová hladina expozice, která se ve srovnání s ekvivalentní hladinou vztahuje pouze na čas 1 s, namísto na celý čas sledovaného děje.

Vyhodnocuje se hladina akustického tlaku vozidla  $L_{veh}$  (dB), určená z regresní přímky (závislost maximální hladiny akustického tlaku na logaritmu rychlosti vozidle) zvlášť pro všechny kategorie vozidel.

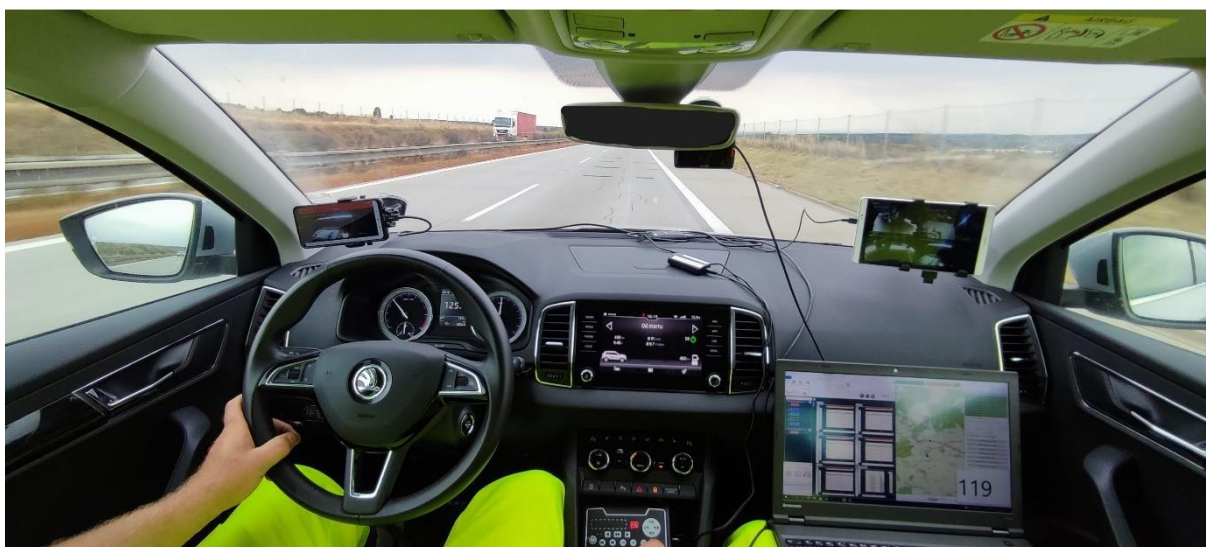
## 3.5. Technické vybavení potřebné k provedení analýzy

### 3.5.1. Dynamické zkoušky (Laser, CPX)

- **Měřicí systém CPX** dle normy ČSN EN ISO 11819-2 [14].
  - Zvukoměrné zařízení musí být třídy přesnosti I dle ČSN EN 61672, umožňující synchronní měření alespoň čtyřmi kanály s možností vzorkování minimálně 25 ms.
- **Laser kategorie 3B** s dostatečnou vzorkovací frekvencí pro vzorkování a také možností proměnného vzorkování, aby byla možnost vzorkovat povrch vozovky v jízdní stopě měřicí pneumatiky po 1 mm při stanovené rychlosti a reálné jízdní rychlosti.
  - Vzorkování při přepočtu na délkové jednotky minimálně po 1 mm délky jízdní stopy až do rychlosti alespoň 100 km/h (odpovídá vzorkovací frekvenci min. 28 kHz).
  - Rozlišení v ose Z min. 1  $\mu$ m.
  - Umístění v ose měřicí pneumatiky.
- **Zajištění synchronizace** mezi polohovými, akustickými, geometrickými daty a jejich přepočtu na hodnoty délky vozovky (v závislosti na rychlosti jízdy), včetně případného

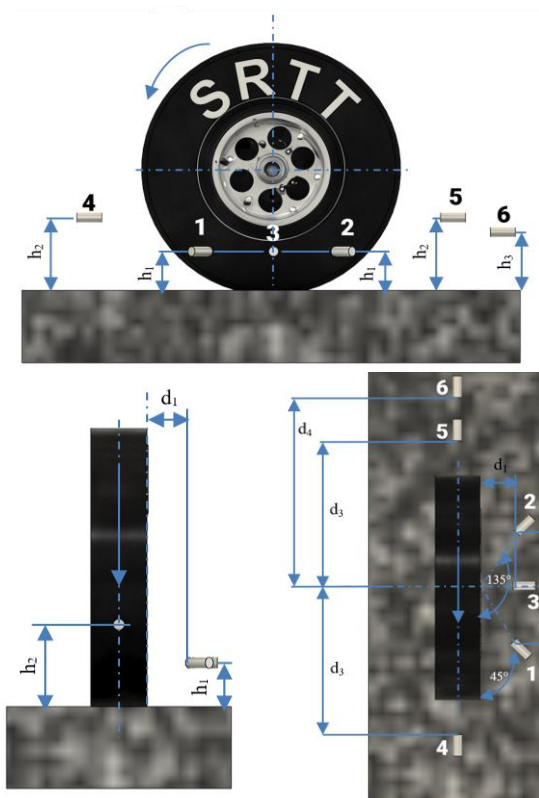
časové úpravy (zpoždění) dat v závislosti na různém umístění akustických a optických snímačů v měřicí soupravě.

- **Programové vybavení** pro terénní měření, včetně potřebného PC, hardware, software a firmware, které zajistí:
  - přesnou časovou synchronizaci polohových, akustických a geometrických dat;
  - přesnou geolokalizaci měřených MZ na mapový podklad;
  - provozní kalibraci a nastavení jednotlivých senzorů;
  - automatické spouštění a vypínání měřicího módu;
  - automatické značení měřených úseků markerem (podle definovaných geo-markerů);
  - pre-processing naměřených dat a jejich přípravu pro export k dalšímu zpracování.



Obrázek 13: Ukázka možného provedení HW a SW vybavení měřicího vozu

- Speciální referenční pneumatika **P1** nebo **H1** definována normou ČSN P ISO/TS 11819-3 [15].
- Umístění **minimálně 4 mikrofónů (č.1-4)** v blízkém poli měřené pneumatiky viz následující obrázky a tabulka:



Obrázek 14: rozmístění mikrofonů kolem referenční pneumatiky dle ČSN EN ISO 11819-2 [16]

Mikrofon (mikrofony)	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$
1,2	0,10 m			0,20 m	0,20 m		
3	0,10 m			0,20 m	0,00 m		
4,5		0,20 m				0,65 m	
6			0,15 m				0,80 m

Tabulka 1: výšky a vzdálenosti jednotlivých mikrofonů v blízkém poli referenční pneumatiky

Poznámka: Polohy mikrofonů č.5,6 jsou již jen rozšiřující a doplňující. Nejsou povinné!

### 3.5.2. Stacionární měření hlučnosti mostních závěrů

- Minimálně **2-5 zvukoměrné aparatury** včetně kabeláže a stativů pro umístění mikrofonů
  - Mikrofony osazeny krytem proti větru
  - Zařízení musí být třídy přesnosti I dle požadavků ČSN EN 616721 [15]
  - Vzorkování v rozlišení minimálně 25 ms.
  - Souběžné měření na časových konstantách S (Slow) a I (Impuls).
- **Meteorologická stanice** (měření teploty, vlhkosti, atmosférického tlaku, rychlosti větru a směru větru)
- Zařízení pro analýzu **dopravního proudu** (sčítání dopravy včetně členění vozidel do kategorií dle manuálu 2018 [21])
- Kalibrované zařízení pro **měření rychlosti** dopravního proudu (např. radar).
- Profesionální **GPS jednotka** pro přesné určení místa měření

Poznámka: Shodné vybavení je třeba použít při měření hlučnosti mostního závěru metodou SPB.

## 3.6. Postup + etapizace (procesní diagram)

Doporučená chronologie provádění jednotlivých zkoušek mostních závěrů s ohledem na jejich stav a úspěšnost identifikace původců zvýšené emisní hlučnosti je názorně vyobrazena v procesním diagramu v kapitole 2.2. V této kapitole jsou jednotlivé postupy podrobněji popsány z hlediska konkrétních požadavků na jejich technické provedení.

### 3.6.1. Fáze 0 – vstupní

Tato fáze se vztahuje převážně na nové mosty po zabudování mostního závěru, před otevřením samotné mostní konstrukce, popř. v případě komplexní obměny mostního závěru.

1. **Vizuální průzkum dle TP86** – k odbornému technickému průzkumu odpovědnou osobou za mostní těleso, zda je správně uložený mostní závěr do mostovky a zda nebrání provedení měření rovinatosti, v rozsahu a provedení dle TP86.
2. **Měření rovinatosti dle TP86**  
Dle platných technických předpisů se provede měření nivelační latí, zda došlo ke správnému položení mostního závěru a přechodových oblastí.
3. **Měření geometrie dynamickou metodou pomocí laseru**  
Provedou se min. 4 jízdy měřicí soupravy v rychlostech a konfiguraci dle části 3.1.1 s technologií splňující požadavky dle části 3.4.1
4. **Měření hlučnosti mostního závěru dynamickou metodou CPX**  
Provedou se min. 4 jízdy měřicí soupravy v rychlostech a konfiguraci dle části 3.1.1 s technologií splňující požadavky dle části 3.4.1
5. **Měření hlučnosti mostního závěru – stacionární akustická měření**  
Provede se stacionární měření hluku v podmínkách dle části 3.1.2

Minimální rozsah měření je následující:

- jeden měřicí mikrofon umístěný **nad mostní závěr** (1,5 m nad úrovní komunikace v ose závěru ve vzdálenosti 6 m od osy krajního jízdního pruhu), v případě, že je v místě měření mostního závěru u komunikace protihluková stěna, umístí se mikrofon 1 m nad horní hranu stěny;
- druhý měřicí mikrofon umístěný **pod mostní závěr** (pod tělesem mostu v ose krajního jízdního pruhu ve vzdálenosti 0,2 m od konstrukce mostního závěru) Popřípadě 1 m **vedle mostního závěru** s ohledem na umístění nejbližší chráněné zástavby; viz. obrázek č.18
- současně se ke komunikaci instaluje zařízení pro **měření dopravního proudu** v reálném čase (měření intenzity a skladby) a dále zařízení pro měření rychlostí průjezdů jednotlivých vozidel v reálném čase;
- instalace **meteorologické stanice** (měření teploty, vlhkosti, atmosférického tlaku, rychlosti větru a směru větru), v místě a výšce dle platných předpisů;
- provede se **přesná časová synchronizace** veškeré měřicí techniky (synchronizace mezi zvukoměry a zařízením pro snímání dopravního proudu);

Přesná konfigurace měřících bodů by měla být stanovena subjektem provádějícím diagnostiku, mimo jiné i s ohledem na vzájemnou pozici sledovaného mostního závěru a nejbližší chráněné zástavby.

Následuje spuštění vlastního měření. Měření je ukončeno po získání dostatečného počtu platných zvukových událostí (tzv. reprezentativní vzorek) od všech kategorií vozidel dle možností skladby dopravního proudu (kategorie vozidel dle manuálu 2018 [21]. v případě, že daná silnice některou kategorií neumožňuje měřit případně je na dané komunikaci její výskyt minimální, je potřeba tuto informaci uvést v závěrečném vyhodnocení.

Reprezentativní vzorek je určen následujícím počtem vozidel:

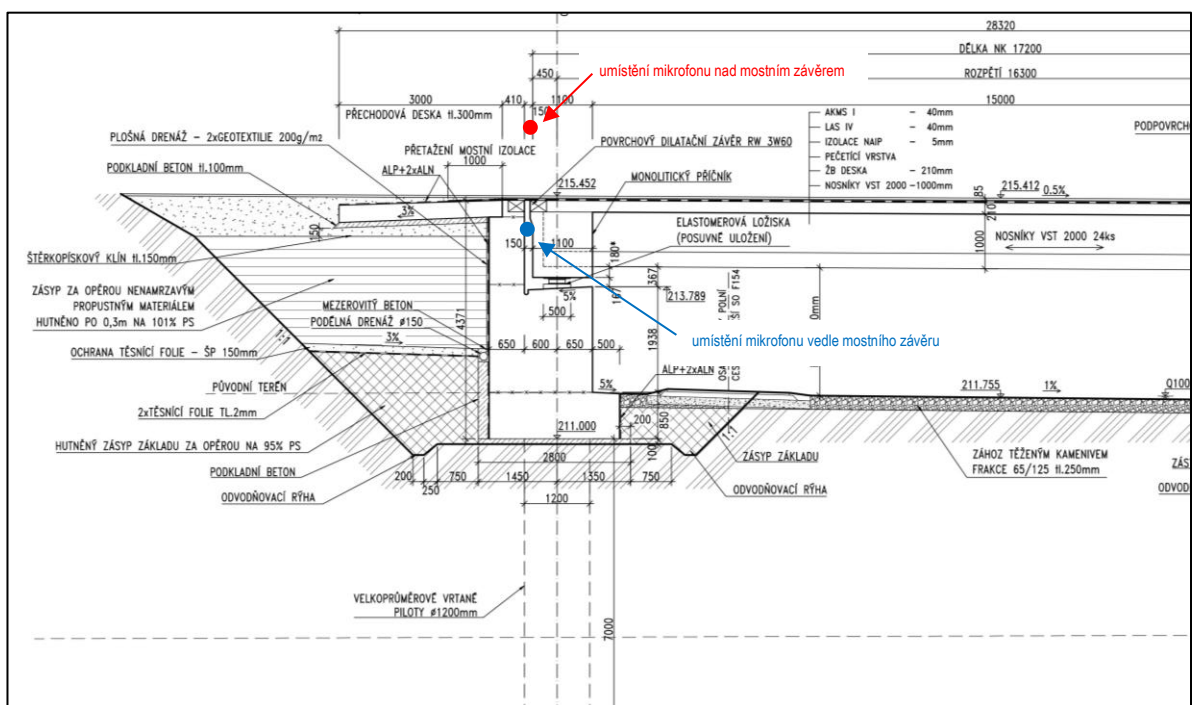
Osobní:	minimálně 100
nákladní (+ BUS):	minimálně 30
nákladní souprava	minimálně 30

Poznámka: V případě měření hlučnosti mostního závěru metodou SPB je třeba dodržet požadavky dle normy ČSN EN ISO 11819-1.

**Poznámka:**

Platnou zvukovou událostí se rozumí samostatně jedoucí vozidlo přes mostní závěr bez rušení jiným průjezdem např. v dalším jízdním pruhu, či v protisměru, apod.

Metodu je možno dle požadavků objednatele nebo dle konkrétní situace rozšířit ještě o měření v určitých vzdálenostech od komunikace v ose mostního závěru. Obvykle se používají dvě až tři další zvukoměrná zařízení, která jsou instalována v ose závěru v definovaných vzdálenostech od mostního závěru (obvykle 30 m, 60 m a 120 m od mostního závěru). Veškerá zvukoměrná aparatura musí být opět přesně časově synchronizována.

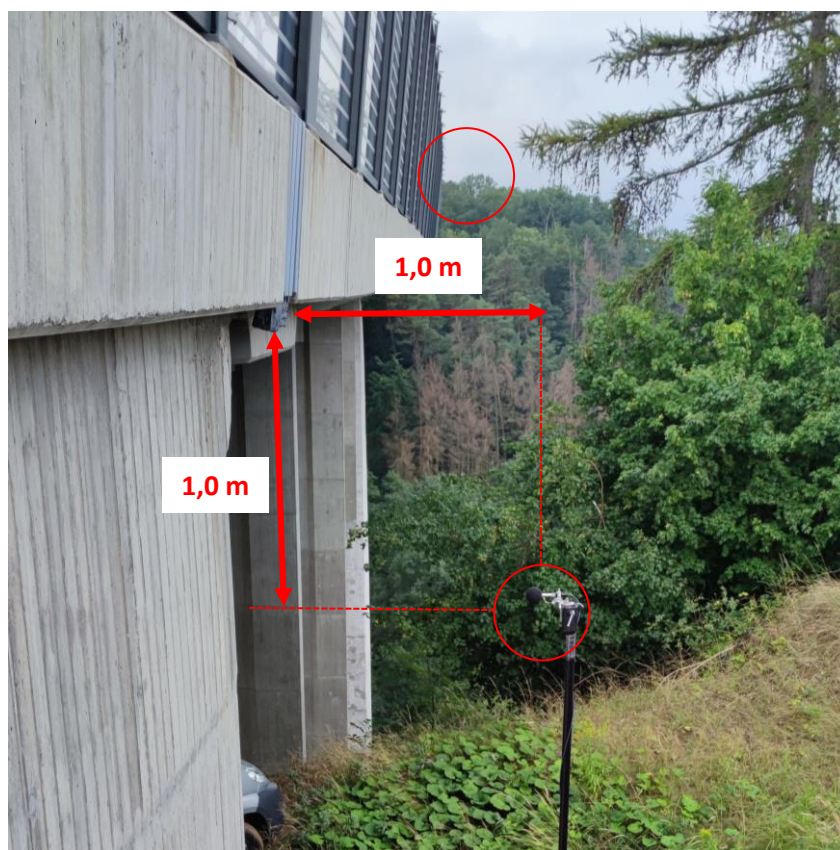


Obrázek 15: Umístění mikrofonů při měření hlučnosti mostních závěrů (vybráno schéma běžného typu mostu)





Obrázek 16: Umístění mikrofonu nad mostním závěrem (v ose závěru) – ilustrační foto



Obrázek 18: Umístění mikrofonu vedle mostního závěru (v ose závěru) – ilustrační foto



Obrázek 19: Umístění mikrofonů ve vzdálenostech 30 m a 60 m od mostního závěru (v ose závěru) a umístění zařízení pro sčítání dopravy – ilustrační foto

Pokud nějaká z metod nevyhoví ve vztahu k doporučeným hodnotícím kritériím (viz níže), nebo ke specifickým požadavkům zadavatele diagnostiky, dílo se vrací zpět zhotoviteli, který provede nápravu a měření zopakuje.

Pokud je vše v pořádku, je most z hlediska emisní hlučnosti mostních závěrů po zabudování možné uvést do provozu.

### 3.6.2. Fáze 1 - Dynamická měření

Po uvedení mostní konstrukce do provozu může nastat několik důvodů a situací, na základě kterých bude předepsána kontrola emisní hlučnosti mostních závěrů. Těmito důvody může být například:

- a) Stížnosti na hluk v okolí mostní konstrukce.
- b) Uplynutí předepsané periody hlavní prohlídky mostu (HPM).
- c) Výměna, oprava či obnova konstrukce mostního závěru (celého nebo jeho částí), popř. dodatečná instalace hlukových tlumičů pod MZ.
- d) Jiná zjištěná anomálie (např. na základě vizuální prohlídky).
- e) Jiné důvody na straně provozovatele.

Diagnostika emisní hlučnosti MZ začíná ve většině případů Fází 1 – dynamickými zkouškami, které jsou nejméně náročné na čas, technologické vybavení a potřeby součinnosti provozovatele komunikace (např. k vytvoření potřebného dopravně-inženýrského omezení). Cílem Fáze 1 je tak odfiltrovat mostní závěry, které budou na základě výsledků dynamických zkoušek z hlediska emisní hlučnosti v pořádku a ušetřit je tak dalšího podrobnějšího zkoumání.

Dynamické zkoušky v rámci Fáze 1 se provádí bez omezení dopravního proudu.

V rámci Fáze 1 diagnostiky emisní hlučnosti MZ se provedou následující dynamické zkoušky:

- Měření geometrie dynamickou metodou pomocí laseru
- Měření hlučnosti mostního závěru dynamickou metodou CPX

Podrobný popis provedení obou měření viz část 3.6.1 – Fáze 0

Pokud nějaká z metod nevyhoví ve vztahu k doporučeným hodnotícím kritériím (viz níže), nebo ke specifickým požadavkům zadavatele diagnostiky, je třeba identifikovat původce zvýšené emisní hlučnosti MZ.

Pokud je toto možné přímo z výsledků diagnostických zkoušek provedených ve Fázi 1 (např. výrazná nerovnost v naměřeném geometrickém profilu), vydá laboratoř provádějící diagnostiku výsledky měření včetně této identifikace.

Po odstranění zjištěných nedostatků jsou měření Fáze 1 opakována, v ideálním případě s následným kladným stanoviskem ve vztahu k hodnotícím kritériím, čímž je diagnostika emisní hlučnosti MZ v daném cyklu ukončena.

Pokud je laboratoři vydáno negativní stanovisko s tím, že identifikace původce nadměrné hlučnosti MZ nebyla možná, postupuje diagnostika do další fáze podrobnějšího zkoumání.

### **3.6.3. Fáze 2 – Technický průzkum**

Pokud byla ve Fázi 1 zjištěna nadměrná emisní hlučnost mostního závěru a současně nebylo možné identifikovat původce, provede se ve Fázi 2 vizuální průzkum mostního závěru v režimu mimořádné mostní prohlídky (MMP) v rozsahu a specifikaci dle TP86.

Pokud je možné z výsledků MMP identifikovat původce nadměrné hlučnosti MZ (např. viditelné poškození konstrukce), vydá subjekt provádějící MMP doporučení k opravě.

Po odstranění zjištěných nedostatků jsou opakována dynamická měření Fáze 1, v ideálním případě s následným kladným stanoviskem ve vztahu k hodnotícím kritériím, čímž je diagnostika emisní hlučnosti MZ v daném cyklu ukončena.

Pokud identifikace původce zvýšené emisní hlučnosti MZ není možná ani na základě provedené mimořádné prohlídky mostu, postupuje diagnostika do další fáze podrobnějšího zkoumání.

### **3.6.4. Fáze 3 – podrobný screening (diagnostický průzkum)**

V této fázi už dochází k částečnému omezení dopravního proudu.

V rámci Fáze 3 diagnostiky emisní hlučnosti MZ se provedou následující zkoušky:

- Měření rovinatosti dle TP86 (nivelační latí).
- Měření hlučnosti mostního závěru – stacionární akustická měření.
- Podrobný diagnostický průzkum mostního tělesa.

Podrobný popis provedení měření viz část 3.6.1 – Fáze 0

Pokud je možné z výsledků diagnostiky ve Fázi 3 identifikovat původce nadměrné hlučnosti MZ (např. zjištěné skryté poškození konstrukce), vydá subjekt laboratoř provádějící diagnostiku doporučení k opravě.

Po odstranění zjištěných nedostatků jsou opakována dynamická měření Fáze 1 až Fáze 3, v ideálním případě s následným kladným stanoviskem ve vztahu k hodnotícím kritériím, čímž je diagnostika emisní hlučnosti MZ v daném cyklu ukončena.

Pokud identifikace původce zvýšené emisní hlučnosti MZ není možná ani na základě rozšířené diagnostiky provedené ve Fázi 3, vydá laboratoř provádějící diagnostiku negativní stanovisko a z hlediska emisní hlučnosti mostních závěrů nedoporučí provozování dané mostní konstrukce do doby odstranění nedostatků a opakované diagnostiky s pozitivním výsledkem.

### 3.6.5. Fáze 4 - Komplexní screening

Nasazení poslední – čtvrté fáze měření se předpokládá u zvláštních případů mostních závěrů, u kterých vznikne požadavek na komplexní analýzu a hodnocení. Takovým případem může být např.:

- Pilotní instalace nového typu MZ, popř. MZ s novým typem nízkohlučné úpravy.
- Mostní závěr, mostní konstrukce, komunikace či lokalita zvláštního významu.
- Opakující se problémy s emisní hlučností MZ i po jeho nedávné revizi / obnově.
- Měření výzkumně-vývojového charakteru.
- Další důvody (požadavek ze strany správce, dodavatele MZ, státní správy atd.).

Tato fáze měření počítá minimálně s částečným, v ideálním případě s úplným omezením provozu na zkoumané mostovce, proto se předpokládá její aplikace pouze ve skutečně výjimečných případech, popř. v situacích, které podrobný screening např. pro výzkumně-vývojové účely umožní (např. plánovaná uzavírka komunikace). Obsahuje mimo podrobný průzkum závěru zejména měření dynamických a statických parametrů měřicí linkou a jejich následnou frekvenční analýzu.

V rámci Fáze 4 – komplexního screeningu emisní hlučností MZ mohou být provedeny následující zkoušky:

- Odborný technický průzkum mostního tělesa.
- Měření hlučnosti mostního závěru dynamickou metodou CPX.
- Měření hlučnosti mostního závěru – stacionární akustická měření.
- Akustická diagnostika mostního závěru systémem akustické kamery.
- Měření geometrie dynamickou metodou pomocí laseru.
- Měření rovinatosti dle TP86 (nivelační latí).
- Měření geometrie mostního závěru planografem.
- Dynamické měření mechanických vlastností MZ (zrychlení, napětí).

Přesný rozsah a specifikace prováděných zkoušek by v rámci Fáze 4 měla být stanovena zadavatelem v souladu s doporučením odborných subjektů provádějících jednotlivé zkoušky.

### 3.7. Hodnotící kritéria

Pro diagnostiku emisní hlučnosti mostních závěrů po zabudování se použije:

1. Služeb subjektu splňujícím požadavky dle kapitoly 3.3 - Požadavky na subjekt provádějící diagnostiku;
2. Parametrů uvedených v kapitole 3.4 - Zkoumané a vyhodnocované parametry;
3. Technického vybavení uvedeného v kapitole 3.5 - Technické vybavení potřebné k provedení analýzy;
4. Postupu diagnostiky uvedeného v kapitole 3.6 - Postup + etapizace (procesní diagram);

Pro jednotlivé prováděné zkoušky pak metodický postup stanovuje následující hodnotící kritéria. Jedná se o návrhové hodnoty a definice, které mohou být na základě odborné diskuse upraveny prováděcími předpisy provozovatele komunikace.

#### 3.7.1. Vizuální průzkum dle TP86

Řídí se pokyny předmětných technických požadavků.

#### 3.7.2. Měření rovinatosti dle TP86

Řídí se pokyny předmětných technických požadavků.

#### 3.7.3. Měření geometrie dynamickou metodou pomocí laseru

Dynamické optické měření geometrie pomocí laseru slouží kromě časového klíčování pro akustická data i ke kontrole makro-textury mostního závěru a přechodové oblasti. Vzhledem ke konkrétním podmínkám, typu a stavu mostního závěru je možné ze získaného geometrického profilu v jízdní stopě identifikovat základní nedokonalosti mostního závěru a přechodové oblasti, které mohou mít vliv na jeho zvýšenou emisní hlučnost. Takovými nedokonalostmi může být například:

- Rozdílná nivelita jednotlivých lamel, popř. částí MZ.
- Nerovnoměrný jmenovitý posun mezi jednotlivými lamelami MZ.
- Nadměrné znečištění či zanesení MZ.
- Výrazná ostrá náběhová hrana na styku MZ s přechodovou oblastí (před i za závěrem).
- Výrazná nerovnost přechodové oblasti – vyboulení MZ/propad MZ/výtlučky (před i za závěrem).

Tyto a případné další identifikované geometrické nedokonalosti by měly být popsány v rámci vyhodnocení měření geometrie MZ dynamickou metodou, spolu s jejich předpokládaným vlivem na zvýšenou emisní hlučnost mostního závěru a doporučením jejich nápravy.

Pokud je jejich příspěvek ke hlučnosti mostního závěru předpokládán jako výrazný, měl by být předmětný MZ posouzen jako nevyhovující z hlediska geometrické kvality v souvislosti s jeho emisní hlučností.

#### 3.7.4. Měření hlučnosti mostního závěru dynamickou metodou CPX

V rámci měření hlučnosti mostního závěru dynamickou metodou se sledují parametry ekvivalentní a špičkové hladiny akustického tlaku s frekvenčními váhovacími filtry A a C ( $L_{A,eq}$ ,  $L_{A,peak}$ ,  $L_{C,eq}$ ,  $L_{C,peak}$  – vše v dB) viz kapitola 3.4.1.

Po korektním sběru dat pomocí technického vybavení definovaném kapitolou 3.5.1 a dodržení okrajových podmínek 3.1.1 a postupu dle kapitoly 3.6 musí být akustická data přesně časově synchronizována s daty polohovými a geometrickými.

V dalším kroku se provede časové klíčování synchronizovaných dat pomocí získaného geometrického profilu následujícím postupem:

1. V geometrickém profilu je identifikován mostní závěr a jeho přibližný střed.
2. Od polohy středu MZ je proveden datový ořez v délkových jednotkách délky komunikace cca 2,5 m před MZ a 2,5 m za MZ – tím dojde k vytvoření datové části „Mostní závěr“ k hodnocení samotné konstrukce MZ a přechodové oblasti.
3. Datový ořez části „Mostní závěr“ se provede na všech časově synchronizovaných datech (akustických, geometrických i polohových).
4. Obdobným způsobem se provede ořez cca 20 m délkových jednotek délky komunikace před oblastí mostního závěru a 20 m za oblastí mostního závěru – tím dojde k vytvoření datové části „Před mostním závěrem“ a „Za mostním závěrem“

Pro všechny datové části vytvořené tímto způsobem (tedy Mostní závěr, Před MZ a za MZ) jsou následně vyhodnoceny všechny sledované akustické parametry. Jejich minimální rozsah shrnuje následující přehled:

$L_{A,eq,Před\ MZ}$	ekvivalentní hladina akustického tlaku A datové části Před MZ
$L_{A,peak,Před\ MZ}$	špičková hladina akustického tlaku A datové části Před MZ
$L_{C,eq,Před\ MZ}$	ekvivalentní hladina akustického tlaku C datové části Před MZ
$L_{C,peak,Před\ MZ}$	špičková hladina akustického tlaku C datové části Před MZ
$L_{A,eq,MZ}$	ekvivalentní hladina akustického tlaku A datové části mostního závěru
$L_{A,peak,MZ}$	špičková hladina akustického tlaku A datové části mostního závěru
$L_{C,eq,MZ}$	ekvivalentní hladina akustického tlaku C datové části mostního závěru
$L_{C,peak,MZ}$	špičková hladina akustického tlaku C datové části mostního závěru
$L_{A,eq,Za\ MZ}$	ekvivalentní hladina akustického tlaku A datové části Za MZ
$L_{A,peak,Za\ MZ}$	špičková hladina akustického tlaku A datové části Za MZ
$L_{C,eq,Za\ MZ}$	ekvivalentní hladina akustického tlaku C datové části Za MZ
$L_{C,peak,Za\ MZ}$	špičková hladina akustického tlaku C datové části Za MZ

vše v [dB], přičemž:

- **Ekvivalentní hladiny** – hodnotí se průměr z jednotlivých mikrofonů;
- **Špičkové hladiny** – hodnotí se maximální hodnota z jednotlivých mikrofonů;

Kromě výše uvedeného minimálního rozsahu vyhodnocovaných parametrů se doporučuje rovněž zaznamenávat i kompletní časový průběh frekvenčního spektra a zvukový záznam, pro

potřeby možné podrobnější datové analýzy v případě možných anomálií a specifických požadavků zadavatele na vyhodnocení dat.

Výše popsaný postup časového klíčování a následné vyhodnocení jednotlivých parametrů je možné provést jak manuálně, tak pomocí automatizovaného datového zpracování. V obou případech je nutné doložit správnost postupu identifikace středu mostního závěru, vytvoření jednotlivých datových oblastí a výpočtu jednotlivých parametrů.

K identifikaci nadměrné emisní hlučnosti mostního závěru pak může být použito následujících návrhových kritérií:

Parametr	Emisní hlučnost MZ		
	V toleranci	Zvýšená	Nadměrná
$L_{C,eq,Před\ MZ}$	< 100 dB	100 – 106 dB	> 106 dB
$L_{C,eq,Za\ MZ}$			
$L_{C,peak,MZ}$	< 122 dB	122 – 128 dB	> 128 dB
$L_{C,peak,MZ} - L_{C,eq,Před\ MZ}$	< 20 dB	20 – 28 dB	> 28 dB
$L_{C,peak,MZ} - L_{C,eq,Za\ MZ}$			

Závažnost zvýšené emisní hlučnosti mostního závěru pak odpovídá počtu a míře překročení normových hodnot jednotlivých kritérií, přičemž může být použito následující kategorizace závažnosti:

- Pokud jsou všechna kritéria vyhodnocena jako „V toleranci“, je vydáno **pozitivní stanovisko**;
- Pokud jsou nanejvýš 3 z 5 kritérií výše vyhodnocena jako „Zvýšené“ a ostatní jsou v normě, je **vydáno pozitivní stanovisko s upozorněním** na konkrétní kritéria mimo toleranci;
- Pokud jsou 4 a více kritérií vyhodnoceno jako „Zvýšené“, je vydáno **dočasné pozitivní stanovisko a doporučení** ke sjednání nápravy při nejbližší HMP či plánovaných opravách mostu;
- Pokud je byť jen jedno kritérium vyhodnoceno jako „Nadměrné“, je vydáno **negativní stanovisko a doporučení ke sjednání okamžité nápravy**;

### 3.7.5. Měření hlučnosti mostního závěru – stacionární akustická měření

V rámci měření hlučnosti mostního závěru stacionárním akustickým měřením se sledují parametry ekvivalentní a špičkové hladiny akustického tlaku s frekvenčními váhovacími filtry A a C ( $L_{A,eq}$ ,  $L_{A,Fmax}$ ,  $L_{C,peak}$ ,  $L_{AE}$  – vše v dB) a dvojí časovou konstantou (Slow a Impuls), viz kapitola 3.4.2.

Po korektním sběru dat pomocí technického vybavení definovaném kapitolou 3.5.3 a dodržení okrajových podmínek 3.1.1 a postupu dle kapitoly 3.6 musí být akustická data přesně časově synchronizována s kamerovým záznamem (určení kategorie vozidla přejíždějícího přes závěr) a záznamem z rychlostního radaru (rychlost průjezdu vozidla v okamžiku přejezdu závěru).

Pro všechny použité měřicí polohy jsou následně vyhodnoceny všechny sledované akustické parametry. Jejich minimální rozsah shrnuje následující přehled:

$L_{A,eq,nad\ MZ}$	ekvivalentní hladina akustického tlaku A nad MZ
$L_{A,Fmax,nad\ MZ}$	maximální hladina akustického tlaku A nad MZ
$L_{C,peak,nad\ MZ}$	špičková hladina akustického tlaku C nad MZ
$L_{AE,nad\ MZ}$	hladina zvukové expozice A nad MZ
$L_{AImax,nad\ MZ}$	hladina maximálního akustického tlaku A při dynamické charakteristice měřidla I (Impuls) nad MZ
$L_{ASmax,nad\ MZ}$	hladina maximálního akustického tlaku A při dynamické charakteristice měřidla S (Slow) nad MZ
$L_{A,eq,pod\ MZ}$	ekvivalentní hladina akustického tlaku A pod MZ
$L_{A,Fmax,pod\ MZ}$	maximální hladina akustického tlaku A pod MZ
$L_{C,peak,pod\ MZ}$	špičková hladina akustického tlaku C pod MZ
$L_{AE,pod\ MZ}$	hladina zvukové expozice A pod MZ
$L_{AImax,pod\ MZ}$	hladina maximálního akustického tlaku A při dynamické charakteristice měřidla I (Impuls) nad MZ
$L_{ASmax,pod\ MZ}$	hladina maximálního akustického tlaku A při dynamické charakteristice měřidla S (Slow) nad MZ
$L_{A,eq,vedle\ MZ}$	ekvivalentní hladina akustického tlaku A vedle MZ
$L_{A,Fmax,vedle\ MZ}$	maximální hladina akustického tlaku A vedle MZ
$L_{C,peak,vedle\ MZ}$	špičková hladina akustického tlaku C vedle MZ
$L_{AE,vedle\ MZ}$	hladina zvukové expozice A vedle MZ
$L_{AImax,vedle\ MZ}$	hladina maximálního akustického tlaku A při dynamické charakteristice měřidla I (Impuls) nad MZ
$L_{ASmax,vedle\ MZ}$	hladina maximálního akustického tlaku A při dynamické charakteristice měřidla S (Slow) nad MZ

Vedle znamená ve vzdálenosti 1 m, 30 m, 60 m a 120 m – dle potřeby a možností.

Kromě výše uvedeného minimálního rozsahu vyhodnocovaných parametrů se doporučuje rovněž zaznamenávat i kompletní časový průběh frekvenčního spektra a zvukový záznam, pro potřeby možné podrobnější datové analýzy v případě možných anomálií a specifických požadavků zadavatele na vyhodnocení dat.

Vzhledem k tomu, že stacionární měření hlučnosti MZ se provádí až ve fázi zvýšené hlučnosti mostního závěru objektivně zjištěné dynamickými metodami, slouží primárně pro přesnější identifikaci původce zvýšené hlučnosti a prostorové distribuce hlukové emise. Princip



hodnocení stacionárních akustických měření se tak předpokládá vždy alespoň z části individuální s ohledem na zadaný rozsah měření a situaci a stav konkrétního mostního závěru a v gesci subjektu provádějícího diagnostiku. Doporučené sledované faktory v rámci vyhodnocení mohou být např.:

- Intenzita a frekvenční spektrum hlukové emise nad a pod MZ a vzájemné porovnání;
- Intenzita a frekvenční spektrum hlukové emise v různých vzdálenostech od MZ;
- Vyhodnocení splnění definice impulsního hluku v různých vzdálenostech od MZ, včetně kritické vzdálenosti, od které se již o impulsní hluk nejedná;
- Vyhodnocení veškerých výše uvedených parametrů a faktorů ve vztahu k relevantním hygienickým limitům hluku, s ohledem na charakter nejbližší zástavby;

### **3.7.6. Akustická diagnostika mostního závěru systémem akustické kamery**

Akustická diagnostika mostního závěru systémem akustické kamery je prováděna pouze ve specifických případech definovaných kapitolou 3.6.5.

Vzhledem k tomu, že se jedná převážně o vědecko-výzkumné či vývojové práce např. při návrhu nových typů mostních závěrů, žádná konkrétní hodnotící kritéria pro tato měření nejsou definována. Princip hodnocení měření se tak předpokládá vždy individuální s ohledem na zadaný rozsah měření a situaci a stav konkrétního mostního závěru a je plně v gesci subjektu provádějícího diagnostiku.

### **3.7.7. Měření geometrie mostního závěru planografem**

Měření geometrie mostního závěru planografem je prováděno pouze ve specifických případech definovaných kapitolou 3.6.5.

Vzhledem k tomu, že se jedná převážně o vědecko-výzkumné či vývojové práce např. při návrhu nových typů mostních závěrů, žádná konkrétní hodnotící kritéria pro tato měření nejsou definována. Princip hodnocení měření se tak předpokládá vždy individuální s ohledem na zadaný rozsah měření a situaci a stav konkrétního mostního závěru a je plně v gesci subjektu provádějícího diagnostiku.

### **3.7.8. Dynamické měření mechanických vlastností MZ (zrychlení, napětí)**

Dynamické měření mechanických vlastností mostního závěru je prováděno pouze ve specifických případech definovaných kapitolou 3.6.5.

Vzhledem k tomu, že se jedná převážně o vědecko-výzkumné či vývojové práce např. při návrhu nových typů mostních závěrů, žádná konkrétní hodnotící kritéria pro tato měření nejsou definována. Princip hodnocení měření se tak předpokládá vždy individuální s ohledem na zadaný rozsah měření a situaci a stav konkrétního mostního závěru a je plně v gesci subjektu provádějícího diagnostiku.

### 3.8. Interpretace a sdílení výsledků diagnostiky emisní hlučnosti MZ

Za účelem jednotné interpretace a sdílení výsledků diagnostiky emisní hlučnosti mostního závěru byl navržen doporučený formát „Pasportu mostního závěru“ (PMZ), který představuje ucelený přehled o použitých měřicích metodách a nejdůležitějších výsledcích. Ukázkou formátu zpracovaného PMZ znázorňují následující obrázky.


Konkrétní podoba PMZ může být průběžně upravována relevantními prováděcími předpisy provozovatele komunikace.

CK020000304 HLUMOZ <b>Pasport mostního závěru</b>				
IDENTIFIKACE				
Číslo mostu:	SO A210		Typ MZ:	lamelový
Název mostu:	dálniční estakáda Prackovice		Upřesnění:	4 lamely, rovný profil
Další popis:	dálnice D8, most - SO A210 (D8 - 064), km 58,00		Kryt vozovky - komunikace:	asfaltový
Měřený MZ:	OP2		Kryt vozovky - mostovka:	asfaltový
PODMÍNKY MĚŘENÍ				
Datum měření:	26.06.2022		Čas měření:	09:00 - 13:00
Teplota vzduchu:	21 - 28 °C		Povrch:	suchý
Vlhkost vzduchu:	56 - 78 %		Srážky:	NE
Poznámky k podmínkám měření: Prostor pro poznámky				
POUŽITÉ MĚŘICÍ METODY				
AKUSTIKA			MECHANIKA	
Dynamická metoda CPX:	X		Laserový profil:	X
Průjezdná rychlost (CPX):	80 km/h		Rovinatost:	X
Stacionární měření:	X		Planograf:	
Širší vztahy:			Dynamické odezvy:	X
NAMĚŘENÉ HODNOTY				
LASEROVÝ PROFIL				

Obrázek 20: Pasport mostního závěru (PMZ) - část 1

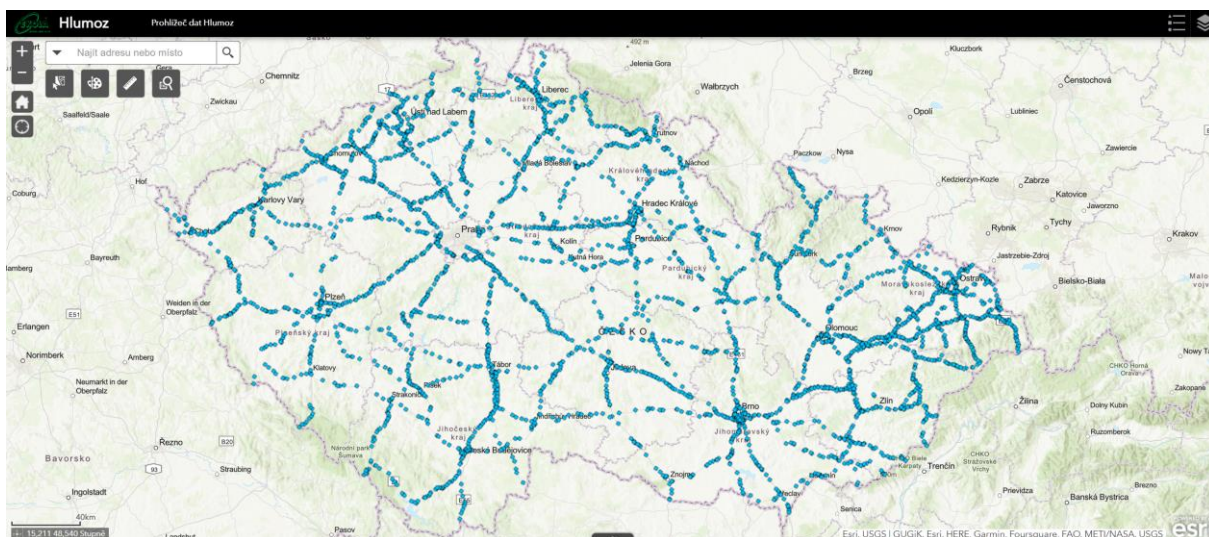
DYNAMICKÁ METODA CPX								
Parametr	Mostovka	Mostní závěr			Komunikace	Poznámky:		
L <sub>Aeq</sub> (dB)	98,9	103,5			98,8	Prostor pro poznámky		
L <sub>AFmax</sub> (dB)	100,2	104,6			102,4			
L <sub>Apeak</sub> (dB)	111,5	117,7			111,6			
STACIONÁRNÍ MĚŘENÍ								
Parametr	Nahoře	Dole			Poznámky:			
L <sub>Aeq</sub> (dB)	85,9	94,1			Prostor pro poznámky			
L <sub>AFmax</sub> (dB)	88,2	98,0						
L <sub>Cpeak</sub> (dB)	102,6	119,4						
ŠIRŠÍ VZTAHY								
<i>Neměřeno</i>								
ROVINATOST								
Označení mostu:		D8-064..1						
Poloha:		OP2						
Typ mostního závěru:		lamelový MZ (protihluková úprava)						
		Algamod LW400						
Jízdní pruh:		pravý (pomalý) pruh						
Označení profilů MZ:		krajový profil 0	lamela 1	lamela 2	lamela 3	lamela 4	krajový profil 5	
Rozevření MZ [mm]	osa L kola	-	21,5	24,8	30,5	25,6	30,4	-
	osa JP	-	23,0	23,6	29,5	29,5	28,4	-
Nerovnost 4 m lať [mm]	osa L kola	3,5	2,8	3,9	3,4	3,8	4,8	
	osa JP	4,4	2,4	4,5	4,2	3,9	4,3	
Nerovnost MZ-lamely [mm]	osa L kola	-	-0,5	0,5	-0,2	-0,1	-	
	osa JP	-	-0,5	0,7	0,2	-0,2	-	
Podélný sklon - 4 m lať [%]	osa L kola	0,105						
	osa JP	0,120						
Podélný sklon – mostní závěr [%]	osa L kola	0,099						
	osa JP	0,125						
Příčný sklon – mostní závěr [%]		0,250						
PLANOGRAF								
<i>Neměřeno</i>								
ZRYCHLENÍ								
<i>Neměřeno</i>								

Obrázek 21: Pasport mostního závěru (PMZ) - část 2

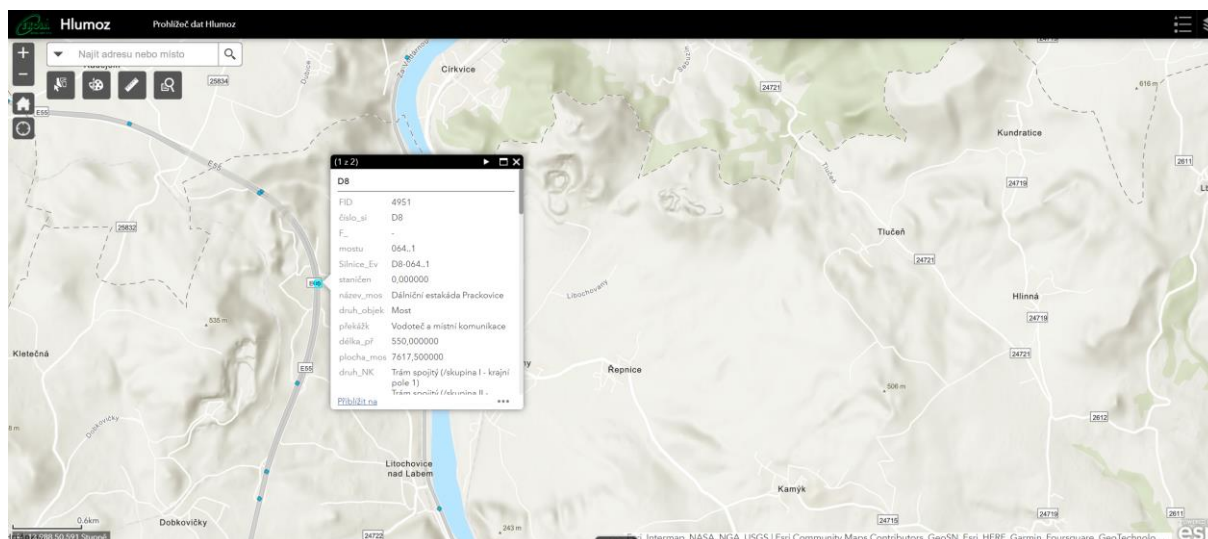
FOTODOKUMENTACE	
Obrázek	Poznámka:
	<p>Pohled na mostní závěr</p>
POZNÁMKY	
<p>Prostor pro poznámky</p>	

Obrázek 22: Pasport mostního závěru (PMZ) - část 3

Současně se doporučuje výsledky diagnostiky průběžně zpracovávat ve formě datových vrstev geografického informačního systému (GIS), aby bylo možné efektivně sledovat časové trendy a územní pokrytí diagnostickými pracemi.



Obrázek 23: Ukázka GIS aplikace s importovanou vrstvou mostních závěrů



Obrázek 24: GIS - detail mostu D8-064

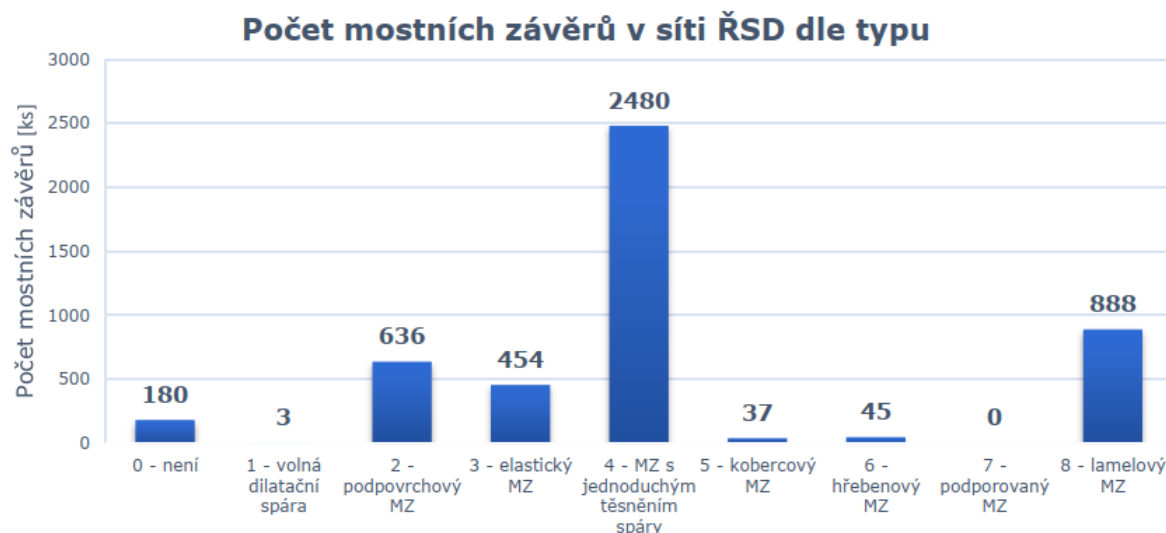
## 4. DETEKCE FUNKČNÍCH CHARAKTERISTIK MOSTNÍCH ZÁVĚRŮ

Ve specifických případech definovaných kapitolou 3.6.5 může být u MZ předepsáno měření mechanických vlastností (zrychlení, napětí). Na tato měření mohou navázat další práce v podobě zpracování dynamických modelů mostního závěru k podrobnějšímu prozkoumání a identifikace původce nadměrné hlučnosti či její optimalizace.

Tato kapitola slouží k hlubšímu pochopení dynamických a mechanických jevů, ke kterým dochází v konstrukci mostního závěru při jeho pojezdech vozidla, stejně tak jako k popisu procesu tvorby, validace a práce s dynamickými numerickými modely.

### 4.1. Pokyny k prohlídkám závěrů

Prohlídka mostních závěrů se standardně provádí v době hlavní prohlídky mostu, nebo prohlídky mimořádné a je i navázáno na screeny popsané zde výše. Navazuje i na daný typ závěru, přičemž největší skupinou jsou závěry s jednoduchým těsněním spáry a lamelové závěry.



Obrázek 25: Rozdělení typů závěrů v síti ŘSD ČR

Při prohlídce je nutné závěr vždy zpřístupnit, a to jak zdola, optimálně na dosah ruky, tak i shora buď dynamicky, nebo za pomoci omezení provozu fyzicky. Kontrolují se pak:

- **Funkční požadavky**
  - Hlučnost závěru při přejezdu, hlukové anomálie, cvakání, řinčení, atypické rány, které by mohly svědčit o poruše, vůlích, trhlině atd. V systému závěru či jeho vedení.
  - Nerovnost vozovky, zejména pokud vede k navýšení dynamických účinků. Typicky jde o propady přechodových oblastí, převýšení vozovky nad krajový profil atd.
- **Poruchy těsnosti**
  - Poruchy těsnicí gumy, proražení, vytažení z profilu.
  - Poruchy těsnosti izolace, většinou se projevují zdola pod závěrem, pokud není napojení izolace dobře provedené, u betonu jsou patrné výluhy, u oceli lokální korozní poškození.
- **Poruchy statické funkce**
  - Poruchy vodících elementů, ztráta předpětí, poruchy šroubových a svarových spojů.
  - Porušení lamely, zejména trhliny v lamele, prvním projevem bývá výluh koroze pod závěrem.
  - Poruchy kotvení, jak do vozovky, tak do nosné konstrukce, u hřebenových závěrů kotvení šroubovým spoji a kotvami. Poruchy mohou být i ve špatném podlité pod kotevními šrouby.
- **Ostatní poruchy**
  - Poruchy protikorozní ochrany, koroze profilů a prvků.
  - Poruchy dílčích částí, krycích plechů a dalších.

V následujících obrázcích jsou pak uvedeny jako návod typické poruchy mostních závěrů a navazujících částí.



Obrázek 26: Vlevo poškození PKO svislých ploch (odlupování), místy začínající drobná povrchová koroze, vpravo rozsáhlá koroze MZ, prolomení profilů, nerovnoměrné rozevření lamel, deformace profilů apod.



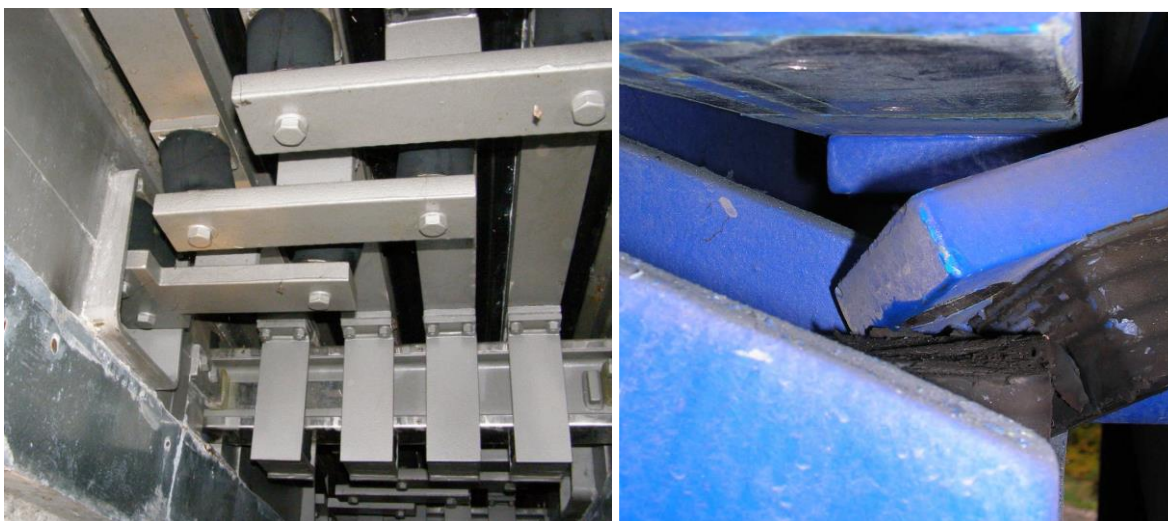
Obrázek 27: Sevřený mostní závěr nad opěrou, porucha založení, vpravo porucha PKO



Obrázek 28: Vlevo přechodová oblast zvlněna, viditelné příčné nebo podélné nerovnosti, vpravo u přechodové oblasti výtluky různého rozsahu



Obrázek 29: Vlevo trhlina v napojení středové lamely, vpravo korozní produkty – D0-192..2 před havárií MZ



Obrázek 30: Lamelové mostní závěry - nerovnoměrné rozevření spár, poškození elastomerových prvků vlevo, vpravo zničený prvek podepření středové lamely [6]



Obrázek 31: Hřebenový mostní závěr - praskání kotevních šroubů, kaverny v ukotvení a neprobetonované oblasti





Obrázek 32: Elastický mostní závěr - nekvalitní provedení, vpravo kobercový závěr - chybějící kotvení



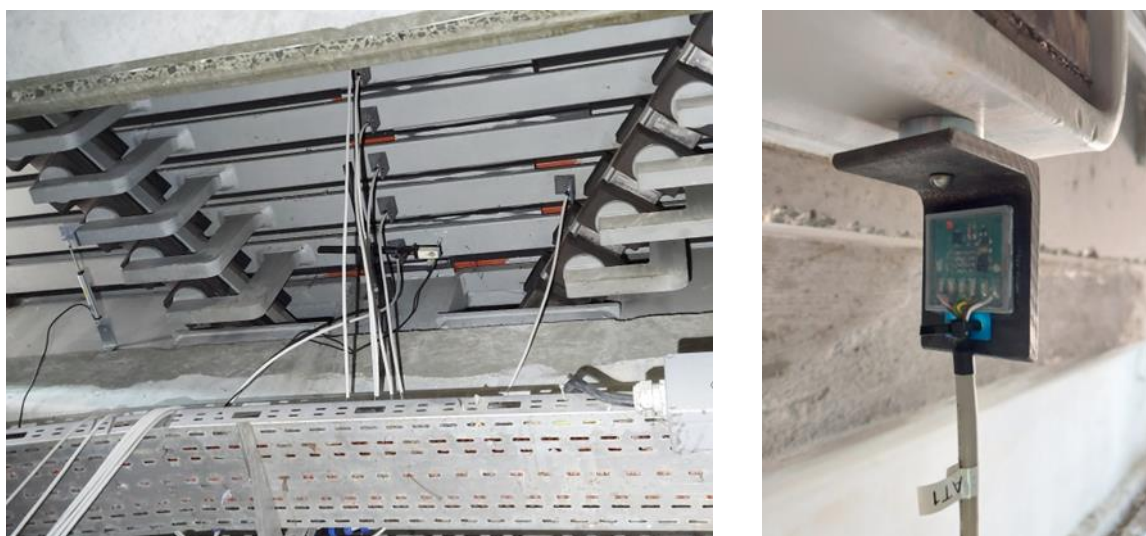
Obrázek 33: Kobercový mostní závěr - poškození prvků, rozpad v oblasti svarů a vnitřních výztuh

## 4.2. Sestavení a aplikace měřicí linky pro experimentální ověření MZ

Během řešení problematiky výzkumného projektu HLUMOZ byly provedeny tři experimentální analýzy dynamického chování konstrukcí tří rozdílných typů mostních závěrů během standardního silničního provozu. První experiment byl proveden na mostu na silničním okruhu kolem Prahy D0 (ev. č. D0 - 194..1 a 2) na mostním závěru Maurer DS560GO - tiché provedení, další byl realizován na mostu na dálnici D8 u Prackovic (ev. č. D8-064..1) na mostním závěru Algamod LW400 a poslední byl uskutečněn na mostu přes Labe na silnici 272 u Litole (ev. č. 272 - 004), kde bylo zkoumáno dynamické chování lamelového mostního závěru Mageba LR3-A/80. Vedle těchto tří experimentů bylo provedeno ještě jedno měření na mostu na dálnici D1 u Hvězdonic (ev. č. D1-034..1) zaměřené na stanovení vlastních frekvencí a tvarů vlastního kmitání mostního závěru CIPEC WP firmy Freyssinet, které proběhlo za vyloučeného provozu.

Ze zkušeností získaných během výzkumných aktivit projektu vyplývá, že dynamické chování mostních závěrů je specifické a že standardní měřicí linky používané k experimentální dynamické analýze stavebních konstrukcí v měřítku zrychlení, kdy je zpravidla kladen důraz na vysokou citlivost použitých snímačů zrychlení a na schopnost zachytit dostatečně přesně i kmitání na nízkých frekvencích, nejsou vhodné pro experimenty prováděné na mostních závěrech, při kterých je sledováno jejich kmitání při přejezdech silničních osobních a zejména nákladních vozidel.

Měřicí linka, která se během řešení projektu ukázala jako nejvhodnější pro aplikaci na mostních závěrech, se skládala z měřicí ústředny EMS DV 803 od výrobce Miroslav Pohl Brno, která má 32 kanálů, a tříosých snímačů zrychlení ADXL325, které byly k měřicí ústředně připojeny pomocí stíněných kabelů. Aby byla minimalizována doba potřebná pro manipulaci a přichycení snímačů zrychlení ke konstrukci mostního závěru, byly snímače připevněny pomocí epoxidového lepidla k fixačním podložkám vyrobeným z ocelových rovnoramenných úhelníků, ke kterým byly současně připojeny dostatečně silné neodymové magnety. Magnety byly opatřeny vnitřním závitem a k fixačním podložkám byly přišroubovány, proto je bylo možné podle potřeby relativně snadno vyměnit za magnety s větší přídržnou magnetickou silou. Použitý způsob upevnění snímačů zrychlení ADXL325 na nosné konstrukci mostního závěru je dobře patrný na Obrázek (34).



Obrázek 34: Spodní pohled na konstrukci mostního závěru Maurer DS560GO se snímači zrychlení ADXL325 instalovanými na jednotlivých lamelách (vlevo) a detailní pohled na snímač zrychlení ADXL325 upevněný ve fixační podložce přichycené ke konstrukci mostního závěru pomocí neodymového magnetu.

Základními prvky měřicí linky, které ovlivňují kvalitu naměřených dat při dynamickém experimentu na mostním závěru jsou měřicí ústředna a k ní připojené snímače dynamické odezvy mostního závěru.

Nároky na měřicí ústřednu, která má být využívána při experimentální dynamické analýze mostních závěru, nejsou neobvyklé. Jak vyplynulo během řešení projektu, omezujícím prvkem je zejména to, zda je k ústředně možné připojit snímače, které jsou vhodné pro použití na mostních závěrech. A na základě zkušeností z řešení projektu je doporučováno uspořádat měření tak, aby bylo minimalizováno riziko rušení měřených dynamických signálů sít'ovou frekvencí 50 Hz z elektrické rozvodné sítě. K omezení tohoto nežádoucího jevu je vhodné použít k napájení měřicí ústředny zdroj stejnosměrného napětí (například akumulátor s dostatečnou kapacitou), který je nezávislý na elektrické rozvodné síti.

Při všech realizovaných experimentech na mostních závěrech zaměřených na dynamické účinky běžného dopravního proudu byly zaznamenány vysoké špičkové hodnoty zrychlení. Na mostních závěrech Maurer DS560GO a Algmod LW400 byly zaznamenány výkmity zrychlení dosahující až cca  $43 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Při experimentu na mostu na dálnici D5 u Ejpovic, který proběhl v roce 2015 nezávisle na řešeném projektu a při kterém bylo sledováno kmitání mostního závěru 3W, dosáhl největší zaznamenaný výkmit zrychlení až hodnoty zhruba  $115 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Z výše

uvedeného vyplývá, že pro dynamický experiment, při kterém přes mostní závěr přejíždí dopravní proud, je potřebné použít snímače, jejichž amplitudový rozsah umožňuje takto vysoké úrovně kmitání zachytit. Při výše zmíněných experimentech na mostních závěrech mostů na komunikacích D0, D8 a 272 byly použity snímače zrychlení ADXL 325, jejichž typický amplitudový rozsah uváděný výrobcem je do cca 60 m.s<sup>-2</sup>., případně snímače ADSX 278, umožňující rozsah do 500 m.s<sup>-2</sup>. Každopádně se doporučuje, při použití jakékoliv linky, osadit alespoň jeden kontrolní snímač ADXL 278 s velkým rozsahem, jako kontrolní, neboť dosažení limitu rozsahu snímače nemusí být v terénu jednoznačně patrné.

Vysoké úrovně zrychlení, které jsou dosahovány při kmitání mostních závěrů, ovlivňují i způsob připevnění snímačů na jejich konstrukci. Nároky na připojení snímačů na konstrukci mostního závěru jsou navíc limitovány geometrií jednotlivých typů mostních závěrů.

Jak bylo uvedeno výše, způsob upevnění snímačů zrychlení ke konstrukci mostního závěru, který byl využit při experimentech realizovaných v rámci řešení projektu, umožňuje v případě výskytu vysokých hodnot zrychlení použít neodymové magnety s větší přídržnou magnetickou silou. Podcenění velikosti špičkových hodnot zrychlení, které se mohou při experimentech na mostních závěrech vyskytnout, může vést ke zkreslení získaných výsledků v důsledku překročení amplitudového rozsahu použitých snímačů a ve výjimečných případech až k jejich nevratnému poškození kvůli překročení jejich nedestruktivního rozsahu například při pádů snímače na úložný práh opěry kvůli nedostatečné magnetické přídržné síle. Nedostatečná přídržná síla může vést i ke zkreslení naměřených dat kvůli nestabilitě pozice snímače na konstrukci mostního závěru, kdy může docházet k postupné změně polohy snímače.

Kmitání jednotlivých sledovaných mostních závěrů vyvolané přejezdy vozidel bylo zpracováváno také pomocí FFT (rychlé Fourierovy transformace). Vyhodnocená frekvenční spektra zrychlení mají společné to, že výrazné kmitání konstrukcí mostních závěrů je ve frekvenční oblasti spojitě od frekvencí nižších i než 5 Hz do frekvencí zhruba kolem 450 Hz. Podíl vyšších frekvencí na celkovém kmitání je malý až zanedbatelný. Při těchto experimentech byla na měřicí ústředně nastavena vzorkovací frekvence 1600 Hz, která umožňuje vyhodnocovat frekvence až do cca 640 Hz, což bylo vzhledem k výše zmíněným hodnotám ve frekvenčním spektru dostatečné. Pro zachycení okamžikových hodnot ale doporučujeme provést záznamy i frekvencí 3200 Hz a srovnat je s ohledem na zachycení extrémních špiček

Při dynamické analýze zaměřené na vlastní frekvence a tvary vlastního kmitání hřebenového mostního závěru CIPEC WP Freyssinet bylo kmitání způsobováno silovými impulzy vyvolávanými rázovým kladívkem. V tomto případě frekvenční spektrum obsahovalo výrazné frekvenční složky v intervalu od cca 350 Hz do cca 850 Hz.

Doporučené vhodné parametry experimentu zaměřeného na kmitání mostních závěrů způsobeného přejezdy vozidel jsou:

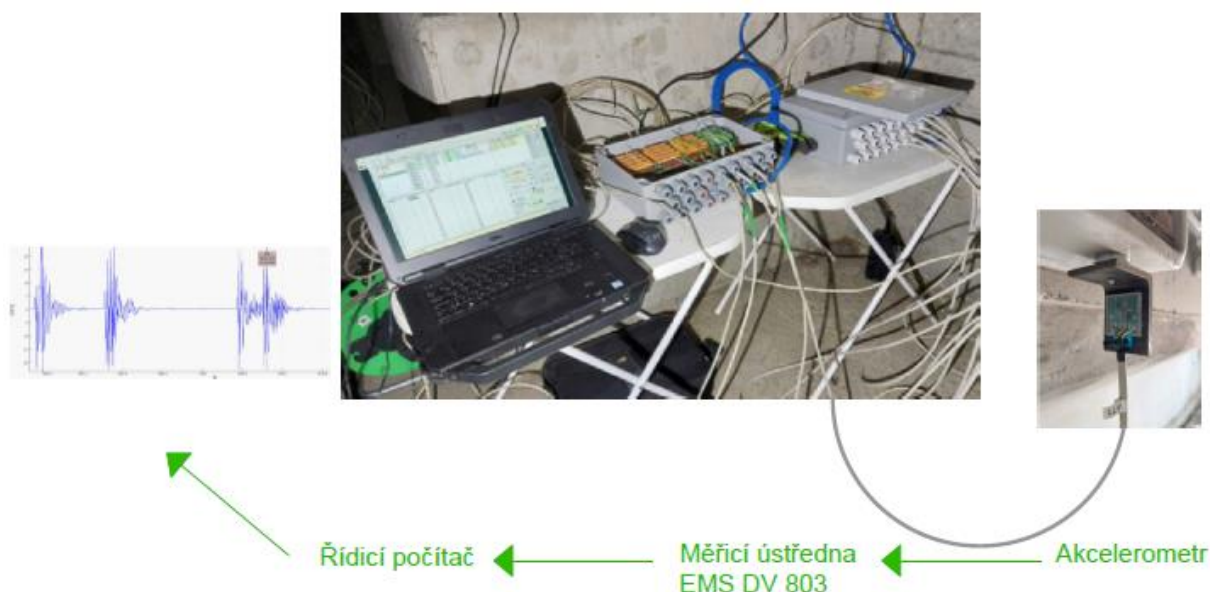
- Kmitání konstrukce mostního závěru měřit alespoň v 5 bodech na jeho konstrukci ve směru svislém (nebo přesněji ve směru kolmém na hlavní konstrukci mostního závěru) a ve směru vodorovném rovnoběžném s podélnou osou komunikace. V případě experimentů na mostních závěrech nacházejících se na komunikacích, kde je intenzivní nákladní doprava, se doporučuje ve sledovaných bodech měřit i ve směru vodorovném kolmém na podélnou osu komunikace, protože i v tomto směru může docházet k významnému kmitání konstrukce mostního závěru, jak se například ukázalo při experimentální dynamické analýze mostního závěru Maurer DS560GO, který se nachází na D0.
- Minimální amplitudový rozsah použitých snímačů zrychlení je 50 m.s<sup>-2</sup>.
- Doporučený minimální frekvenční rozsah použitých snímačů zrychlení je do 900 Hz.
- Použití kontrolního vysoko-rozsahového snímače,

- Zkontrolovat maximální výkmity zrychlení s ohledem na rozsah AD převodníku a případně snížit měřicí konstantu, pokud se číselná hodnota pohybuje na jeho krajním rozsahu.
- Minimální vzorkovací frekvence pro tento typ dynamického experimentu je 1 600 Hz. Podle konkrétních podmínek zkoumaného mostního závěru se doporučuje případně zvážit i vyšší vzorkovací frekvenci.
- U experimentů zaměřených na stanovení vlastních frekvencí a tvarů vlastního kmitání se doporučuje použít vzorkovací frekvenci alespoň 2200 Hz.
- Experiment je vhodné uspořádat tak, aby měření kmitání mostního závěru probíhalo minimálně po dobu 60 minut.

Na obrázku níže jsou zachyceny snímače zrychlení ADXL325 instalované na konstrukci mostního závěru Maurer DS560GO a detail přípravku umožňujícího snadnou manipulaci a připevnění snímače na mostní závěr, na kterém je zachycen snímač zrychlení ADXL325 upevněný na fixační podložce přichycené ke konstrukci mostního závěru pomocí neodymového magnetu.

Spodní pohled na konstrukci mostního závěru Maurer DS560GO se snímači zrychlení ADXL325 instalovanými na jednotlivých lamelách (vlevo) a detailní pohled na snímač zrychlení ADXL325 upevněný na fixační podložce přichycené ke konstrukci mostního závěru pomocí neodymového magnetu.

Na obrázku níže je znázorněno schéma optimalizované měřicí linky vhodné pro experimentální analýzu zaměřenou na kmitání konstrukcí mostních závěrů způsobeného přejezdy silničních vozidel.



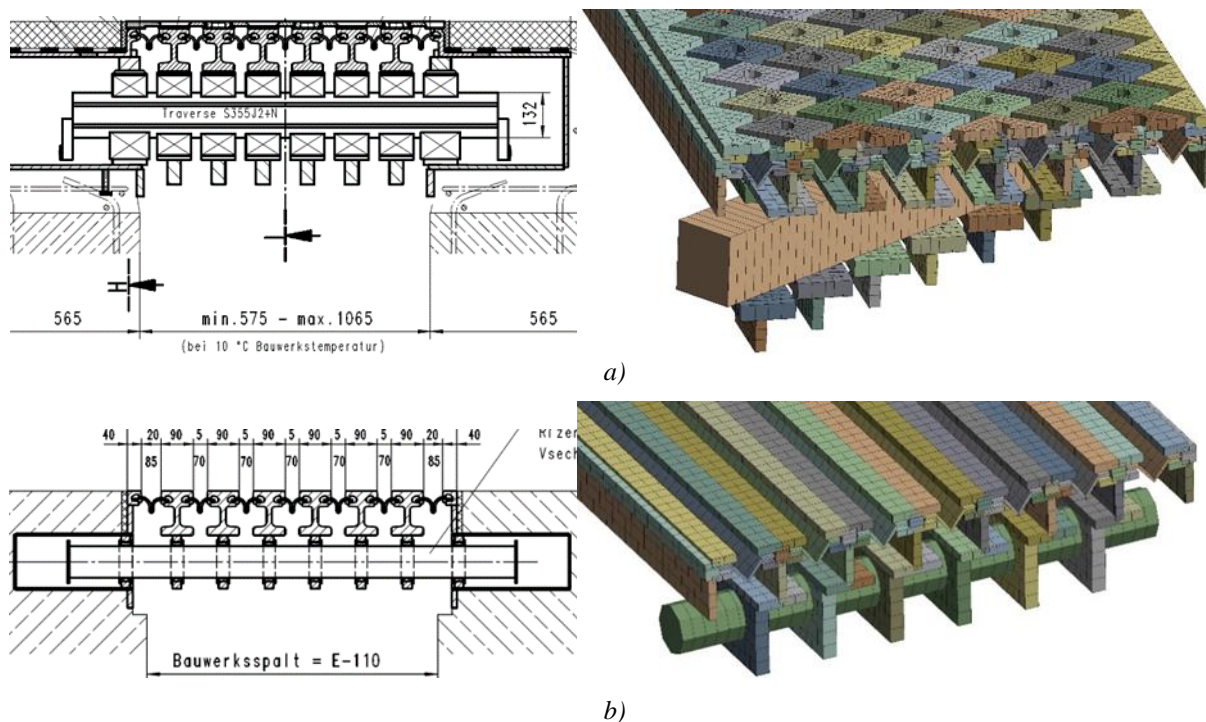
Obrázek 35: Schéma optimalizované měřicí linky, která byla použita pro experimentální analýzu dynamického chování mostních závěrů.

### 4.3. Sestavení a aplikace numerického modelu pro posouzení MZ

Posouzení hlučnosti mostního závěru, dále jen MZ, je komplexní úloha, která se skládá z posouzení odezvy nosné konstrukce na dynamické namáhání při přejezdě autem. Obecně, to znamená provedení implicitní dynamické analýzy na různých zatěžovacích úrovních s

následující aplikací dosažených zrychlení do vibroakustického modelu. V této části je stručně popsán postup takového výpočtu v programu *Ansys 2022 R2*.

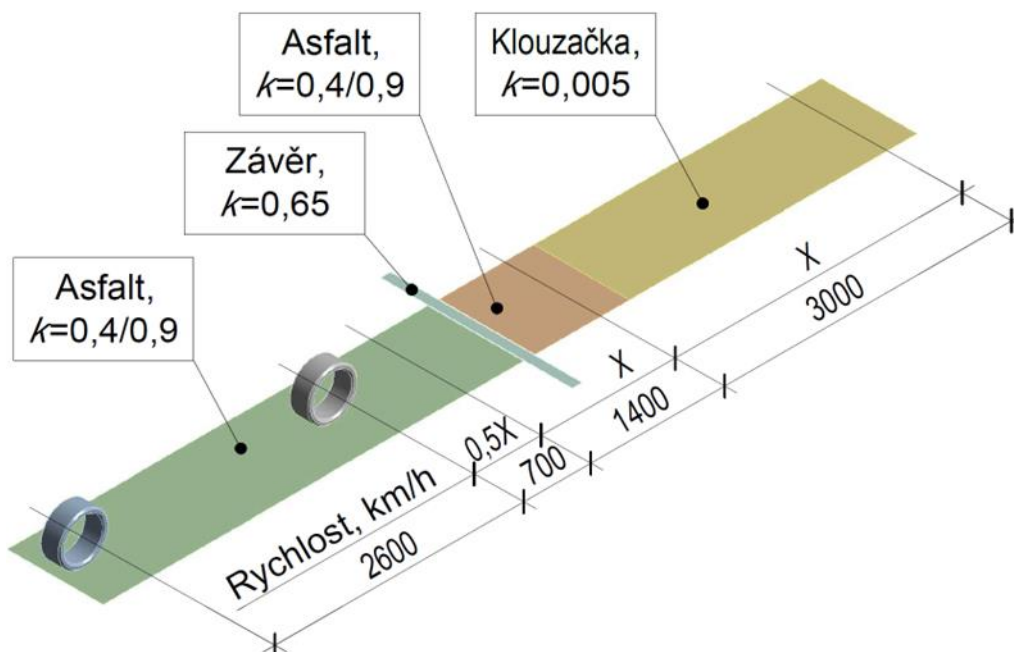
Geometrie nosné konstrukce musí být vytvořena dostatečně přesně. Jelikož jeden z cílů je modelování poruch, rozměry a umístění nosných prvků a kontakty musí odpovídat skutečnosti. Lze použít prutové, deskostěnové nebo prostorové numerické prvky. Pro snížení náročnosti na počítač lze všechny prvky, které nejsou přímo zatěžované nebo nejsou hlavním cílem analýzy, modelovat jako pruty. Velikost sítě musí být taková, aby dělila geometrické plechy alespoň na dva numerické prvky. Použití jemnějších sítí může být jen lokální ve sledovaných oblastech.



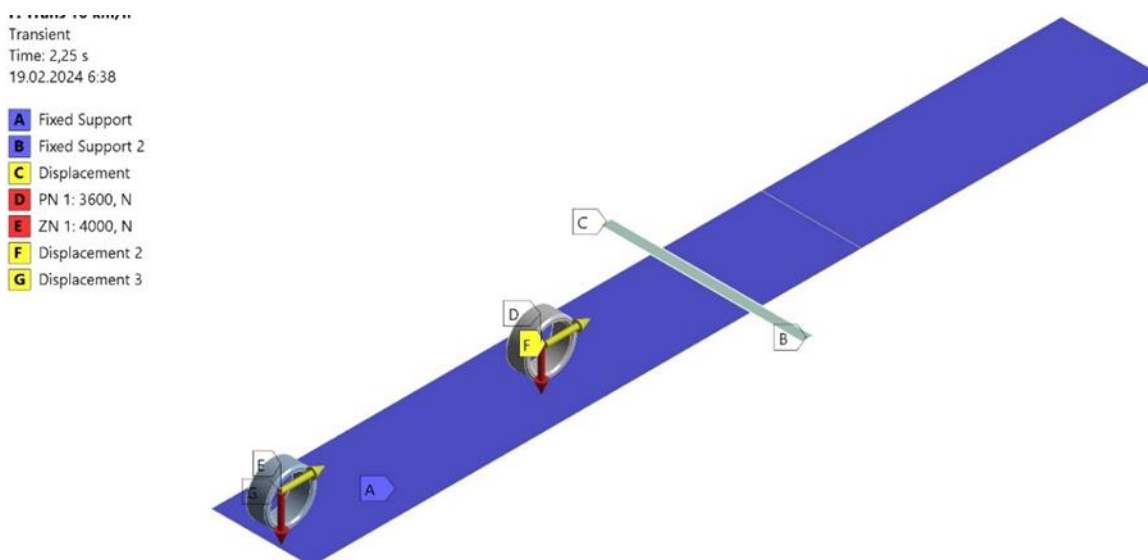
Obrázek 36: Příklad geometrie mostního závěru. Přičné řezy  
a) traverzou, b) římsovou traverzou

Přípravu a ověření numerického modelu a okrajových podmínek lze provést v modulu *Static Structural*. Tento typ výpočtu umožňuje jednoduše a rychle spočítat maximální průhyby, deformace a celkové chování nosné konstrukce. Modální analýza se provádí v řešiteli *Modal*. Celý numerický model lze přenést z modulu *Static Structural*. Pro modelování chování MZ s umělými vadami, jako jsou chybějící plastové vložky atd., je třeba zkoušené elementy potlačit proměnnou *Suppressed* ve složce *Geometry*.

Přejezd mostního závěru autem lze modelovat v *Transient Structural*. Tento řešitel provádí implicitní analýzu a umožňuje vypočítat zrychlení jednotlivých prvků mostního závěru v průběhu času. Numerický model musí být doplněn o 3 prvky, které modelují jízdní pruh před a po závěru, a o kola odpovídající rozměrům a rozestupu mezi nápravami skutečného auta. Plochy u NK mají charakteristiky asfaltového povrchu, extrémní součinitele tření jsou  $k = 0,4$  (pro mokrý povrch) nebo  $k = 0,9$  (pro absolutně suchý povrch). Posledním prvek je kluzná plocha, která má malou hodnotu součinitele tření  $k = 0,005$ .

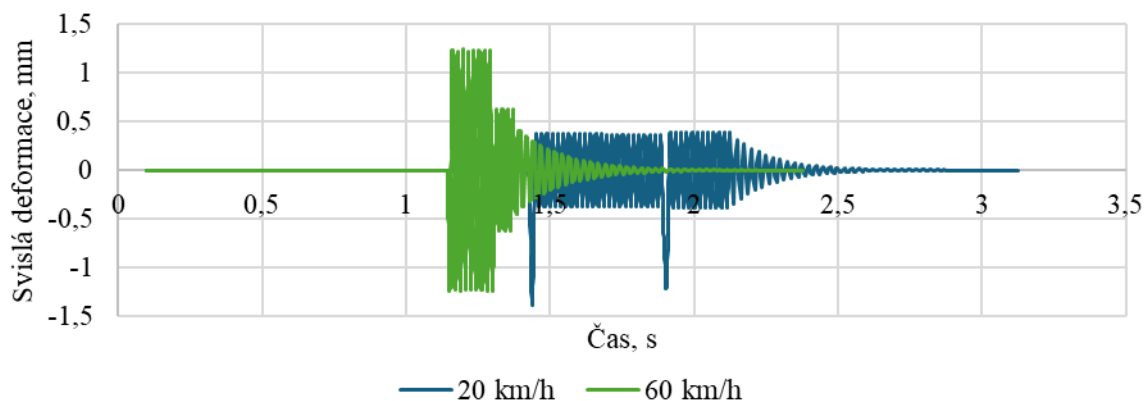


Obrázek 37: Příklad geometrie a parametrů numerického modelu v Transient Structural



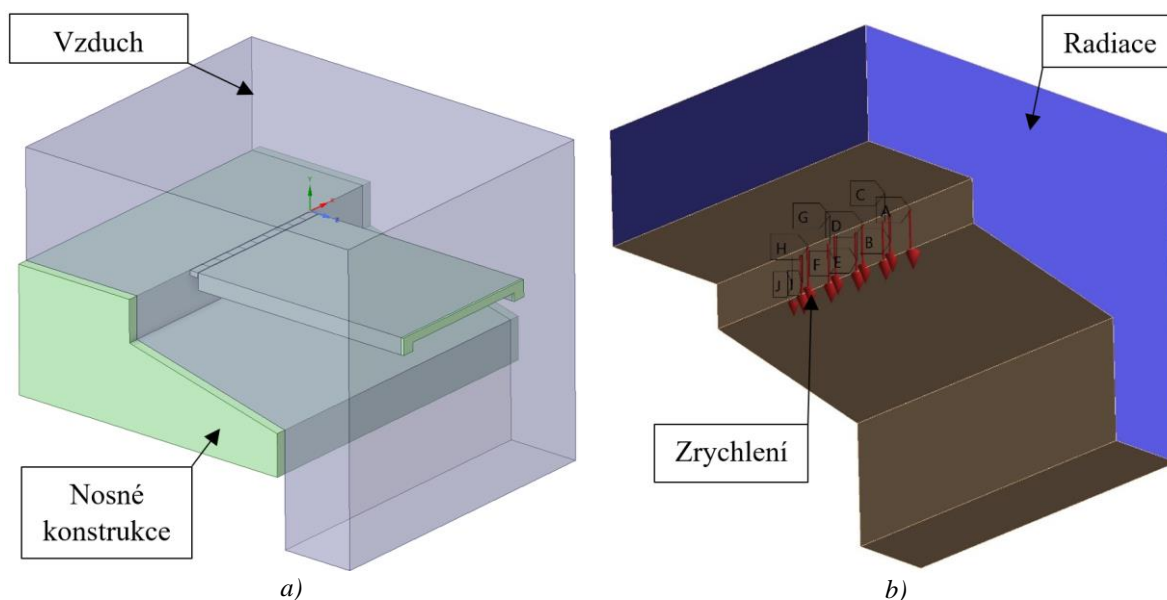
Obrázek 38: Příklad okrajových podmínek v Transient Structural

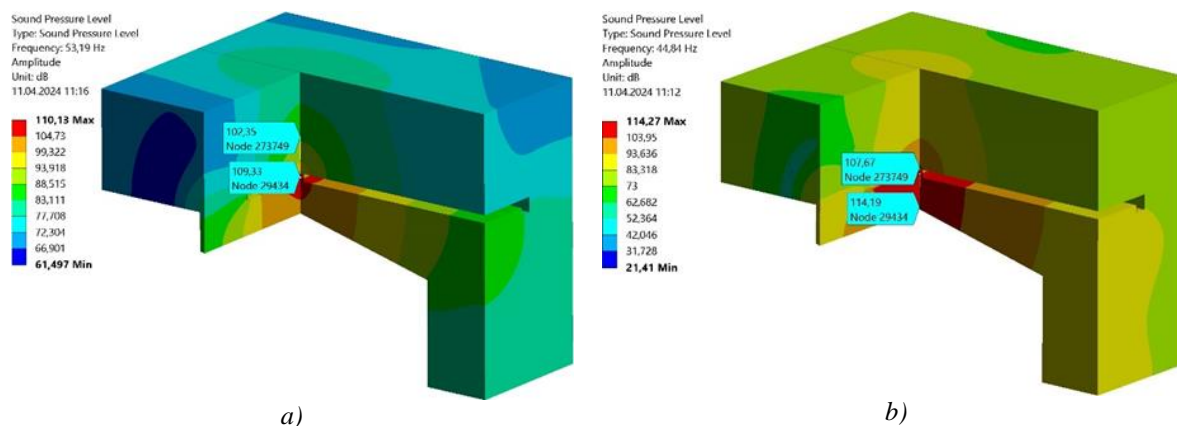
Jelikož délky jednotlivých částí jsou konstantní hodnoty, vodorovná rychlost je definována časem trvání jednotlivých kroků. Celý výpočet se skládá z 4 iteračních kroků: deformace, zrychlení do  $0,5x$  (kde  $x$  je konečná rychlost), zrychlení do  $x$  a klouzačka. V etapě deformace se kola od svislého namáhání mírně deformují, doporučena délka kroku je 1 vteřina s 20 *Substepy*. Rozdělení přejezdu na 2 části umožňuje prodloužit čas na roztočení kol v důsledku tření a jednoduše stabilizaci numerického modelu do maximální přípustné rychlosti 130 km/h, bez etapy  $0,5x$  byla maximální přípustná rychlost pouze 55 km/h. Poslední etapa, Klouzačka, dovoluje stabilizaci numerického modelu po dobu, která je potřebná k volnému dokmitání nosné konstrukce. Počet *Substepů* třech posledních kroků závisí na velikosti sítě.



Obrázek 39: Příklad svislé deformace v průběhu času

Hodnotu akustického tlaku lze stanovit vibroakustickou analýzou. V *Ansysu* se takový řešič nazývá *Harmonic Acoustic*. Kanonický postup výpočtu předpokládá vytvoření objemového modelu kmitající konstrukce a vzduchu kolem ní. V modulech *Harmonic Response* a *Modal*, v geometrii je potlačen vzduch, se počítají harmonické kmitání zatížené konstrukce, které se pak automatické přenášejí do *Harmonic Acoustic*, v geometrii je potlačen model konstrukce, a aplikují se na prázdné povrchy uvnitř elementu vzduch. Avšak tento řešitel umožňuje zrychlení jednotlivých bodů vkládat ručně. Takový způsob dovoluje dosažené hodnoty zrychlení z implicitní analýzy, modul *Transient Structural*, vložit rovnou do vibroakustický analýzy a spočítat nutnou hodnotu akustického tlaku. Okrajové podmínky vibroakustické analýzy jsou jednoduché – na všechny neomezené povrchy vzduchu musí být naložena radiace, *Radiation boundary*. Jestli hlavní cílem je stanovení akustického tlaku ve větší vzdálenosti od MZ, všechny povrchy, které se dotýkají s nosnými konstrukcemi, musí být zadány jako pohlcující, instrument *Absorption Surface*.


 Obrázek 40: Příklad vibroakustického numerického modelu  
 a) geometrie, b) okrajové podmínky



Obrázek 41: Příklady výsledků vibroakustického výpočtu od přejezdu autem z rychlostí a) 20 km/h, b) 60 km/h

Takový postup lze použít pro numerický výpočet špičkové hodnoty akustického tlaku od mostního závěru při přejezdu jakémkoli autem na různých rychlostech.

## 5. Zásady pro provádění vozovky na mostě navazující na mostní závěr

- Vozovku navrhnout tak, aby nedošlo ke zmenšení tloušťky vozovkového souvrství v oblasti podél mostního závěru a byly dodrženy minimální požadavky ČSN 73 6242, pokud to není nezbytné pro zajištění odvodnění povrchu izolace podél mostního závěru. Obecně je přípustné provádět zejména u dvouvrstvých vozovek obrusnou vrstvu i z litého asfaltu, přičemž platí, že v takovém případě musí být jak obrusná, tak ale i ochranná vrstva provedená z litého asfaltu.
- Vozovkové vrstvy musí být provedeny těsně ke konstrukci mostního závěru (ke krajovému profilu). Prostor mezi vozovkou s mostním závěrem je třeba vždy řádně utěsnit, a to s použitím vhodné záливkové hmoty. Vozovka navazující na krajový profil mostního závěru se provede vždy s nepatrným nadvýšením. Pro provádění záливky je třeba volit vhodné tmelící hmoty, u kterých je garantována dostatečně dlouhá trvanlivost a životnost. Zde opakovaně kritickým aspektem je riziko rychlejší ztráty pružnosti záливkové hmoty v čase, což může později vést k vzniku trhlin či obdobnému porušení v místě záливky s následným pronikáním vody. V důsledku dynamického účinku dopravy pak zpravidla dochází rychleji k rozšiřování poruchy, která **může vyústit až ke vzniku výtluku**. Detail provedení spáry mezi vozovkou a vnějším profilem mostního závěru, včetně odpovídajícího nadvýšení je uveden např. ve vzorových listech VL 4 (list 305.51).
- Před vlastní realizací vozovkového souvrství je vždy důležité ověřit funkčnost izolace proti vodě, neboť její porušení nebo nedokonalé přilnutí ke konstrukci mostovky, včetně přípojných prvků, bývá jednou z četných příčin předčasných poruch vozovky. Společně s tím je třeba zkontrolovat správnost sklonových poměrů (spádů), aby byl zajištěn odtok srážkové vody.



- Při navrhování a provádění obrusné vrstvy se dlouhodobě dává v oblasti mostního závěru přednost pokládce litého asfaltu v šířce pruhu 500 – 1000 mm (případně volba jiného řešení, které správce stavby odsouhlasí). Uvedené nevyklučuje možnost provedení obrusné vrstvy ze stejného typu asfaltové směsi jako ve zbývající části vozovky na mostě. V takovém případě je však potřebné zahájit strojní rozprostírání co nejblíže mostnímu závěru (minimalizovat rozsah ručně provedeného rozprostření asfaltové směsi). Následně je potřebné dodržet požadavky na hutnění, přičemž je třeba mít na paměti, že v oblasti mostního závěru budou vždy zhoršené podmínky pro ověření míry zhutnění. V současnosti jediným přípustným řešením je ověření míry zhutnění radiometrickou sondou (nedestruktivně), kde je jako klíčový žádoucí vstup potřebné použít odpovídající (správnou) referenční objemovou hmotnost zhutněné asfaltové směsi, aby se s maximální přesností ověřovala správně dosažená míra zhutnění. Potenciální riziko nedostatečného zhutnění stejně jako i nepřesného ověření míry zhutnění asfaltové vrstvy v těsné blízkosti mostního závěru představují skutečnosti, které jsou jedním z důvodů použití litého asfaltu, kde s ohledem k vlastní technologii provádění a principu, na kterém je tato směs založena, nehrozí riziko nedostatečného zhutnění.
- Obecně u novostaveb je preferována pokládka asfaltových vrstev na celou šířku vozovky na mostě. Pokud je cílem tento technologický krok dodržet i na mostech s mostním závěrem, který z hlediska polohy k ose komunikace není veden kolmo, je vhodné pokládku realizovat např. dvěma finišery, aby se minimalizoval rozsah míst s ruční pokládkou.
- Rizikem pokládky hutněných asfaltových vrstev navazujících bezprostředně na okrajový profil mostního závěru je nedostatečné zhutnění okrajových partií. To při následném silničním provozu vede k dohutňování asfaltové vrstvy a k riziku **vzniku nerovnosti v podobě trvalé deformace**. Taková porucha zhoršuje nejen komfort pro uživatele, ale současně je jednou z příčin zvýšen hlučnosti mostního závěru.
- V souladu s TP 86 platí, že mostní závěr nesmí být v žádném místě pojezděné plochy zapuštěn více než 5 mm (4 mm pro dálnice) pod úroveň povrchu přilehlé vozovkové části. Dodržení tohoto požadavku se kontroluje měřením 4 m latí položenou ve směru jízdy a přesahující min. 10 cm přes okraje závěru.
- Při realizaci obrusné vrstvy z litého asfaltu v okrajových částech mostního závěru lze pro zlepšení protismykových vlastností provádět dodatečné podrcení čerstvě rozprostřeného litého asfaltu drtí vhodné zrnitosti. V tomto případě je třeba věnovat zvýšenou pozornost ochraně mostního závěru, jak je uvedeno dále. Potenciální přidanou hodnotou, při volbě drceného kameniva vhodné zrnitosti a tvarového indexu, je dílčí snížení hlučnosti vozovky bezprostředně navazující na mostní závěr, a to vytvořením efektivní makrotextury povrchu.
- Před dokončením vozovkových vrstev musí být mostní závěr chráněn, aby nedošlo k jeho poškození nebo deformaci vlivem stavební dopravy nebo jiné stavební činnosti. Odpovídající ochranu je třeba volit i v průběhu realizace vozovky na mostě, a to včetně zamezení toho, že zrna rozprostírané asfaltové směsi jakkoli znečistí (zanesou) elementy mostního závěru.

- U nově realizované vozovky na mostě jsou vedle ověření míry ztuhnutí (nezbytné, aby nedestruktivní měření bylo vždy provedeno minimálně 1x na každé straně vozovky přiléhající k okrajové části každého mostního závěru a o jejím výsledku se vedla evidence s ohledem k případnému budoucímu výskytu poruch) prováděná i další in-situ měření hotové úpravy. Vedle ověření dodržení projektových výšek, prováděné geodetickými metodami se vždy jedná o ověření nerovností (podélných a příčných). V tomto případě se postupuje s využitím metod uvedených v ČSN 73 6175 (měření nerovností pomocí latě dle ČSN EN 13036-7 a ČSN EN 13036-8; měření nerovnosti s využitím profilometru dle ČSN EN 13036-6; měření nerovnosti s využitím planografu, případně stanovené nerovností z přesného geodetického měření). V posledních minimálně 5-10 letech se dlouhodobě sleduje a rozvíjí též potenciál využití přesného 3D scanování. V případě zjištění nerovností se primárně postupuje v souladu s kapitolou 4.4.4 normy ČSN 73 6242, kde jsou obecně upraveny kroky, jež je třeba zvolit v případě lokálních nerovností. Současně s tím v případě vozovek na mostech u pozemních komunikací spadající pod správu ŘSD se uplatní požadavky uvedené v TKP 7.

## 5.1. Zjišťování stavu vozkových vrstev a raná detekce poruch

Obecně platí, že u vozovky na mostě se k zjišťování technického stavu vozovky v průběhu její životnosti přistupuje shodně jako ke kterékoli jiné vozovce. V případě asfaltových vozovek upravuje postup diagnostického průzkumu, včetně návrhu údržby a oprav TP 87. Zde jsou uvedené podmínky provozní způsobilosti i klasifikace pro vybrané typy charakteristik či poruch (vlastní katalog poruch upraven samostatně v TP 82), včetně mezních hodnot odvozených od skutečnosti, zda se jedná o přejímku nově realizované vozovky, stav na konci záruční doby, stav běžné údržby nebo stav údržby a oprav vozovky.

U vozovek se primárně provádí pravidelné vizuální prohlídky, jejichž četnost se odvíjí od významu pozemní komunikace. Správce pozemní komunikace má dále možnost zajistit provedení zjištění stavu povrchových vlastností vozovky s využitím multifunkčního měřicího vozidla, které v závislosti na vybavenosti dokáže pořizovat obrazový záznam s vyhodnocením (využití různých typů kamer), dokáže měřit mezinárodní index nerovnosti IRI a případně další povrchové charakteristiky vozovky. Pokud měření nebude součástí delšího sledovaného úseku vozovky, je využití takového multifunkčního vozidla z pohledu části vozovek v bezprostřední blízkosti mostního závěru ekonomicky neefektivní. V tomto případě je efektivnější provést v prvním kroku vizuální prohlídku jako součást pravidelných prohlídek mostu a v případě, že osoba provádějící prohlídku identifikuje potenciální problém ve vozovce, doporučí správci provedení dalšího posouzení s využitím odborníka na oblast vozovek.

Daný odborník primárně posoudí míru rovinnosti vozovky navazující na obě okrajové části mostního závěru, a to v minimální vzdálenosti 1 m od těchto okrajů. Tradičním měřením je stanovení nerovností latí. Obdobně efektivním diagnostickým nástrojem je provedení 3D scanování se získáním a následným vyhodnocením mračen bodů, které poskytuje mnohem větší množství informací – vedle vlastní nerovnosti i dopčet hloubky vody nebo posouzení makrotextury. Pro tento účel je vhodné vycházet z návrhu změnového dodatku k ČSN 73 6175 „Určování nerovností vozovky metodou 3D laserového skenování“.

Samostatně je v případě výskytu počátečních trhlin nezbytné popsat jejich typ a navrhnout potřebné technické opatření, aby došlo k jejich utěsnění. Diagnostik v tomto případě má uvést i pravděpodobnou příčinu vzniku trhliny (důsledek zeslabení vozovkového souvrství, únava materiálu například v důsledku jeho nadměrné degradace apod.). Současně s tím je v případě existence zálivky mezi okrajovým profilem mostního závěru a navazující vozovkou potřebné vizuálně posoudit stav zálivky a dle potřeby navrhnout její odpovídající sanaci. Pro detailnější analýzu zálivky v současnosti neexistuje vhodná nedestructivní zkušební metoda.

V případě výskytu výtluku v okrajové části mostního závěru a navazující vozovky je třeba zdokumentovat jeho rozsah, vč. hloubky a současně s tím se v celé šíři mostního závěru zaměřit na sklonové poměry a vyloučit případné důsledky podélného pohybu vody, která může pod povrchem obrusné vrstvy stékat k místu porušení a zde se kumulovat a v důsledku účinku opakujícího se zatížení, klimatických vlivů, včetně působení rozmrazovacích látek vést k vzniku a šíření zjištěné lokální poruchy.

Samostatně diagnostik může v případě podezření na přítomnost diskontinuit v konstrukčních vrstvách vozovkového souvrství využít měření georadarem. Tato metoda nicméně vyžaduje a předpokládá dostatečnou znalost interpretace dat získaných měřeními touto metodou.

## 6. Literatura

- [1] ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů
- [2] Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, Kapitola 23 mostní závěry, MD ČR, 2007
- [3] TP 86: Systém jakosti v oboru pozemních komunikací XII. 2013, vydává ČKAIT
- [4] TP 80 - CD: Systém jakosti v oboru pozemních komunikací XII. 2013, vydává ČKAIT
- [5] LÁDYŠ, L. A KOL. Výpočet hluku z automobilové dopravy – aktualizace metodiky. Manuál 2018 – verze 2020. Praha: Ministerstvo dopravy ČR, 2020 ETAG32 - <http://www.eota.eu/en-GB/content/etags-used-as-ead/26/>
- [6] Katalog MZ. Pontex - <http://bms.vars.cz/Dokumenty/KatalogMDZ1109.pdf>
- [7] M. Pošvářová, Analýza poruch lamelových mostních závěrů – metodika řešení, [http://www.fce.vutbr.cz/veda/JUNIORSTAV2007/pdf/Sekce\\_7/Posvarova\\_Miloslava\\_CL.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/veda/JUNIORSTAV2007/pdf/Sekce_7/Posvarova_Miloslava_CL.pdf)
- [8] I. Suza, A. Mikulík, Průzkum mostních závěrů 3W, - <http://www.mostni-silnicni.cz/doc/2007-pruzkum-mostnich-zaveru-3w.pdf>
- [9] Dohnálek J., Pumpr M., Vávra Z., Diagnostika mostu přes R4 a porovnání degradace konstrukcí s odstupem 6 let - <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/diagnostika-mostu-pres-r4-a-porovnani-degradace-konstrukci-s-odstupem-6-let/>
- [10] Lima, J., M., Brito, J.: Inspection survey of 150 expansion joints in road bridges. *Engineering Structures* 31 (2009) 1077\_1084
- [11] Foglar, M., Göringer, J.: Influence of the structural arrangement of bridges on the noise induced by traffic. *Engineering Structures* 56 (2013) 642–655
- [12] Ghimire, J. P., Matsumoto, Y., Yamaguchi, H., Kurahashi, I.: Numerical investigation of noise generation and radiation from an existing modular expansion joint between prestressed concrete bridges. *Journal of Sound and Vibration* 328 (2009) 129–147
- [13] Coelho, B. Z., Vervuurt, A.H.J.M., Peelen, W.H.A., Leendertz, J.S.: Dynamics of modular expansion joints: The Martinus Nijhoff Bridge. *Engineering Structures* 48 (2013) 144–154

- [14] Steenbergen, M. J.M.M.: Dynamic response of expansion joints to traffic loading. *Engineering Structures* 26 (2004) 1677–1690
- [15] ČSN EN ISO 11819-2, Akustika - Měření vlivu povrchů vozovek na dopravní hluk - Část 2: Metoda malé vzdálenosti. 03/2018. 2018.
- [16] ČSN P ISO/TS 11819-3, Akustika - Měření vlivu povrchů vozovek na dopravní hluk - Část 3: Referenční pneumatiky. 01/2022. 2022.
- [17] ČSN EN 61672-1 ED.2 (368813) Elektroakustika - Zvukoměry - Část 1: Technické požadavky
- [18] ČSN ISO 1996-1 Akustika - Popis, měření a hodnocení hluku prostředí - Část 1: Základní veličiny a postupy pro hodnocení
- [19] ČSN ISO 1996-2 Akustika – Popis, měření a hodnocení hluku prostředí – Část 2: Určování hladin akustického tlaku
- [20] Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí, *Věstník MZ ČR*, částka 14/2023, část 3
- [21] ČSN ISO 13473-1 (011678) Popis textury vozovky pomocí profilů povrchu - Část 1: Určení průměrné hloubky profilu
- [22] ČSN EN ISO 11819-1 Akustika - Měření vlivu povrchů vozovek na dopravní hluk - Část 1: Statistická metoda při průjezdu

## 7. Seznam publikací, které předcházely metodice

- [1] Ryjáček, P.; Rotter, T.; Kašpárek, J.; Polák, M.; Plachý, T.; Litoš, J.; Macho, M.; Schindler, J. et al.: vliv poškození mostního závěru na jeho dynamické chování. In: *Sborník příspěvků 21. Mezinárodního sympozia Mosty/Bridges 2016*. SEKURKON, 2016, s. 337 – 343, ISBN 978-80-86604-68-8.