

2011

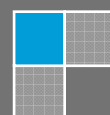


ČVUT v Praze
Fakulta dopravní

SÉRIE DYNAMICKÝCH ZKOUŠEK STŘETU OSOBNÍHO AUTOMOBILU S DĚTSKÝM CYKLISTOU

Závěrečná zpráva 2011

Ústav soudního znelectví v dopravě, k622
Horská 3, 128 03 Praha 2
Listopad 2011



1	Obsah	
1	Obsah	2
2	Úvod	3
3	Experiment	4
3.1	Podmínky experimentu	4
3.1.1	Počáteční podmínky experimentu	4
3.1.2	Lokální podmínky experimentu	4
3.2	Kolizní partneři	5
3.2.1	Figurína P6	5
3.2.2	Jízdní kolo	6
3.2.3	Automobil kategorie M1	6
3.3	Další snímané veličiny a přístrojové vybavení	7
3.3.1	Reálná rychlost vozidla, dynamika vozidla	7
3.3.2	Obrazový záznam	8
3.3.3	Postřetová dokumentace	8
3.4	Průběh experimentu	10
3.4.1	Test 11_00854_102, střetová rychlost 20,0 km/h	10
3.4.2	Test 11_00854_202, střetová rychlost 18,9 km/h	13
3.4.3	Test 11_00854_302, střetová rychlost 30,0 km/h	16
4	Výsledky	21
4.1	Porovnání zkoušek 102 a 202 – konfigurace 1 s cyklistickou přilbou a bez ní	21
4.1.1	Hodnoty biomechanických kritérií	21
4.1.2	Konečná poloha objektů	26
4.2	Zkouška 302 – konfigurace 2	26
4.2.1	Hodnoty biomechanických kritérií	26
4.3	Srovnání střetové konfigurace chodce a cyklisty	27
5	Diskuze výsledků zkoušek 10_00403	27
5.1	Poranění hlavy	27
5.2	Poranění hrudníku	28
5.3	Poranění pánevní oblasti	28
5.4	Poranění kolena	28
6	Závěr	29
	Příloha 1 – Biomechanická kritéria – přehledové tabulky	31
	Příloha 2 – Škála hodnocení závažnosti poranění - Abbreviated Injury Scale (AIS)	33

2 Úvod

Bezpečnost provozu na pozemních komunikacích je v současné době stále velmi aktuálním tématem. Počet vozidel se neúměrně zvyšuje vzhledem k rozsahu a kvalitě sítě pozemních komunikací. Úroveň aktivní i pasivní bezpečnosti motorových vozidel je na velmi vysoké úrovni, bezpečnost zranitelných účastníků dopravy však má stále jisté rezervy. Na bezpečnost chodců a cyklistů se zcela opodstatněně klade největší důraz do oblasti prevence. Chodci a cyklisté jsou v případě kolize s motorovým vozidlem vystaveni z fyzikálního hlediska silně nekompatibilnímu nárazu. Oblast pasivní bezpečnosti cyklistů při střetu s osobním automobilem však stále zůstává, na rozdíl od pasivní bezpečnosti chodců, na okraji zájmu. V případě pasivní bezpečnosti chodců jsou testy předí vozidel pomocí nárazových maket hlavy již dlouholetým standardem. Úroveň pasivní bezpečnosti chodců je ověřována pomocí homologačních testů osobních vozidel právě pomocí nárazových maket dle Nařízení 78/2009 ES. Jsou přesně zmapovány jednotlivé nárazové zóny předí osobních vozidel, se kterými se sražený chodec zpravidla dostává do kontaktu. V případě pasivní bezpečnosti cyklistů jsou kinematické podmínky střetu velmi odlišné a podobná testovací metodika vztažená k osobním vozidlům neexistuje, přitom tělo cyklisty se dostává do kontaktu s jinými částmi vozidla, než je tomu u chodce stejného vzrůstu. V rámci základního výzkumu a znalecké praxe se provádějí dílčí testy kolizí cyklistů s motorovými vozidly, kde se sleduje pouze kinematika celého nárazového děje, nejsou však měřeny hodnoty biomechanické zátěže. Legislativa týkající se cyklistů je rozdělena na předpisy týkající se jízdního kola, cyklistické přilby a pravidel pohybu cyklistů v dopravním prostoru. Testování cyklistických přileb je jedinou oblastí, které je z hlediska pasivní bezpečnosti cyklistů de jure věnována pozornost. Dle EN 1078 se testují pouze cyklistické přilby, které se odpovídajícím způsobem upevní na maketu hlavy. Zkouší se: odolnost proti nárazu na rovný povrch či „obrubník“, pevnost náhlavní vložky a snadnost jejího uvolňování, účinnost uchycení (přípevnění) náhlavní vložky a rozsah zorného pole. Problémem je, že nošení cyklistických přileb není v řadě států EU povinné. Většinou je tomu tak pouze u dětí do 15 popř. 18 let.

Fakulta dopravní ČVUT v Praze provedla v rámci základního výzkumu sérii dynamických zkoušek pasivní bezpečnosti dětského cyklisty při střetu s osobním vozidlem kategorie M1. Jedná se celkem o tři testy, z toho dva při kolizní rychlosti o nominální výši 20 km/h a střetové konfiguraci: čelo automobilu/bok cyklisty s použitím a bez použití cyklistické přilby. Třetí při rychlosti 30 km/h a střetové konfiguraci: čelo automobilu/záď cyklisty.

Na upravené dětské figuríně typu P6 byla sledována, obdobně jako při provedených dynamických zkouškách s dětským chodcem, výsledná zrychlení hlavy, hrudníku, pánve a zrychlení kolenního kloubu ve směru nárazu.

Cílem této experimentální činnosti je podrobná deskripce kinematiky dětského cyklisty, porovnání závažnosti primární a sekundární kolize, definice odlišností v porovnání s kinematikou dětského chodce, dopadovými zónami, mechanismy poranění a dále jako simulace reálného děje pro tvorbu matematického modelu.

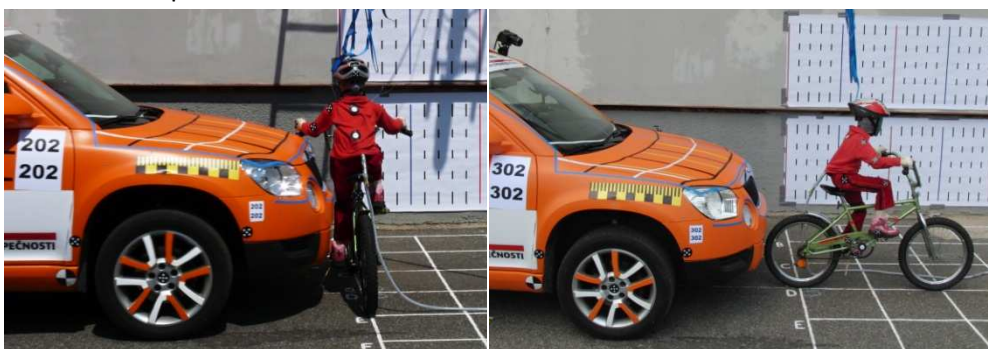
3 Experiment

3.1 Podmínky experimentu

3.1.1 Počáteční podmínky experimentu

S ohledem na získané poznatky o problematice a na technické možnosti, byly formulovány následující počáteční podmínky:

- kolize automobilu kategorie M1,
- figurína P6, (šestileté dítě; 1,17m; 22kg),
- jízdní kolo odpovídající věkové skupině a velikosti figuríny,
- konfigurace 1** (Obr. 1 vlevo): čelo osobního automobilu – levý bok cyklisty (představuje náhlé vjetí cyklisty do vozovky, nedání přednosti...), provedeny 2 testy v konfiguraci 1: s cyklistickou přilbou a bez ní,
- konfigurace 2** (Obr. 1 vpravo): čelo osobního automobilu – zád' cyklisty (představuje nedobrzdnění, nedokonaný vyhýbací manévr...),
- nominální rychlosti nárazu: pro konfiguraci 1: 20 km/h; pro konfiguraci 2: 30 km/h,
- vozidlo brzděno s počátkem v okamžiku nárazu.



Obr. 1 – konfigurace nárazu – konfigurace 1 (vlevo), konfigurace 2 (vpravo).

3.1.2 Lokální podmínky experimentu

Experiment proveden dne 6. 7. 2011 v areálu A.L.C.Z. a.s., Mezi úvozy 2000/3, 19300 Praha 9.

Lokální podmínky

- účelová komunikace areálu A.L.C.Z. a.s., asfaltový povrch,
- rastr na vozovce po 0,5 m (viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**),
- projekční rastr po 0,5 m resp. 0,1 m na pozadí děje.



Obr. 2 – projekční rastr.

Klimatické podmínky

- teplota: 21°C
- vítr: 0 – 5 m/s
- sucho (relativní vlhkost nezjištěna),
- světelné podmínky neměřeny.

3.2 Kolizní partneři

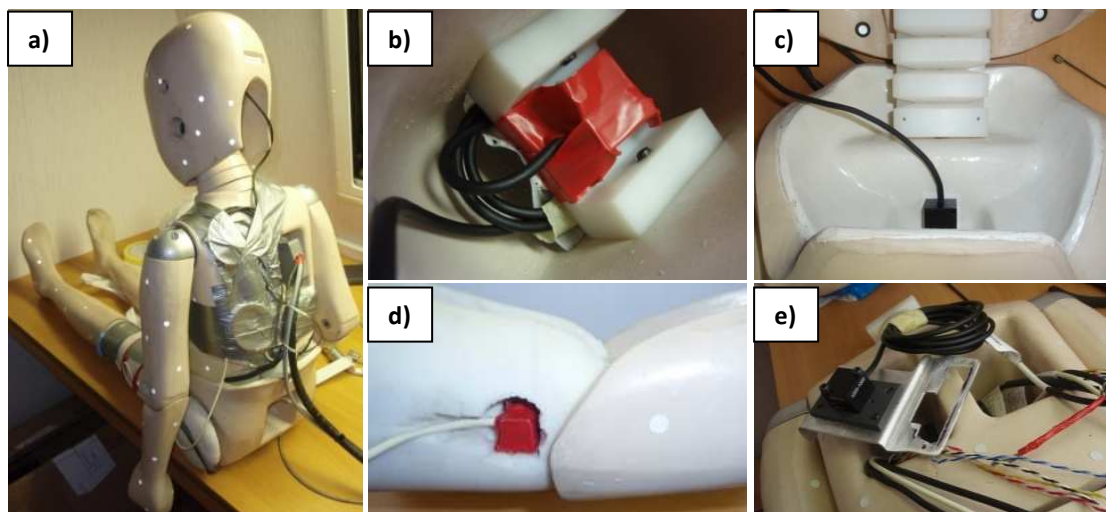
3.2.1 Figurína P6

- hmotnost: 22 kg
- výška: 1,17 m
- oděv: obuv kotníková s pryžovou podešví, teplákové kalhoty, triko s dlouhým rukávem, hlava obalena ochrannou adhezivní páskou,
- ochranné pomůcky: dětská cyklistická přilba (na každý test nová), výrobce: Crivit, Force, velikost: S
- figurína kalibrována před každou zkouškou dle příslušného manuálu.

Instrumentace figuríny (Obr. 3)

- **hlava:** 3-osý akcelerometr (směr x, y, z), rozsah 1000 g,
- **hrudník:** 3-osý akcelerometr (směr x, y, z), rozsah 1000 g,
- **oblast pánve:** 3-osý akcelerometr (směr x, y, z), rozsah 500 g,
- **kolenní kloub:** 1-osý akcelerometr (směr x), rozsah 500 g,

Pozn.: směry x, y, z odpovídají třírozměrné referenční soustavě pro vozidla podle ISO 4130-78 (x – směr kolize, y – kolmo na směr kolize, z – svisle).



Obr. 3 - instrumentace figuríny P6, umístění akcelerometrů v jednotlivých segmentech: a) sedící figurína P6; b) hlava; c) pánev; d) koleno; e) hrudník.

Snímače (Obr. 4)

- tříosý akcelerometr – Measurement Specialities, modelové č. 1203, piezorezistivní, 1x rozsah 500 g, 2x rozsah 1000 g,
- jednoosý akcelerometr – Measurement Specialities, modelové č. 1201, piezorezistivní, 1x rozsah 500 g.

Měřicí systém (Obr. 5)

- ústředna National-Instruments NI 9172, USB rozhraní, pro až 8 D-Sub modulů,
- 4x modul NI 9237: 4 kanálový, 24-bitový, analogový modul půlmůstek-můstek, kanál připojen přes konektor RJ50, napájení 10 V,
- kabeláž,
- celkem měřeno 10 kanálů + 1 triggerovací kanál.



Obr. 4 - snímače zrychlení a kabeláž (zleva): tříosý akcelerometr 1203, jednoosý akcelerometr 1201, kabeláž s konektory RJ50, konektor DD50 v hrudníku figuríny.



Obr. 5 – modul National-Instruments NI 9237 (vlevo) a ústředna NI 9172 (vpravo).

3.2.2 Jízdní kolo**Jízdní kolo BMX 20 (Obr. 6)**

- výška sedla: 70 cm
- výška řídítek: 91 cm
- osa kola - kliky: 33,5 cm



Obr. 6 – jízdní kolo BMX 20.

3.2.3 Automobil kategorie M1**Škoda Yeti, 1.8 TSI 118 kW 6-stup. mech. 4x4, modelový rok 2010 (Obr. 7)**

- max. výkon: 118 kW
- max. točivý moment: 250 Nm/1500-4500 min⁻¹
- objem motoru: 1798 cm³
- pohotovostní hmotnost s řidičem: 1505 kg

- max. rychlost: 200 km/h

Vozidlo opatřeno antireflexním nátěrem. Na přední vozidla vyznačeny zóny v souladu s testovacím protokolem EuroNCAP (v 5.3), pro zkoušky ochrany chodců (viz Obr. 8) – pro cyklisty nejsou zvláštní zóny definovány.



Obr. 7 – automobil kategorie M1 – Škoda Yeti.



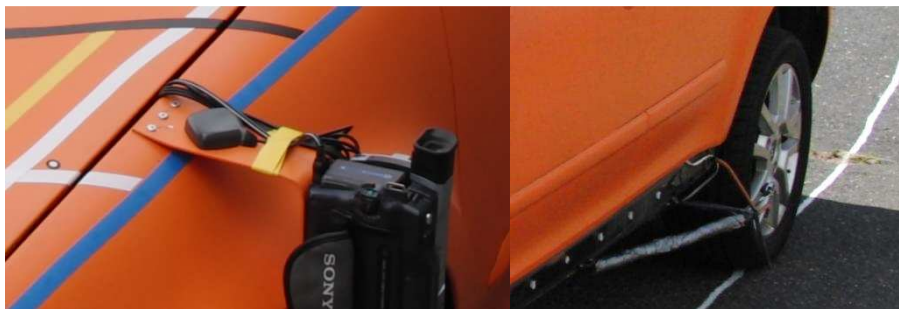
Obr. 8 - zóny na předí automobilu dle testovacího protokolu EuroNCAP pro testování impaktorem dětské hlavy (modře shora: referenční linie náběžné hrany kapoty, horní referenční linie nárazníku, vertikálně osa y; černě horizontálně: WAD¹ 1000 a WAD 1500; bíle horizontálně: WAD 1250, černě a žlutě vertikálně: rozdělení vzniklých zón do dvanácti ekvivalentních testovacích polí), na obr. vpravo modře boční referenční linie.

3.3 Další snímané veličiny a přístrojové vybavení

3.3.1 Reálná rychlost vozidla, dynamika vozidla

- přístroj E-tanu 2.0, fa Metal Elektro – měření průběhu rychlosti a zrychlení vozidla v ose x, y, videozáznam, GPS poloha; umístěno na čelním skle automobilu,
- sdružený snímač Xsens MTi-G, měření průběhu zrychlení vozidla v ose x, y, z, měření úhlu klonění, klopení a stáčení vozidla, GPS poloha; umístění měřidla ve výztuze předního nárazníku, sběr dat zajištěn pomocí PC umístěného v zavazadlovém prostoru automobilu,
- měření úhlu klopení automobilu – optosnímač optoNCDT 1402-600, rozsah 600 mm,
- cyklo-tachometr (Obr. 9 vpravo).

¹ WAD (wrap around distance) - „dosah ovinutí“-geometrické místo bodů opsané na předním horním povrchu jedním koncem ohebné pásky udržované ve svislé podélné rovině vozidla a posouvané příčně podél předku kapoty a nárazníku. Páska je po celou dobu měření napjatá, přičemž se jeden konec dotýká vozovky svisle pod přední stranou nárazníku a druhý se dotýká předního horního povrchu.



Obr. 9 – umístění antény GPS snímače Xsens (vlevo), cyklo-tachometr (vpravo).

3.3.2 Obrazový záznam

Vysokorychlostní záznam

- čtyři vysokorychlostní kamery Redlake MotionXtra® HG-100K kapacita snímání do 100 tis. obr/s, reálná rychlost snímání 1000 obr/s, celkový záběr, detailní záběr primárního nárazu, pohled shora, pohled na místo sekundárního nárazu; ve spolupráci s firmou Škoda Auto a.s.,
- vysokorychlostní kamera Kodak Ektapro HG 2000, snímání až 2 000 snímků/s, reálná rychlost 1000 snímků/s, záběr střetu v ose vozidla,
- dva fotoaparáty Casio EX F1 Exilim Super zoom, snímání až 1 200 snímků/s, reálná rychlost 600/s, záběr ze střechy automobilu, záběr z úhlu 45° na místo střetu (Obr. 10).



Obr. 10 – vysokorychlostní kamera Redlake (vlevo), fotoaparát Casio, záběr ze střechy automobilu (vpravo).

Speciální/specializované

- kamera pro navádění automobilu do místa střetu (Obr. 11)



Obr. 11 – kamera pro navádění do místa střetu.

3.3.3 Postřetová dokumentace

- konečná poloha objektů – totální stanice Topcon 3007i (Obr. 12 vlevo),

- fotodokumentace konečné polohy objektů, poškození aj.



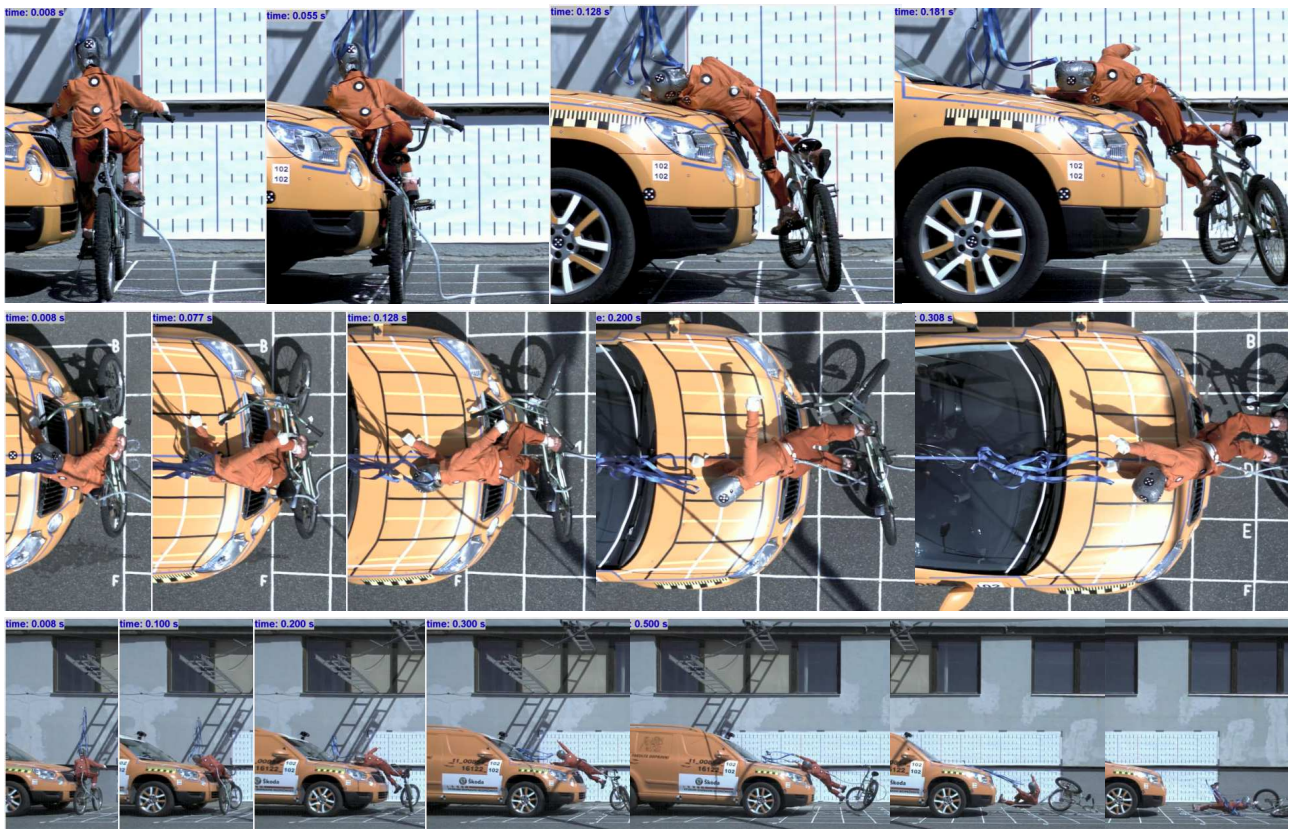
Obr. 12 – totální stanice Topcon 3007i.

3.4 Průběh experimentu

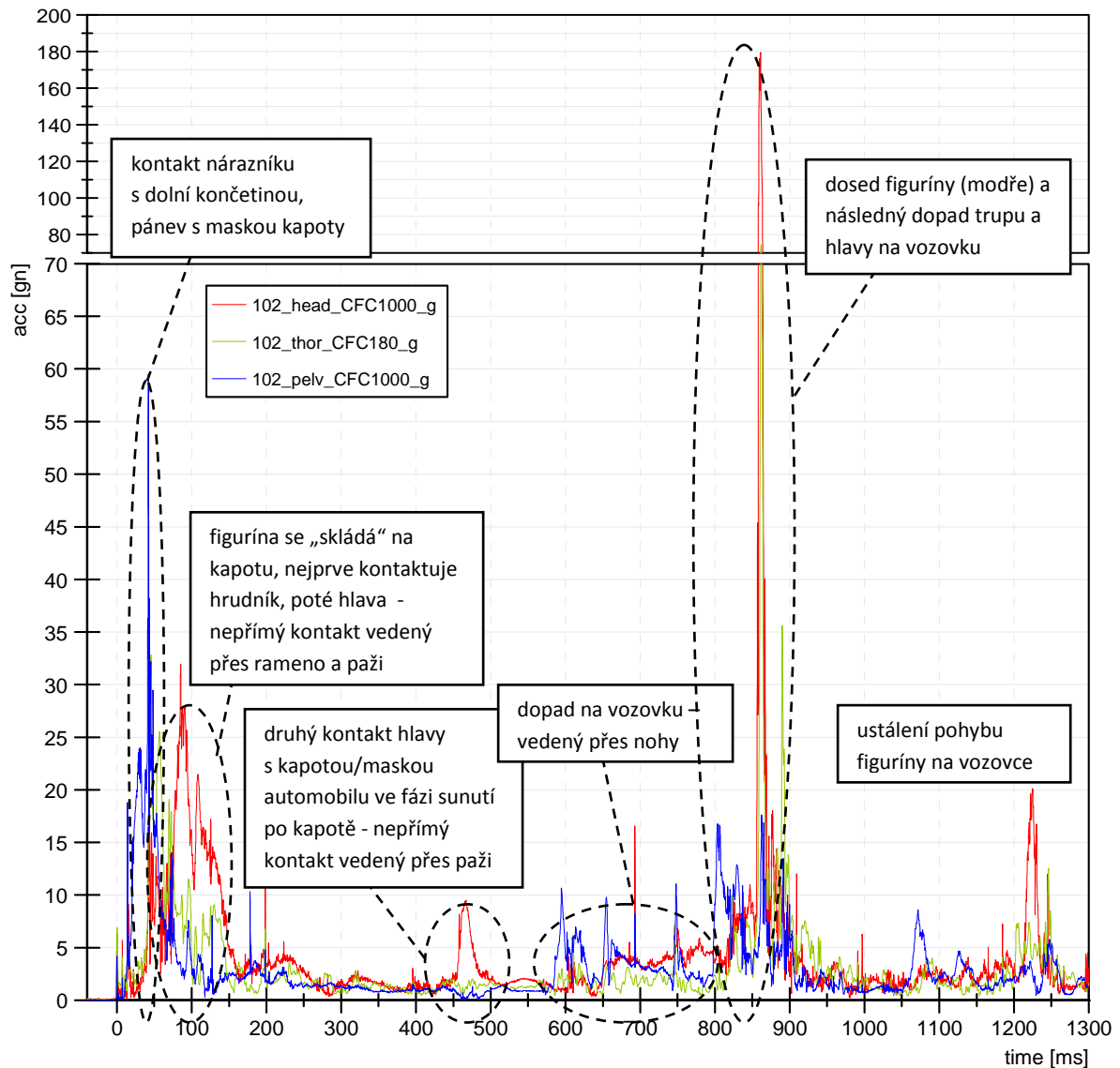
Provedeny 3 experimenty:

- 11_00854_102 – automobil čelně, cyklista stojící bokem ke směru nárazu, nevybaven cyklistickou přilbou,
- 11_00854_202 – automobil čelně, cyklista stojící bokem ke směru nárazu, vybaven cyklistickou přilbou,
- 11_00854_302 – automobil čelně, cyklista stojící zády ke směru nárazu v ose x automobilu, vybaven cyklistickou přilbou.

3.4.1 Test 11_00854_102, střetová rychlost 20,0 km/h



Obr. 13 - obrazová sekvence střetu pro test č. 102.



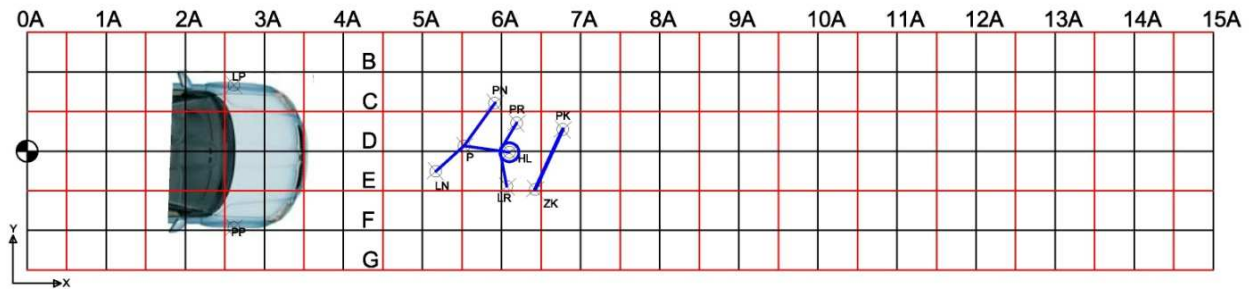
Obr. 14 - graf naměřených výslednic zrychlení na figuríně – popis děje pro test č. 102.

Konečná poloha objektů po kolizi

místo střetu: X= 0.0000 Y= 0.0000
 poloha levého předního kola: X= 2.6151 Y= 0.8333
 poloha pravého předního kola: X= 2.5929 Y= -1.0703
 poloha levé nohy: X= 5.1879 Y= -0.2536
 poloha pravé nohy: X= 5.9188 Y= 0.6090

poloha párnice: X= 5.5254 Y= 0.0666
 poloha levé ruky: X= 6.0658 Y= -0.4435
 poloha pravé ruky: X= 6.1895 Y= 0.3558
 poloha hlavy: X= 6.0793 Y= -0.0105

poloha předního kola bicyklu: X= 6.7736 Y= 0.2754
 poloha zadního kola bicyklu: X= 6.4240 Y= -0.4821



Obr. 15 - konečná poloha objektů po kolizi - test č. 102 - schéma.



Obr. 16 - konečná poloha objektů po kolizi - test č. 102 - fotodokumentace.

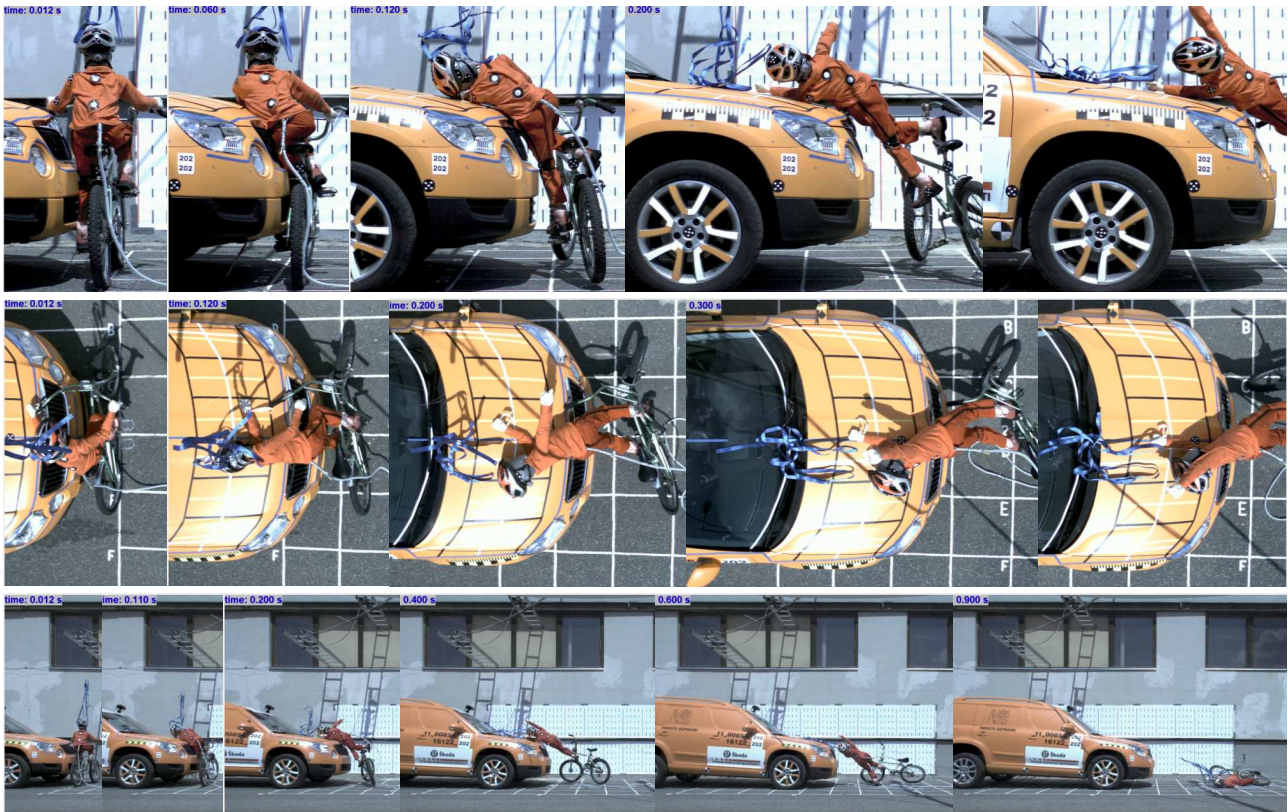
Popis poškození

- **automobil:** výrazná dřecí stopa na kapotě od levého řídkítka, stopy otěru na pásce označující WAD 1000, otěr v místě podélného prolisu kapoty za WAD 1000 (viz Obr. 17).
- **figurína:** bez poškození, oděv nese známky otěru od sekundárního nárazu.
- **jízdní kolo:** bez poškození, uvolnění/stočení sedla a řídkítek.



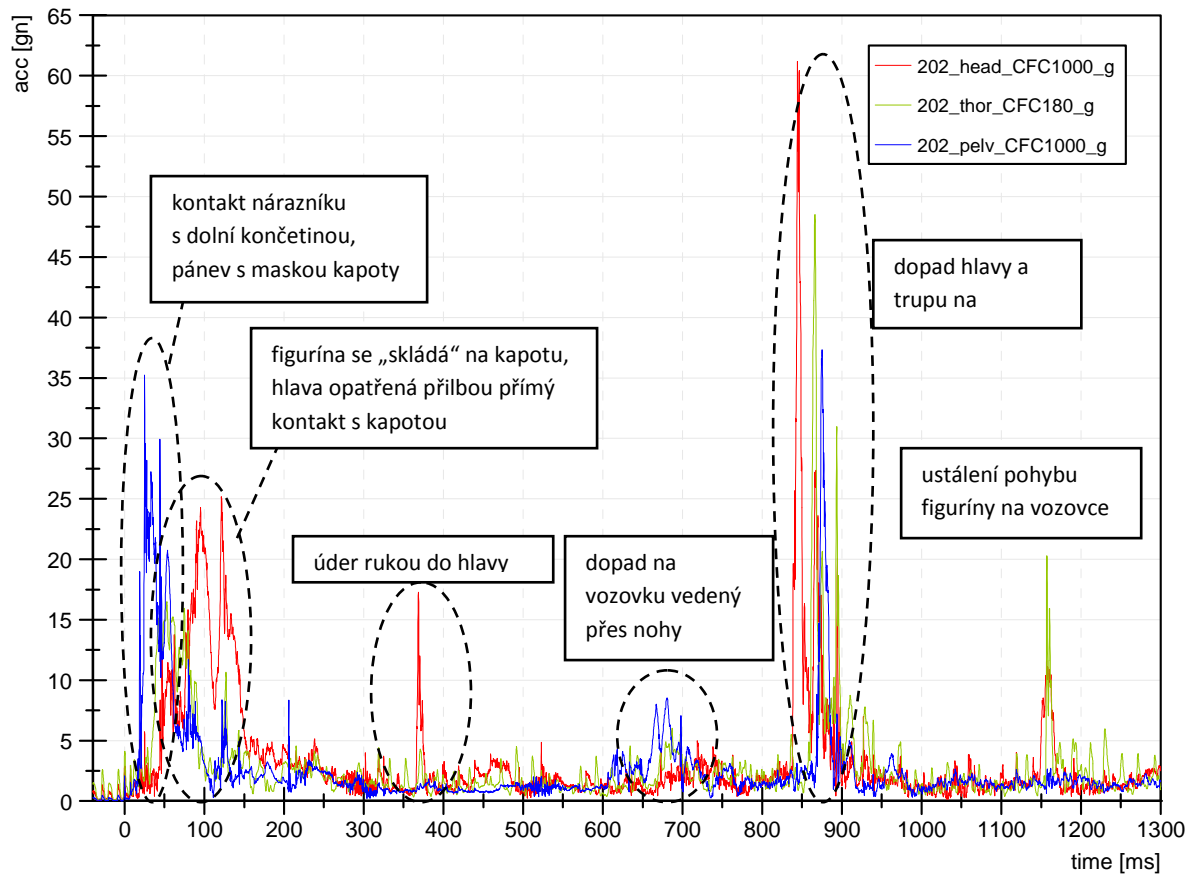
Obr. 17 – poškození automobilu po kolizi – test č. 102.

3.4.2 Test 11_00854_202, střetová rychlost 18,9 km/h



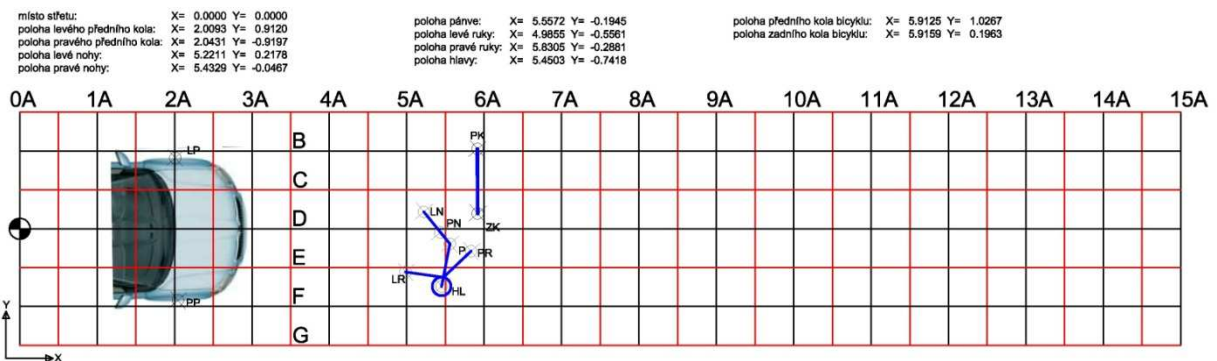
Obr. 18 - obrazová sekvence střetu pro test č. 202.

Okamžik nárazu automobilu do cyklisty nastává v ms 12. Obrazová sekvence střetu je patrná na Obr. 18. Graf naměřených výslednic zrychlení spolu s popisem děje je na Obr. 19.



Obr. 19 - graf naměřených zrychlení na figuríně – popis děje pro test č. 202.

Konečná poloha objektů po kolizi



Obr. 20 - konečná poloha objektů po kolizi -test č. 202 - schéma.



Obr. 21 - konečná poloha objektů po kolizi -test č. 202 - fotodokumentace.

Poškození

- **automobil:** výrazná dřecí stopa na kapotě od levého řídicího, stopy otěru na pásce označující horní hranu nárazníku (viz Obr. 22),
- **figurína:** bez poškození, oděv nese známky otěru od sekundárního nárazu,
- **cyklistická přilba:** pravá zadní část vykazuje stopy po přímém dopadu na vozovku, prasklá pěnová výplň (viz Obr. 23),
- **jízdní kolo:** bez poškození, uvolnění/stočení sedla a řídicíků.



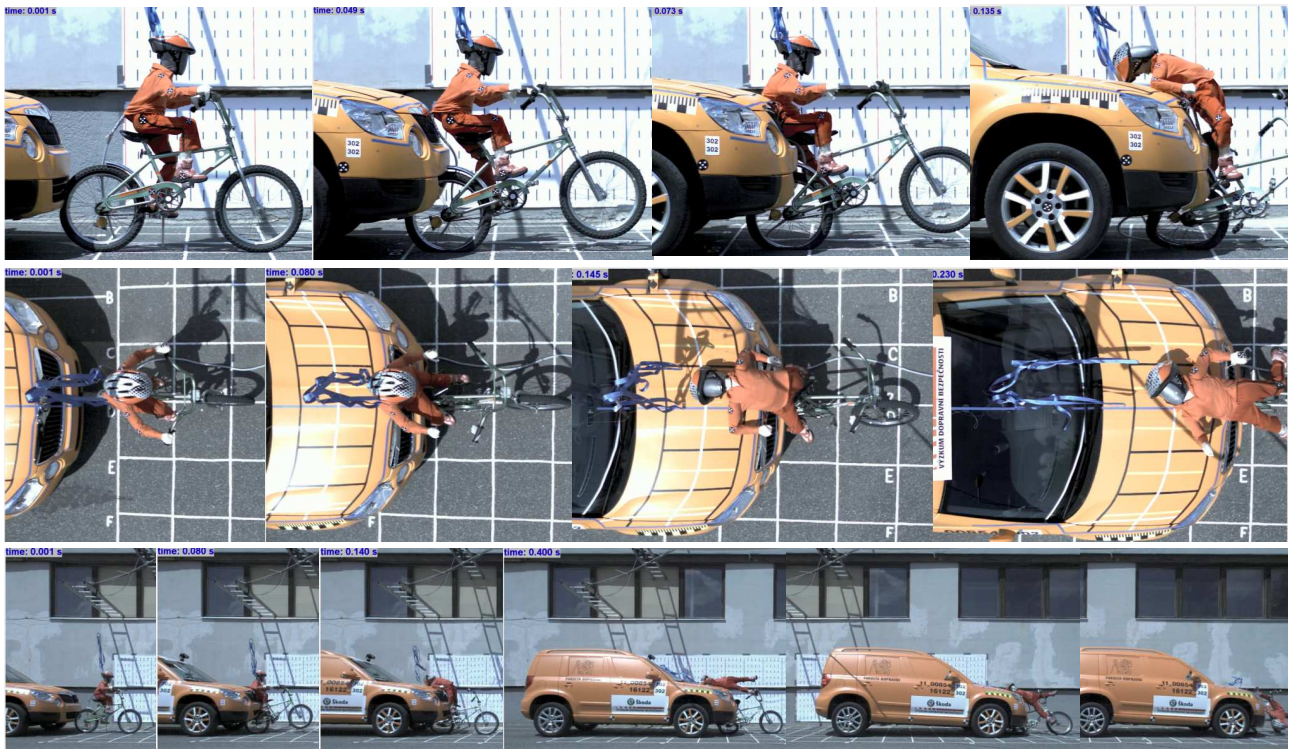
Obr. 22 – poškození automobilu po kolizi – test č. 202.



Obr. 23 – poškození cyklistické přilby po kolizi – test č. 202

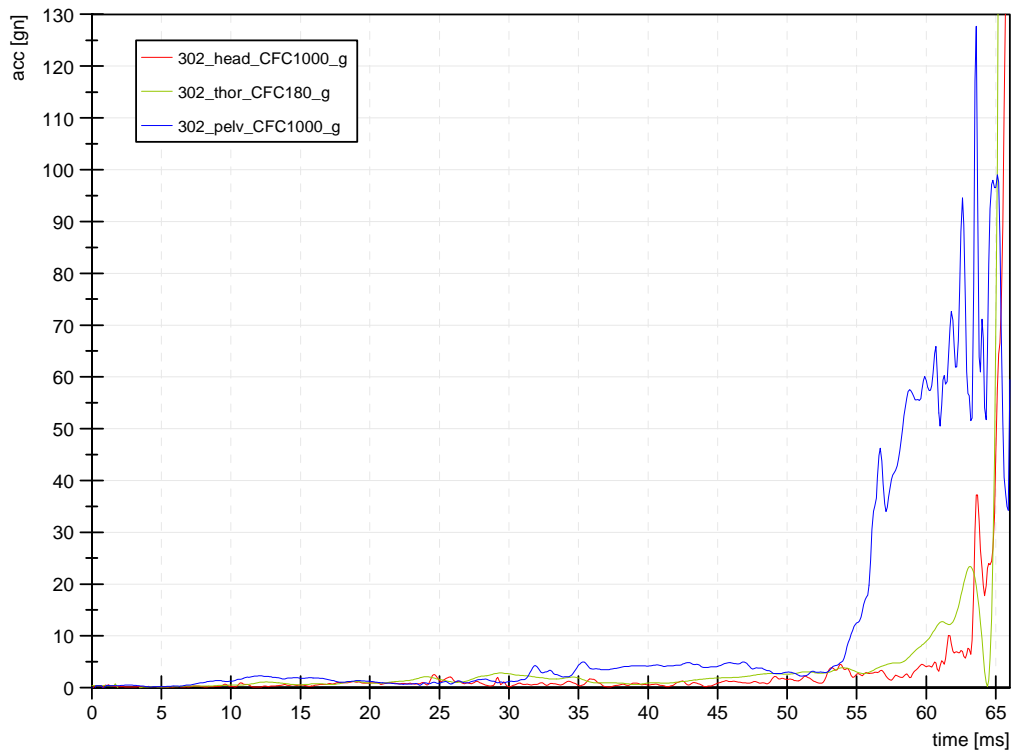
3.4.3 Test 11_00854_302, střetová rychlost 30,0 km/h

Při zkoušce 302 došlo v 65. ms děje k mechanickému poškození (přerušení) datového a napájecího kabelu k akcelerometru umístěnému v pánvi a následně k opakovanému zkratu, což ovlivnilo měření i na ostatních vyhodnocovaných kanálech. Na Obr. 25 je patrný záznam neovlivněného signálu, tedy náběh zrychlení na hlavě, hrudníku a pánvi do 65. ms děje. Z dalšího měření se podařilo zrekonstruovat záznam z hlavy a hrudníku a to v časovém intervalu (70 – 240) ms – tedy převážná část primárního nárazu. Záznam zrychlení s popisem je zobrazen na Obr. 26. Z neúplných signálů po rekonstrukci nelze korektně vypočítat hodnoty biomechanických kritérií. V Tab. 1 je proveden popis děje v časových souvislostech.

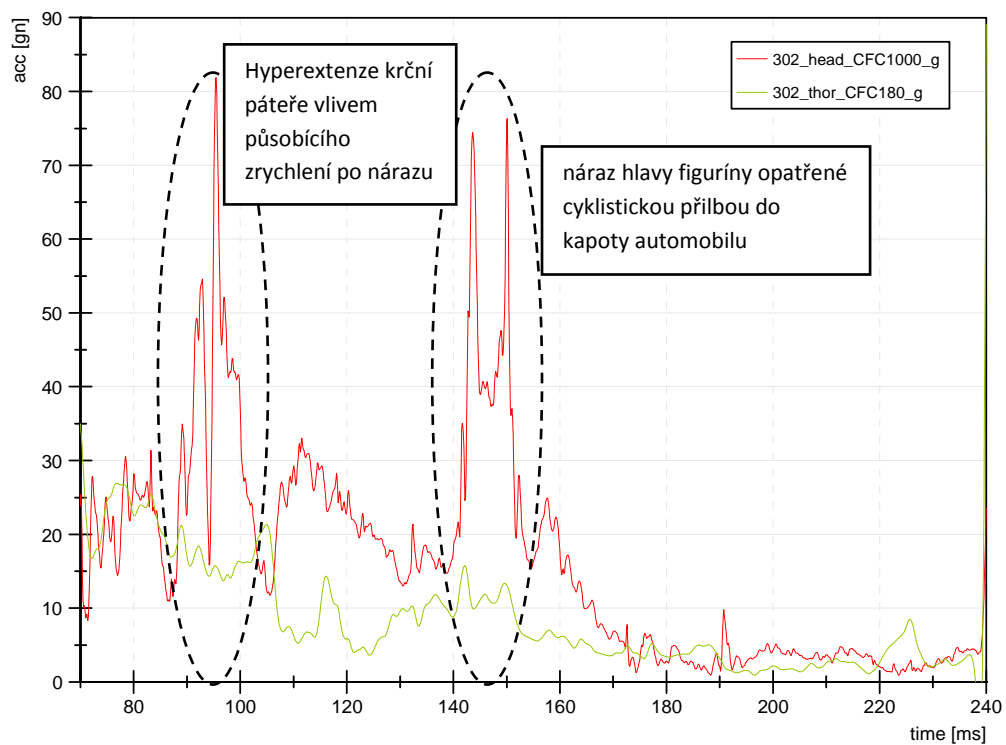


Obr. 24 - obrazová sekvence střetu pro test č. 302.

Okamžik nárazu do jízdního kola nastává v -3 ms, náraz do figuríny v ms 54.



Obr. 25 - Graf naměřených zrychlení na figuríně – 0 až 66 ms (v 65. ms došlo k mechanickému poškození jednoho z datových kabelů a ovlivnění následného měření).

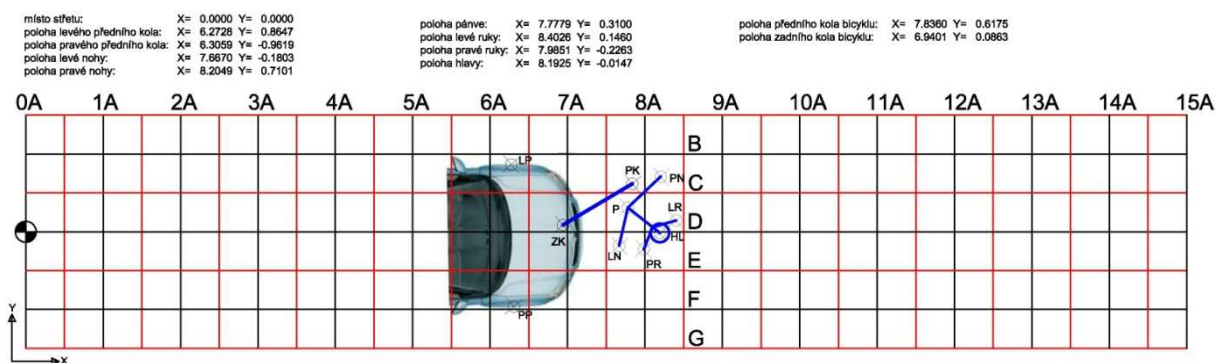


Obr. 26 – rekonstruovaný záznam zrychlení z hlavy a hrudníku pro zk. č. 302.

Tab. 1 – popis děje (střetu) při zkoušce 302.

čas	událost
-3 ms	kontakt předě automobilu se zadním kolem jízdního kola, jeho deformace sunutí vpřed, končetiny figuríny opouští opory (šlapky, řídítka)
54 ms	kontakt masky automobilu s pánví figuríny
71 ms	maximální zanoření pánve do předě automobilu
87 ms	maximální zanoření zádové oblasti do kapoty automobilu, následuje sunutí vzhůru, průhyb v zádové oblasti, odpoutání zádové oblasti od předě automobilu a relaxace plastických deformací
133 ms	kontakt cyklistické přilby (hlavy) s kapotou automobilu
152 ms	maximální plastická deformace kapoty při kontaktu s hlavou (vymezení vůle, posun hlavy v cyklistické přilbě) "vezení" figuríny na kapotě automobilu
362 ms	druhý kontakt hlavy s cyklistickou přilbou s kapotou automobilu pokračuje fáze "vezení" figuríny na kapotě automobilu
560 ms	počátek sunutí figuríny dolů z předě automobilu
620 ms	zaklesnutí levé dolní končetiny o jízdní kolo v místě řídítek - toto ovlivňuje další postřetový pohyb - trupu udělena rotace
740 ms	počátek sunutí hlavy figuríny po masce automobilu, v pohybu figuríny převládá rotace
867 ms	kontakt hlavy (přilby) s nárazníkem automobilu, následuje její odpoutání od automobilu
925 ms	odpoutání levé dolní končetiny od řídítek jízdního kola - pokračování rotace + sunutí dolů
995 ms	kontakt hlavy figuríny (přilby) s vozovkou
1240 ms	dopad trupu na vozovku
1450 ms	postupné ustálení pohybu figuríny na vozovce

Konečná poloha objektů po kolizi



Obr. 27 - Konečná poloha objektů po testu č. 302 - schéma.



Obr. 28 - Konečná poloha objektů po testu č. 302 - fotodokumentace.

Poškození

- **automobil:** deformován kryt nárazníku, spodní mřížka chladiče, chladičová stěna, prasklý padding, podražedlo, deformace kapoty (Obr. 29),
- **figurína:** bez poškození, oděv nese známky otěru od sekundárního nárazu,
- **cyklistická přilba:** deformace a odřeniny na plavé polovině přilby, praskliny výplně (Obr. 31),
- **jízdní kolo:** deformace zadního kola, deformace zadního blatníku, deformace rámu, stopy laku automobilu na rámu a sedle, uvolnění/stočení sedla a řídítek (Obr. 30).



Obr. 29 - poškození automobilu po kolizi – test č. 302.



Obr. 30 – poškození jízdního kola po kolizi – test č. 302.



Obr. 31 – poškození cyklistické přilby po kolizi – test č. 302.

4 Výsledky

4.1 Porovnání zkoušek 102 a 202 – konfigurace 1 s cyklistickou přilbou a bez ní

4.1.1 Hodnoty biomechanických kritérií

Pozn.: kompletní tabulky biomechanických kritérií, včetně příslušných limitů a časového úseku, pro který bylo příslušné kritérium spočítáno, jsou souhrnně uvedeny v příloze 1.

Komentář všech uvedených výsledků je součástí následné diskuze v kapitole 5.

Kritérium poranění hlavy HPC

Zrychlení je vyhodnoceno jako jedna z kritériálních hodnot zranění pomocí vztahu:

$$HPC = \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a \cdot dt \right]^{2,5} (t_2 - t_1)$$

kde, a = výsledné zrychlení [g], t_1 a t_2 = časové okamžiky v průběhu nárazu, určující počátek a konec intervalu, pro nějž je hodnota HPC nejvyšší. Pro „tvrdý“ náraz se pro výpočet max. hodnoty uvažuje časový interval 15 ms (HPC_{15}). Limitní hodnota kritéria HPC je 1000 – limit udává 50% pravděpodobnost vzniku závažného poranění hlavy. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v Tab. 2.

Pozn.: Dle amerického standardu FMVSS 208 „Occupant crash protection“ je limitní hodnota kritéria HPC_{15} pro šestileté dítě 700.

Tab. 2 – Hodnoty kritéria poranění hlavy HPC.

zkouška č.	Primární náraz		Sekundární náraz	
	HPC_{15}		HPC_{15}	
	[-]	limit	[-]	limit
102	47.9	1000	1325.0	1000
202	30.7	1000	104.7	1000

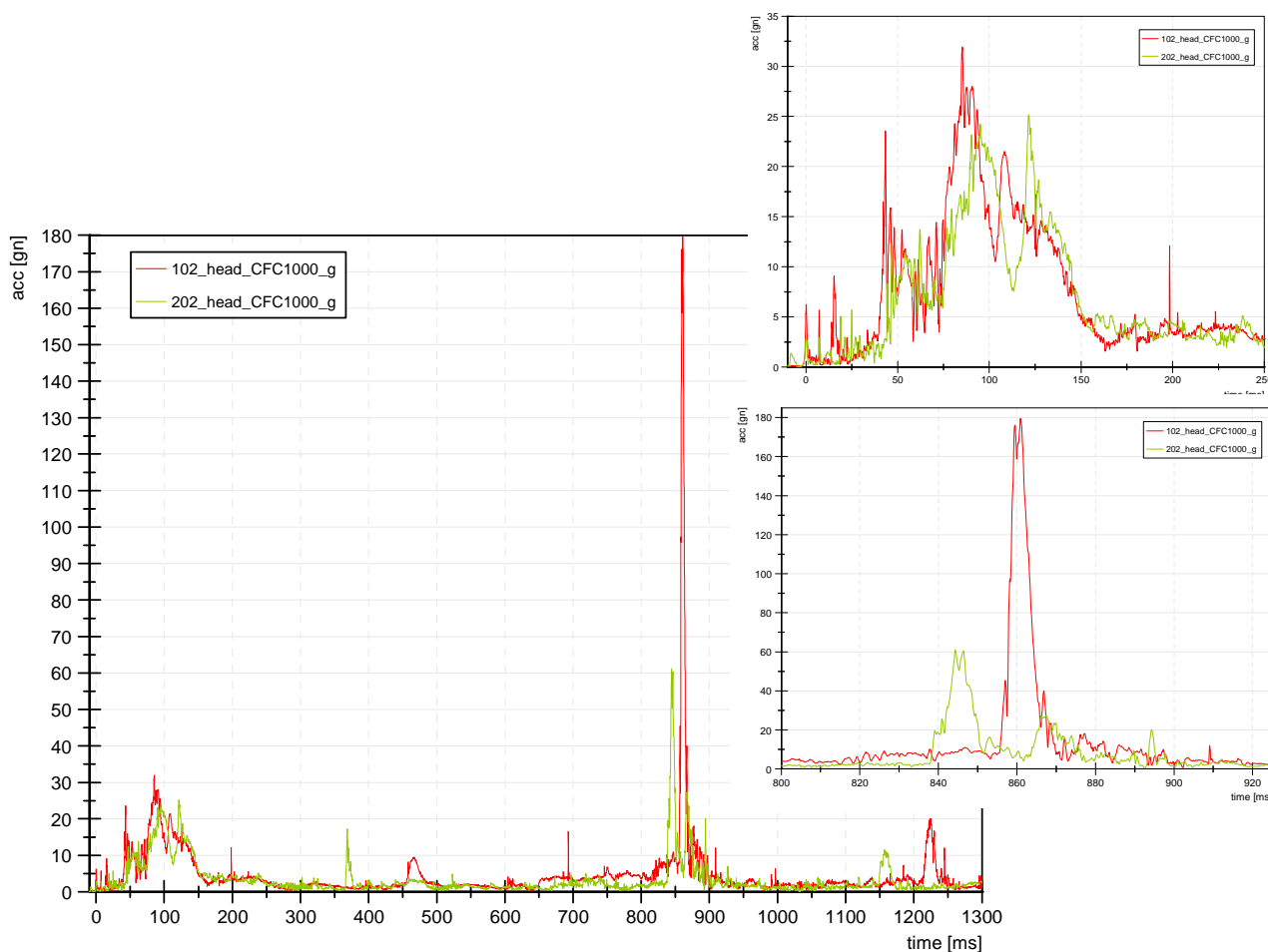
Kritérium poranění 3ms – hlava

Toto kritérium je aplikovatelné nejen na poranění hlavy. Udává toleranci pro vznik závažného poranění. Limitní hodnota pro hlavu je 80 g. Interpretace kritéria: zrychlení vyšší než 80 g nesmí působit po dobu delší než 3 ms. Naměřené hodnoty ze všech provedených zkoušek jsou uvedeny v Tab. 3.

Pozn.: Dle amerického standardu FMVSS 208 „Occupant crash protection“ je limitní hodnota kritéria 3ms pro hlavu šestiletého dítěte 60 g.

Tab. 3 – Hodnoty kritéria poranění 3ms pro hlavu.

zkouška č.	Primární náraz		Sekundární náraz	
	a3ms		a3ms	
	[g]	limit	[g]	limit
102	24.4	80/60	141.4	80/60
202	22.1	80/60	50.4	80/60



Obr. 32 – Naměřené hodnoty výsledného zrychlení na hlavě (červeně zk. 102, zeleně zk. 202), ve výřezu nahoře primární náraz a sekundární náraz dole.

Pozn.: primární náraz u zkoušky 102 veden přes paži a rameno – nedošlo k přímému kontaktu hlavy s kapotou automobilu.

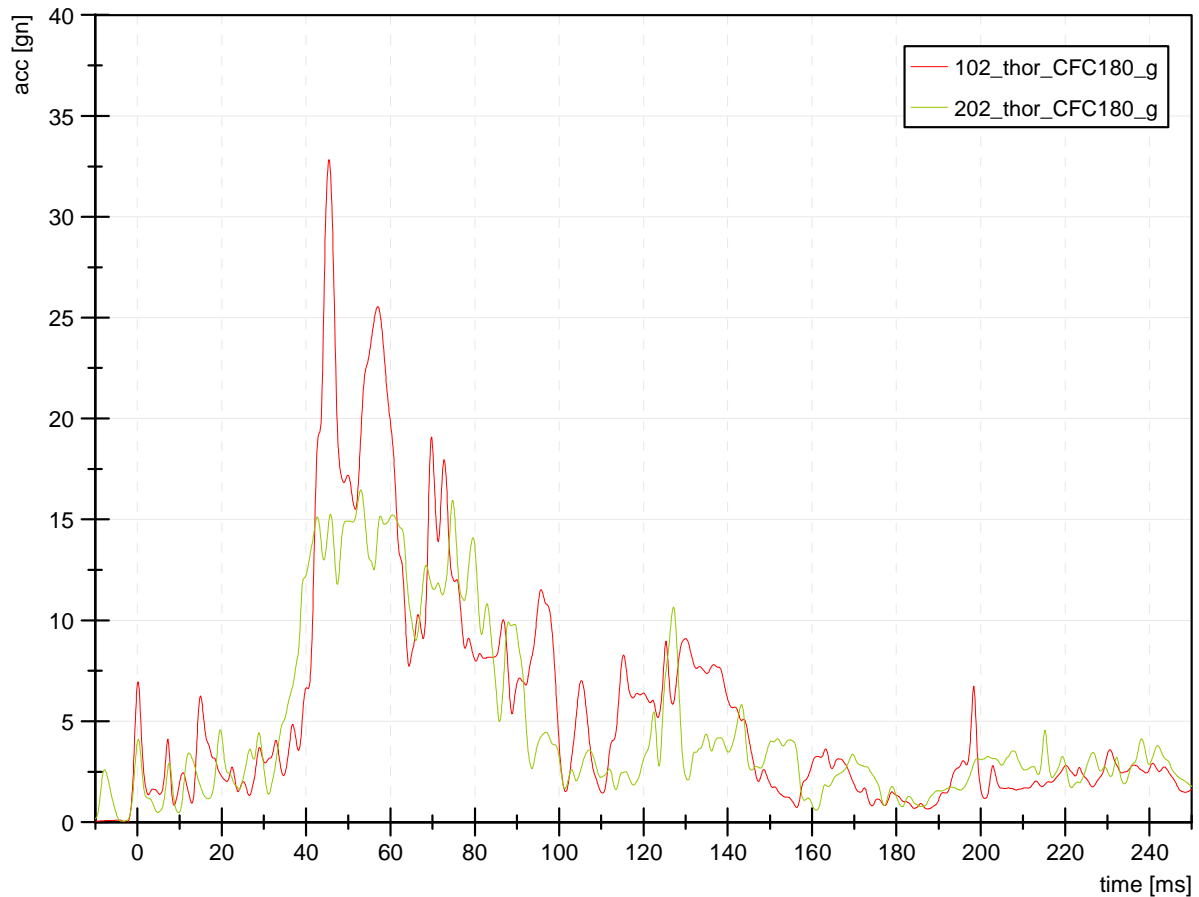
Kriterium poranění 3ms – hrudník

Limitní hodnota tohoto kritéria v případě poranění hrudníku je 60 g. Naměřené hodnoty kritéria pro provedené zkoušky jsou uvedeny v Tab. 4. Průběh výsledného zrychlení působícího na hrudník je v grafu na Obr. 33.

Pozn.: Dle předpisu EHK 44 „Dětské zádržné systémy“ je limitní hodnota kritéria 3ms pro hrudník šestiletého dítěte 55 g.

Tab. 4 – Hodnoty kritéria poranění 3ms pro hrudník.

zkouška č.	Primární náraz		Sekundární náraz	
	a3ms		a3ms	
	[g]	limit	[g]	limit
102	23.7	60/55	56.1	60/55
202	14.9	60/55	39.4	60/55



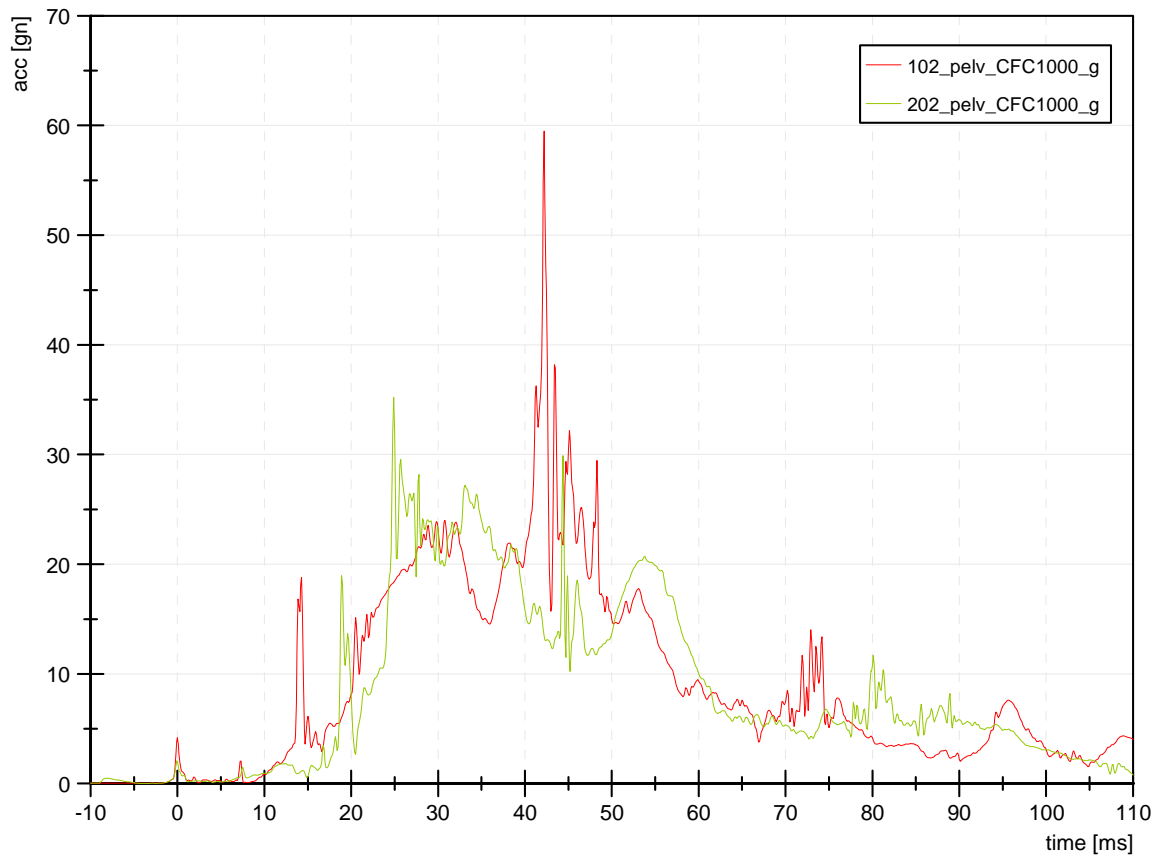
Obr. 33 – Naměřené hodnoty výsledného zrychlení působícího na hrudník (červeně zk. 102, zeleně zk. 202).

Kriterium poranění a_{max} – pánev

Maximální hodnota zrychlení nesmí přesáhnout 130 g. Naměřené hodnoty maximálního výsledného zrychlení působícího na pánev jsou uvedeny v Tab. 5. Průběh výsledného zrychlení je v grafu na Obr. 34.

Tab. 5 – Hodnoty maximálního zrychlení a kriterium poranění pro pánev.

zkouška č.	Primární náraz		Sekundární náraz	
	a_{max}		a_{max}	
	[g]	limit	[g]	limit
102	59.5	130	17.6	130
202	35.2	130	37.3	130

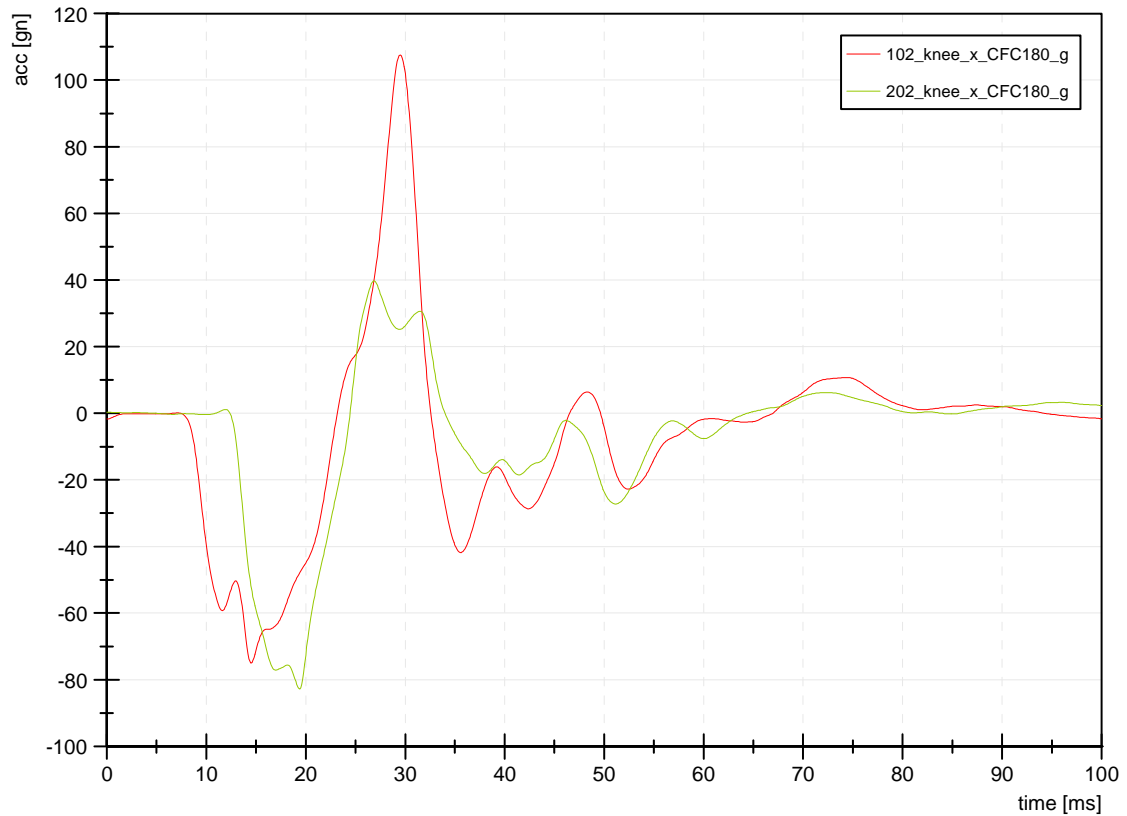


Obr. 34 – Srovnání křivek výsledného zrychlení působícího na pánev (červeně zk. 102, zeleně zk. 202).

Kriterium zrychlení kolena

Maximální hodnota výsledného zrychlení nesmí přesáhnout 170 g. Průběh působícího zrychlení v ose x (ose nárazu) pro primární nárazu) pro primární náraz je graficky znázorněn v grafu na Obr. 35. Maximální hodnoty zrychlení jsou uvedeny v

Tab. 6.



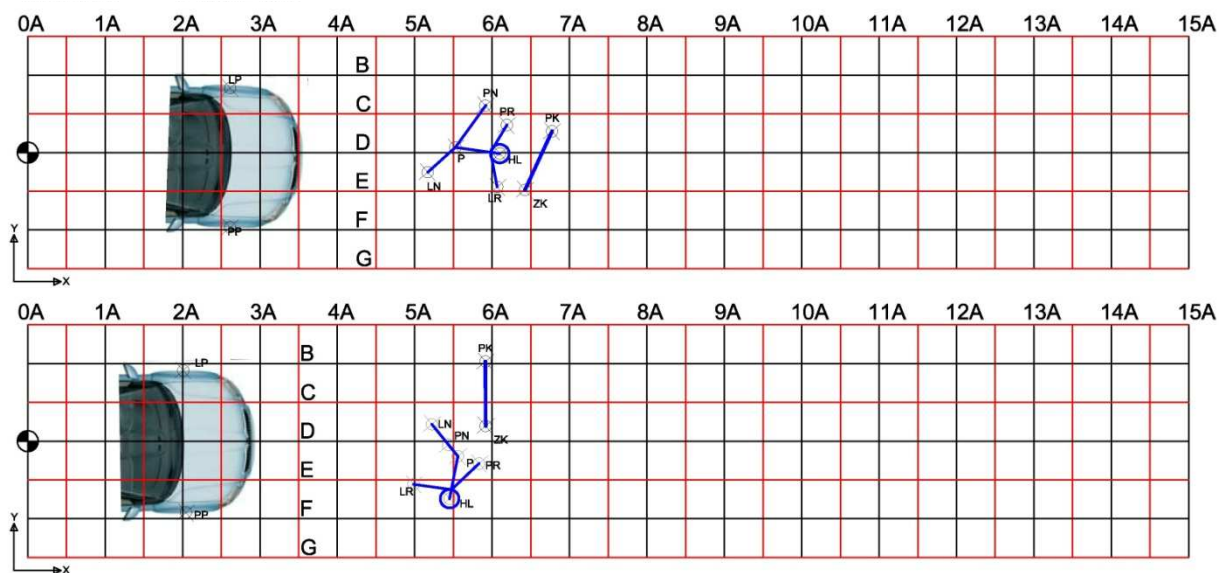
Obr. 35 – Graf průběhu zrychlení ve směru převládající síly působící na koleno (u zkoušky 102 a 202 se jedná o osu y).

Tab. 6 – Hodnoty maximálního zrychlení kolena – kritérium poranění.

zkouška č.	Primární náraz	
	a_{max}	
	[g]	limit
102	107.6	170
202	82.8	170

4.1.2 Konečná poloha objektů

Místo střetu je označeno šachovnicovým terčem na hranici 0A v ose x automobilu (viz Obr. 36). Dopadová vzdálenost (konečná poloha) figuríny je měřena k jejímu předpokládanému těžišti, u jízdního kola je dopadová vzdálenost vztažena k polovině vzdálenosti os kol, hodnoty jsou zaokrouhleny na desetinu metru a jsou uvedeny v Tab. 7.



Obr. 36 – Dopadová vzdálenost figuríny po střetu s osobním automobilem. Místo střetu: hranice 0A, označeno bodem.

Tab. 7 – Dopadová vzdálenost figuríny po střetu s osobním automobilem.

zkouška č.	Dopadová vzdálenost		
	2011		
	rychlost [km/h]	cyklista [m]	kolo [m]
102	20.0	5.6	6.6
202	18.9	5.5	5.9

4.2 Zkouška 302 – konfigurace 2

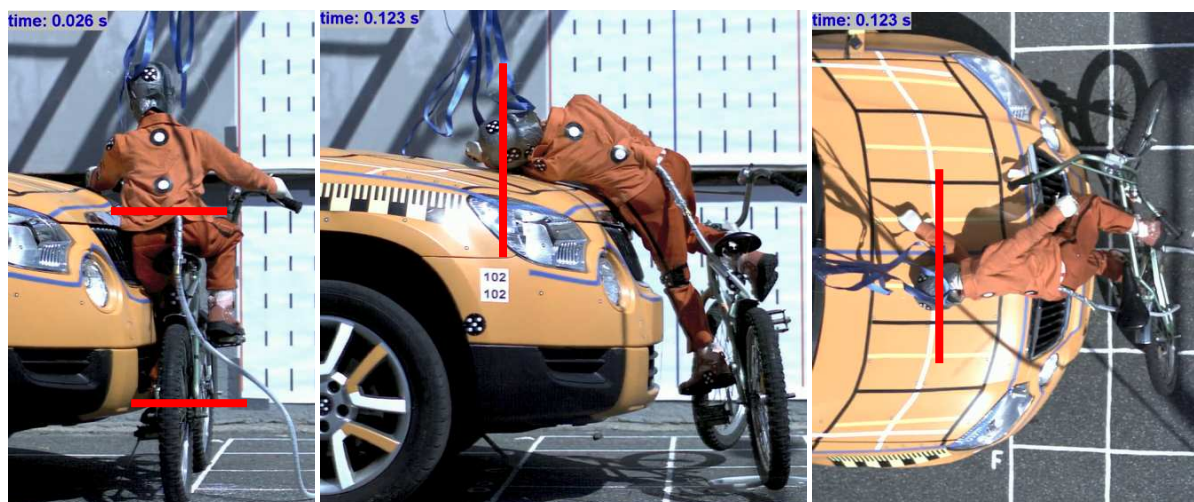
4.2.1 Hodnoty biomechanických kritérií

Hodnoty biomechanických kritérií pro zkoušku 302 nebylo možné stanovit.

4.3 Srovnání střetové konfigurace chodce a cyklisty



Obrázek 37 – střetová konfigurace figuríny P6 chodce s automobilem Škoda Yeti – vlevo první kontakt, uprostřed a vpravo – místo prvního kontaktu hlavy s kapotou.



Obrázek 38 – střetová konfigurace figuríny P6 cyklisty s automobilem Škoda Yeti – vlevo první kontakt, uprostřed a vpravo – místo prvního kontaktu hlavy s kapotou.

5 Diskuze výsledků zkoušek 11_00854

Shrnutí výsledků zkoušek 11_00854_xx2 – osobní automobil Škoda Yeti vs. dětský cyklista:

5.1 Poranění hlavy

Provedenými testy byl znázorněn přínos ochranných pomůcek pro cyklisty, konkrétně ochranné přilby, což se projevilo zejména během sekundární kolize. Při testu č. 102 by byl dětský cyklista v důsledku sekundární kolize významně ohrožen na životě, a to cca ze 16 %, s pravděpodobností 38 % by nastalo poranění závažnosti AIS 5, ve 28 % poranění hlavy závažnosti AIS 4. V důsledku sekundárního nárazu při testu č. 202

s použitím ochranné přilby pro cyklisty by v reálném případě v 89 % dětský cyklista vyvázl bez zranění a pouze v 8 % by utrpěl zranění lehké, jako jsou odřeniny a pohmožděniny.

Primární kolize by v obou testech ve svém důsledku neznamenal pro cyklistu žádné ohrožení na zdraví ve smyslu poranění hlavy.

Pozn: Rozdíl vypočtených hodnot kritéria poranění hlavy HPC_{15} nemůžeme spatřovat pouze v použití či absenci cyklistické přilby. Jak již bylo publikováno v předchozích výzkumných zprávách týkajících se kolize s chodci, je sekundární náraz jevem s vysokým stupněm neurčitosti. Na obrazových záznamech je patrná u obou testů (č. 102 a 202) odlišnost sekundární kolize v podobě většího podílu tečné síly v testu č. 202, tedy sunutí, které zmenšuje výslednou biomechanickou zátěž. Počáteční podmínky obou testů byly zvoleny s ohledem na maximální porovnatelnost.

5.2 Poranění hrudníku

Limitní hodnota kritéria 3ms pro poranění šestiletého dítěte (55 g dle EHK 44) byla u zkoušky č. 102 při sekundárním nárazu lehce překročena. Tato zjištěná hodnota by pro potenciálního cyklistu měla za následek v 58% vznik minimálně závažného poranění AIS 3+ (kontuze plic, popř. srdce s hemothoraxem či pneumothoraxem). U zkoušky č. 202 je tato hodnota podlimitní, stejně tak jako hodnoty tohoto kritéria pro oba nárazy primární, kdy by hrozil vznik poranění AIS 2+ v 10%, resp. 17%.

5.3 Poranění pánevní oblasti

Limit maximálního zrychlení a_{max} 130 g nebyl překročen při žádné z provedených zkoušek. Nejvyšší hodnota v rámci série testů byla zjištěna u testu č. 102 při primárním nárazu, kdy lze očekávat pouze lehká poranění typu zhmoždění dané lokality.

5.4 Poranění kolena

Limit maximálního zrychlení pro koleno a_{max} 170 g nebyl překročen při žádné z provedených zkoušek. Jiné poranění než lehčí zhmoždění kloubu není pravděpodobné.

6 Závěr

Fakulta dopravní ČVUT v Praze provedla sérii dynamických zkoušek střetu osobního automobilu M1 s dětským cyklistou (figurína P6). Kolizním partnerem bylo vozidlo Škoda Yeti. Byly provedeny celkem tři testy ve dvou konfiguracích, (vjetí cyklisty z boku do koridoru přijíždějícího vozidla a nedokonaný vyhýbací manévr vozidla při objíždění cyklisty jedoucího po krajnici) výsledky první kolizní konfigurace při střetových rychlostech 20,0 a 18,9 km/h potvrdily pozitivní vliv cyklistické přilby, který byl komentován v diskuzi. Z tohoto výsledku jednoznačně plyne nutnost použití cyklistické přilby zejména s ohledem na její účinek při sekundárním nárazu.

Při testu 302 došlo v 65. ms děje k mechanickému poškození (přerušení) datového a napájecího kabelu k akcelerometru umístěnému v pánvi a následně k opakovanému zkratu, což ovlivnilo měření i na ostatních vyhodnocovaných kanálech. Z dalšího měření se podařilo zrekonstruovat záznam z hlavy a hrudníku a to v časovém intervalu (70 – 240) ms – tedy převážná část primárního nárazu, ovšem z těchto neúplných signálů nelze korektně vypočítat hodnoty biomechanických kritérií, proto nelze formulovat závěry o závažnosti této kolize.

Provedené testy střetu vozidlo dětský cyklista byly porovnány i se sérií testů vozidlo vs. dětský chodec, které byly provedeny dne 5. 7. 2011 se shodným vozidlem Škoda Yeti.

Hlavní odlišnosti spočívají v ponárazové kinematice, a sice v kontaktních zónách na přední vozidla, s nimiž se dostávají do kontaktu jednotlivé části figuríny, v délce trvání primárního nárazu a v biomechanické zátěži jednotlivých částí v důsledku primárního nárazu.

Střetovou konfiguraci figuríny P6 s automobilem Škoda Yeti demonstrují obrázky 37 a 38 (prvotní kontakt, a místo prvotního kontaktu hlavy s kapotou)

Srovnání hodnot biomechanické zátěže:

Primární náraz hlavy - srovnatelné hodnoty HPC_{15}

Hrudník - primární náraz – poloviční hodnoty a_{3ms} ve srovnání s testem vozidlo vs. chodec

- sekundární náraz – řádově dvojnásobné hodnoty a_{3ms} ve srovnání s testem vozidlo vs. chodec

Pánev - poloviční hodnoty a_{max} ve srovnání s testem vozidlo vs. chodec,

Koleno - řádově poloviční hodnoty a_{max} ve srovnání s testem vozidlo vs. chodec.

Partneři zkoušky



Příloha 1 – Biomechanická kritéria – přehledové tabulky

Hlava

zkouška č.	HLAVA															
	Primární náraz								Sekundární náraz							
	HPC ₁₅			a _{max}		a _{3ms}			HPC ₁₅			a _{max}		a _{3ms}		
	[-]	t ₁ [ms]	t ₂ [ms]	[g]	t [ms]	[g]	t ₁ [ms]	t ₂ [ms]	[-]	t ₁ [ms]	t ₂ [ms]	[g]	t [ms]	[g]	t ₁ [ms]	t ₂ [ms]
102	47.9	80.0	95.0	31.9	85.3	24.4	83.3	86.3	1325.0	858.0	863.5	179.5	861.0	141.4	858.9	861.9
202	30.7	88.9	103.9	25.2	121.4	22.1	93.8	96.8	104.7	841.9	949.6	61.2	844.3	50.4	843.7	846.9

zkouška č.	HLAVA											
	Primární náraz						Sekundární náraz					
	HPC ₁₅		a _{max}		a _{3ms}		HPC ₁₅		a _{max}		a _{3ms}	
	[-]	limit	[g]	limit	[g]	limit	[-]	limit	[g]	limit	[g]	limit
102	47.9	1000	31.9	-	24.4	80/60	1325.0	1000	179.5	-	141.4	80/60
202	30.7	1000	25.2	-	22.1	80/60	104.7	1000	61.2	-	50.4	80/60

Hrudník

zkouška č.	HRUDNÍK									
	Primární náraz					Sekundární náraz				
	a _{max}		a _{3ms}			a _{max}		a _{3ms}		
	[g]	t [ms]	[g]	t ₁ [ms]	t ₂ [ms]	[g]	t [ms]	[g]	t ₁ [ms]	t ₂ [ms]
102	32.8	45.4	23.7	55.3	58.3	74.5	861.9	56.1	860.6	863.6
202	16.5	53.0	14.9	49.2	54.0	48.5	866.0	39.4	864.5	867.5

zkouška č.	HRUDNÍK							
	Primární náraz				Sekundární náraz			
	a _{max}		a _{3ms}		a _{max}		a _{3ms}	
	[g]	limit	[g]	limit	[g]	limit	[g]	limit
102	32.8	-	23.7	60/55	74.5	-	56.1	60/55
202	16.5	-	14.9	60/55	48.5	-	39.4	60/55

Pánev

zkouška č.	PÁNEV									
	Primární náraz					Sekundární náraz				
	a _{max}		a _{3ms}			a _{max}		a _{3ms}		
	[g]	t [ms]	[g]	t ₁ [ms]	t ₂ [ms]	[g]	t [ms]	[g]	t ₁ [ms]	t ₂ [ms]
102	59.5	42.2	21.8	43.2	46.9	17.6	863.0	14.1	802.2	805.2
202	35.2	24.9	22.9	32.6	36.1	37.3	875.1	29.7	873.6	876.6

zkouška č.	PÁNEV							
	Primární náraz				Sekundární náraz			
	a _{max}		a _{3ms}		a _{max}		a _{3ms}	
	[g]	limit	[g]	limit	[g]	limit	[g]	limit
102	59.5	130	21.8	-	17.6	130	14.1	-
202	35.2	130	22.9	-	37.3	130	29.7	-

Koleno

zkouška č.	KOLENO	
	Primární náraz	
	a _{max}	
	[g]	t [ms]
102	107.6	29.5
202	82.8	19.4

zkouška č.	KOLENO	
	Primární náraz	
	a _{max}	limit
	[g]	limit
102	107.6	170
202	82.8	170

Příloha 2 – Škála hodnocení závažnosti poranění - Abbreviated Injury Scale (AIS)

Poranění hlavy AAAM 2004 (Association for the Advancement of Automotive Medicine 2004)

AIS	Popis poranění
1	Kůže, svaly: odřeni, povrchové natrženi Obličej: zlomenina nosu
2	Kůže: částečná skalpace Zlomenina klenby lebni: prasklina Zlomenina čelisti: otevřená, dislokovaná Zlomenina lícní kosti: LeFort I a II
3	Zlomenina baze lebni Zlomenina lícní kosti: LeFort III Totální skalpace Zhmoždění mozečku
4	Zlomenina klenby lebni: otevřená s úlomky, odhalení nebo ztráta mozkové tkáně Malý subdurální nebo epidurální hematom
5	Pronikající poranění > 2 cm s útlakem mozku, Rozsáhlé epidurální nebo subdurální krvácení Difúzní poranění mozku
6	Masivní destrukční poranění lebky a mozku

Poranění hrudníku – poranění skeletu AAAM 2004

AIS	Popis poranění
1	Zlomenina jednoho žebra
2	Zlomenina 2-3 žeber, zlomenina hrudní kosti
3	Zlomenina 4 a více žeber na jedné straně, zlomenina 2-3 žeber s hemothoraxem nebo pneumothoraxem
4	Zlomenina 4 a více žeber na každé z obou stran, zlomenina 4 a více žeber s hemothoraxem nebo pneumotoraxem, nestabilní hrudník
5	Oboustranně nestabilní hrudník
6	-

Poranění hrudníku – měkké tkáně AAAM 2004

AIS	Popis poranění
1	Zhmoždění průdušky
2	Částečné odtržení stěny průdušky
3	Zhmoždění plíce, lehké zhmoždění srdce
4	Zhmoždění plic, částečné natrženi aorty, zhmoždění srdce
5	Natrženi aorty, roztržení plic s přetlakovým pneumothoraxem
6	Roztržení aorty s masivním krvácením do osrdečníku

Poranění páteře AAAM 2004

AIS	Popis poranění
1	Kůže, svaly: odření, zhmoždění, lehké natržení
2	Páteřní tepna: malé natržení Křční/hrudní páteř: dislokace bez zlomeniny Hrudní/bederní páteř: roztržení disku
3	Páteřní tepna: odtržení Křční/hrudní páteř: natržení více nervových kořenů
4	Křční/hrudní páteř: zhmoždění míchy
5	Křční/hrudní páteř: roztržení míchy bez zlomenin
6	Křční páteř: roztržení míchy v oblasti C3 a vyšší se zlomeninou

Poranění břicha AAAM 2004

AIS	Popis poranění
1	Kůže, svaly: zhmoždění (hematom)
2	Slezina, játra: zhmoždění (< 50% povrchu)
3	Zhmoždění ledvin Slezina: roztržení
4	Břišní aorta: lehké natržení Ledviny/játra: roztržení
5	Ledviny: totální destrukce orgánu i jeho cévního zásobení
6	Totální separace cévního zásobení

Dolní končetiny AAAM 2004

AIS	Popis poranění
1	Kotník, kyčel: vymknutí, zhmoždění
2	Češka, kost holenní, lýtková, patní kost, nárt: zlomenina Pánev: zavřená nedislokovaná zlomenina Prst: amputace, rozdrčení Kyčel, koleno: dislokace Svaly, vazy: natržení
3	Stehenní kost: zlomenina Pánev: zlomenina (otevřená, dislokovaná) Traumatická amputace DK pod kolenem
4	Pánev: zlomenina tzv. otevřená kniha Traumatická amputace DK nad kolenem
5	Pánev: výrazná deformace s narušením pánevní dutiny s masivním krvácením >20% objemu
6	-