

## Seznam příloh

Příloha č. 1: Příklad protokolu měření.....	79
Příloha č. 2: Seznam obrázků.....	81
Příloha č. 3: Seznam tabulek.....	82

# Příloha č. 1: Příklad protokolu měření

## Návrh protokolu měření – 1. 7. 2020 (náhradní termín 2. 7. 2020)

### Časový plán – 1 měřicí den:

7:00 – příjezd do vozovny s aparaturou, 3 automobily

7.00 – 12:00 – předpokládaný čas přípravy

12:00 – Předpokládaný čas 1. nárazu

19:00 – Čas ukončení měření nezávislá na počtu crashtestů, sbalení přístrojů

20.00 – Nejzazší termín opuštění areálu

### Tramvaje:

Tramvaj T3 - Přední spřáhlo odkloněné a upevněné do krajní polohy vpravo z pohledu řidiče.

### Kolejiště:

Úsek kolejiště pro provedení zkoušky dle posledního jednání, včetně přívodu elektrické energie (230V) ve sloupku u montážní jámy na konci koleje. (Jsme samozřejmě připraveni napájet přístroje z vlastních motorových elektrocentrál).

Průchod pro kabely pod kolejnici vlevo mezi panely z pohledu řidiče, v místě dle posledního jednání.

Kolejiště a přilehlé okolí bude pokryto žíněnkami vysokými cca 4 cm (tatami), pro minimalizaci škod na figuríně od sekundárních nárazů. Žíněnkový pás bude umístěn v délce 8 metrů mezi kolejemi a vlevo kolejiště (z pohledu řidiče).

### Protokol měření:

Ideálně, při notné dávce štěstí, bychom chtěli provést 6 měřících pokusů:

Náraz 1: T3, 5km/h, čelem,  $+0.15 \cdot B/2$

Náraz 2: T3, 10km/h, čelem,  $+0.15 \cdot B/2$

Náraz 3: T3, 5km/h, bokem,  $+0.15 \cdot B/2$

Náraz 4: T3, 10km/h, bokem,  $+0.15 \cdot B/2$

Náraz 5: T3, 15km/h, čelem,  $+0.15 \cdot B/2$

Náraz 6: T3, 15km/h, bokem,  $+0.15 \cdot B/2$

Náraz 7: T3, 20km/h, čelem,  $+0.15 \cdot B/2$

Náraz 8: T3, 20km/h, bokem,  $+0.15 \cdot B/2$

Pokud by vše fungovalo dobře, provedli bychom více nárazů se stejnou tramvají v dalších polohách figuríny.

**Použité technologie:**

1. rychlokamera – záběr pouze střetu, pohled z levého boku – pole 1024 x 1024 cca 2 x 2 metry v reálu, rychlost záznamu 12 000 fps.

2. rychlokamera – záběr pohybu těla a tramvaje, pohled zepředu z montážní jámy, teleobjektiv – pole 1504 x 1128 cca 3 x 2 metry v reálu, rychlost 500 -1 000fps.

Kinematický systém Qualisys (záznam kinematiky nalepených markerů ve 3D) – cca 10 kamer, 2x stand – pole nárazu 1 000 fps a pohyb těla a tramvaje cca 200fps.

Dynamometrický systém (2x 3D plochý dynamometr Kistler) pro měření kontaktních sil mezi kolejištěm a figurínou.

Figurína +měřicí systém, bezdrátový, kompletně implementovaný do figuríny.

Záznam z tachografu tramvaje

Foto a video dokumentace

Stan, stolky, žíněnky, elektrovedení

## Příloha č. 2: Seznam obrázků

<b>Obrázek č.1:</b> Křivka odolnosti hlavy vůči nárazu WSTC (Reilly, 1997).....	13
<b>Obrázek č.2:</b> Křivka rizika zranění hlavy dle stupnice AIS na základě hodnot kritéria HIC (Moure – Guardiola, 2020).....	18
<b>Obrázek č.3:</b> Schéma možných mechanismů poranění hlavy (Walz, 2020).....	20
<b>Obrázek č.4:</b> Schematický popis mechanismů poranění při kontaktní zátěži hlavy (Walz, 2020).....	21
<b>Obrázek č.5:</b> Schéma rozdělující primárně poranění v oblasti hlavy (Walz, 2020).....	22
<b>Obrázek č.6 A, B:</b> Můžeme vidět moment úderu rukavice do brady, tzn. prvotní poranění (A); moment kdy se mozek odráží v lebce, tzn. sekundární poranění (B). Pro srovnání, sekundární poranění můžeme považovat za vážnější (Toma, 2020).....	27
<b>Obrázek č.7:</b> Rozdělení sekundárních poranění (Kaur,2018).....	28
<b>Obrázek č.8:</b> Mechanismy vyvolávající hyperglykémii po TBI (Shi, 2016).....	30
<b>Obrázek č.9:</b> Příčiny vzniku střetu (Hedelin, 1996, Rossetti, 2007, Budzyński, 2019).....	32
<b>Obrázek č.10:</b> Dopad ročního období a měsíce v roce na výskyt nehod (Rossetti, 2007).....	34
<b>Obrázek č.11:</b> Nehody a kolize zapříčiněné počasím rozdělené do časového pásma dne (Rossetti, 2007).....	34
<b>Obrázek č.12:</b> Nehodovost tramvají a chodců (DICR,2007–2020).....	38
<b>Obrázek č.13:</b> Úmrtnost chodců po srážkách s tramvají (DICR,2007–2020).....	38
<b>Obrázek č.14:</b> Modely tramvají, vlevo nahoře tramvaj T3, vpravo nahoře tramvaj KT8, vlevo dole tramvaj T14 a vpravo dole tramvaj T15 (autor fotografie Honza Groh).....	42
<b>Obrázek č.15:</b> Ilustrační zobrazení figuríny Jasti Hybrid III (obrázek autora).....	43
<b>Obrázek č.16 A,B,C,D:</b> Sagitální náraz tramvaje T03 při rychlosti 5 km/h do figuríny (obrázek autora).....	46
<b>Obrázek č.17:</b> Závislost zrychlení působícího na hlavu na čase pro frontální nárazy při indikovaných rychlostech tramvaje typu a) T3, b) KT8, c) T14 a d) T15.....	49
<b>Obrázek č.18:</b> Závislost maximální hodnoty zrychlení působícího na hlavu figuríny během nárazu na rychlosti tramvaje.....	50
<b>Obrázek č.19:</b> Závislost zrychlení působícího na hlavu od času pro sagitální nárazy při indikovaných rychlostech tramvaje typu a) T3, b) KT8, c) T14 a d) T15.....	51
<b>Obrázek č.20:</b> Závislost maximální hodnoty zrychlení působícího na hlavu figuríny během nárazu na rychlosti tramvaje.....	52
<b>Obrázek č.21:</b> Příklad zvoleného časového intervalu při výpočtu hodnoty $HIC_{15}$ a $HIC_{36}$ .....	52
<b>Obrázek č.22:</b> Vypočtené hodnoty a) $HIC_{15}$ a b) $HIC_{36}$ pro případ frontálních nárazů pro jednotlivé typy tramvají v závislosti na rychlosti tramvaje.....	53
<b>Obrázek č.23:</b> Vypočtené hodnoty a) $HIC_{15}$ a b) $HIC_{36}$ pro případ sagitálních nárazů pro jednotlivé typy tramvají v závislosti na rychlosti tramvaje.....	54
<b>Obrázek č.26:</b> Prasad-Mertzové křivky pro $HIC_{15}$ a pro kategorie AIS2, AIS3 a AIS4.....	54

### **Příloha č. 3: Seznam tabulek**

<i>Tabulka č.1: Škála AIS (abbreviated injury scale) pro zranění v oblasti hlavy (AIS, 2015, Hayes,2007) .....</i>	<i>17</i>
<i>Tabulka č.2: Poranění primárně způsobená rotační a lineární kinematikou (Ommaya, 2002).....</i>	<i>22</i>
<i>Tabulka č.3: Záznam kontaktu s hlavou figuríny a primárního nárazu elektrické soupravy ve frontální rovině .....</i>	<i>47</i>
<i>Tabulka č.4: Záznam kontaktu s hlavou figuríny a primárního nárazu elektrické soupravy v sagitální rovině .....</i>	<i>48</i>
<i>Tabulka č.5: Vypočítané hodnoty <math>HIC_{15}</math> a pravděpodobnosti zranění hlavy charakterizované škálou AIS pro jednotlivé typy tramvají a rychlosti frontálního nárazu. Jednotlivé pravděpodobnosti jsou uvedeny v procentech .....</i>	<i>55</i>
<i>Tabulka č.6: Vypočtené hodnoty <math>HIC_{15}</math> a pravděpodobnosti zranění hlavy charakterizované škálou AIS pro jednotlivé typy tramvají a rychlosti sagitálního nárazu. Jednotlivé pravděpodobnosti jsou uvedeny v procentech.....</i>	<i>56</i>