

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní komunikace



Bakalářská práce

**Zkoušky bezpečnosti osobních automobilů se
zaměřením na testovací figuríny**

Jan Cigánek

©2024 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Cigánek

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Zkoušky bezpečnosti osobních automobilů se zaměřením na testovací figuríny

Název anglicky

Passenger safety tests with a focus on test dummies

Cíle práce

Bakalářská práce je tematicky zaměřena na problematiku bezpečnosti vozidel. Hlavním cílem práce bude analýza zkoušek bezpečnosti osobních automobilů a ochrana posádky při nárazu. Dále detailně popsat používané testovací figuríny.

Metodika

Metodika řešené problematiky bakalářské práce je založena na studiu a analýzách odborných informačních zdrojů. Na základě rozboru teoretických poznatků a výsledků hodnocení budou formulovány závěry bakalářské práce.

Práce bude zpracována dle osnovy:

- 1 Úvod
- 2 Cíl práce
- 3 Přehled řešené problematiky
- 4 Závěr
- 5 Seznam použitých zdrojů
- 6 Přílohy

Doporučený rozsah práce

30-40 stran včetně obrázků, grafů a tabulek

Klíčová slova

bezpečnost, figuríny, crashtest, NCAP, senzory

Doporučené zdroje informací

GSCHEIDLE, Rolf. Příručka pro automechanika. 3., přeprac. vyd. Přeložil Iva MICHŇOVÁ, přeložil Zdeněk MICHŇA, přeložil Jiří HANDLÍŘ. Praha: Europa-Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86706-17-7.

HOREJŠ, Karel a Vladimír MOTEJL. Příručka pro řidiče a opraváře automobilů. Vyd. 4. Brno: Littera, 2011. ISBN 978-80-85763-61-4.

VLK, František. Karosérie motorových vozidel: ergonómika : biomechanika : pasivní bezpečnost : kolize : struktura : materiály. Brno: VLK, 2000. ISBN 80-238-5277-9.

VLK, František. Lexikon moderní automobilové techniky. Brno: František Vlk, 2005. ISBN 80-239-5416-4.

Předběžný termín obhajoby

2023/2024 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Veronika Hartová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 19. 1. 2022

doc. Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 2. 2022

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 10. 10. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci s názvem – Zkoušky bezpečnosti osobních automobilů se zaměřením na testovací figuríny, jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil práva třetích osob.

V Praze dne: 31.3.2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí své bakalářské práce Ing. Veronice Hartové Ph.D. za odborné vedení při psaní a za její vstřícný přístup. Dále bych také rád poděkoval své rodině a kamarádům, kteří mě během této práce podporovali.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je provést komplexní analýzu nárazových figurín používaných v bezpečnostních zkouškách Euro NCAP. Práce poskytuje hluboký pohled na jejich historický vývoj a jejich původní použití v leteckém průmyslu, dále je v práci vytvořen přehled jednotlivých organizací, které se zkouškami bezpečnosti zabývají a podává tak detailní přehled o jednotlivých zkouškách, zkoumá aktivní a pasivní bezpečnostní prvky vozidel, figuríny aktuálně používané v simulacích, včetně obecné informovanosti ohledně senzorů umožňujících detailní analýzu získaných dat a finanční stránku problematiky figurín. Práce je zpracována metodou rešerše, na základě analýzy odborné literatury a článků dostupných na internetu. Ze získaných informací jsou pak formulovány závěry.

Klíčová slova: crashtest, figurína, Euro-NCAP, aktivní a pasivní prvky, senzory

Abstract

The main objective of this bachelor thesis is to conduct a comprehensive analysis of crash test dummies used in Euro NCAP safety tests. This thesis provides an in-depth look at their historical development, and their first use in aviation industry. This thesis also provides an overview of the various organizations which are involved in safety testing, it offers a detailed look at all of the individual tests Euro NCAP provides. It examines both active and passive safety features of vehicles, the dummies that are actively in use of Euro NCAP, including general awareness about sensors that are providing detailed analysis of collected data from them and financial costs of dummies in general. The work is conducted through research, which is based on analysis of professional literature and articles on the internet. From the gathered information, conclusions are then formulated.

Key words: crash test, Euro NCAP, dummy, active and passive elements, sensors

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce.....	2
3	Přehled řešené problematiky	3
3.1	Prvky bezpečnosti motorových vozidel	3
3.1.1	Aktivní prvky	3
3.1.2	Pasivní prvky	5
3.2	Historický vývoj zkoušek	6
3.3	Organizace zaštiťující bezpečnostní zkoušky	7
3.4	Zkoušky bezpečnosti.....	9
3.4.1	Ochrana dospělé posádky	9
3.4.2	Ochrana dětské posádky	13
3.4.3	Ochrana chodců a cyklistů	15
3.4.5	Bezpečnostní prvky.....	20
3.5	Testovací figuríny v bezpečnostních zkouškách.....	22
3.6	Aktuálně používané figuríny.....	25
3.6.1	Senzory	30
3.6.2	Akcelerometr.....	30
3.6.3	Gyroskop.....	31
3.6.4	Siloměr	31
3.6.5	Tenzometr	31
4	Finance.....	32
5	Závěr	33
6	Citovaná literatura.....	34
7	Seznam Obrázků a Tabulek.....	39

Seznam použitých zkratek

GM – General Motors

PETA – People for the Ethical Treatment of Animals

SAE – Society of Automobile Engineers

AAMA – American Automobile Manufacturers Association

ISO – International Organization for Standardization

CRABI – Child Restraint and AirBag Interaction

SID – Side Impact Dummy

NCAP – New Car assessment

NHTSA – National Highway Traffic Safety Administration

VRU – Vulnerable Road User

AEB – Autonomous Emergency Brake

AES – Autonomous Emergency Steering

ESS – Emergency Steering Support

ACC – Adaptive Cruise Control

LKA – Lane Keeping Assistant

ELK – Emergency Lane Keeping

ABS – Anti-lock Braking System

ASR – Anti-Slip Regulation

ESP – Emergency Stability Programme

ESC – Emergency Stability Control

eCall – hovor zprostředkovaný v případě nehody

THOR – Test device for Human Occupant Restraint

1 Úvod

S nárůstem využití osobních vozidel na celosvětové úrovni se bezpečnost v kontextu automobilové dopravy stává stále důležitějším předmětem zájmu. Společně s tímto trendem narůstá o počet dopravních nehod, které mají často fatální vliv na lidské životy a způsobují významné materiální škody. Aby automobiloví výrobci mohli těmto výzvám lépe čelit, intenzivně se věnují vývoji pokročilejších a technologicky lepších řešení, jejichž cílem je redukovat frekvenci a závažnost dopravních incidentů.

V této snaze hrají zásadní roli bezpečnostní testy, které provádějí organizace jako je například EURO-NCAP. Tyto instituce mají za cíl poskytovat nezbytné informace o úrovni bezpečnosti automobilů, které jsou aktuálně dostupné na trhu. Nezastupitelnou roli v těchto testech zastávají crash testové figuríny, simulující chování lidského těla během dopravních nehod. Figuríny jsou osazeny řadou senzorů, umožňujících detailní sběr dat o silách působících na tělo a chování vozidla v průběhu kolize.

Zkoušky bezpečnosti se proto stávají nepostradatelným zdrojem informací nejen pro výrobce automobilů, ale i pro spotřebitele. Umožňují jim učinit lepší rozhodnutí na základě informací vyplývajících z testů. Vývoj nových bezpečnostních technologií a zkoušek jsou klíčovými prvky ve snaze o zajištění větší bezpečnosti na silnicích a omezení negativních dopadů dopravních nehod na společnost. V rámci těchto testů se klade velký důraz na realistické simulace různých typů kolizí, což umožňuje nejen posouzení schopnosti vozidla chránit své cestující, ale i potenciální vliv na chodce a jiné účastníky silničního provozu, ale i záchranným složkám umožňuje lepší pochopení mechanismu vyproštění osob.

2 Cíl práce

Cílem Bakalářské práce je se detailně věnovat problematice bezpečnosti vozidel, s klíčovým zaměřením na analýzu zkoušek bezpečnosti osobních automobilů a ochrany posádky v průběhu kolizních situací ve kterých hrají hlavní roli testovací figuríny.

Práce je rozdělená na několik podkapitol:

- Prvky bezpečnosti motorových vozidel
- Historický vývoj zkoušek
- Organizace zaštiťující bezpečnostní zkoušky
- Zkoušky bezpečnosti
- Testovací figuríny v bezpečnostních zkouškách
- Aktuálně používané figuríny
- Senzory
- Finance

3 Přehled řešené problematiky

V rámci metodického postupu bude provedena literární rešerše odborných článků, vědeckých studií, technických zpráv a veřejně dostupných publikací na téma nárazových testovacích figurín. Zvláštní pozornost bude věnována vývoji těchto figurín, jejich konstrukčním charakteristikám, typům senzorů, které obsahují a datům, které během testů zaznamenávají. Důležitou částí je i historický vývoj crash testů s přihlédnutím na pokrok v technologii.

Tento metodický postup poskytne komplexní přehled o stávajícím stavu v oblasti testovacích figurín a technologií používaných pro zajištění bezpečnosti vozidel, což umožní formulovat ucelený závěr.

3.1 Prvky bezpečnosti motorových vozidel

K zabránění nehody automobilu a jejím následně vzniklým důsledkům, pro cestující a ostatní účastníky silničního provozu, se v automobilu nachází dvě sady prvků bezpečnosti, aktivní a pasivní.

3.1.1 Aktivní prvky

Aktivní prvky bezpečnosti se snaží redukovat pravděpodobnost vzniku dopravní nehody. (1) Technologie mají za cíl pomáhat řidiči udržet kontrolu nad vozidlem a zlepšují jeho schopnost reagovat na nebezpečné situace. Mezi tyto prvky patří:

- **ABS**

(angl. Anti-lock Braking System) je bezpečnostní systém, který je navržen tak, aby zabránil zablokování kol při prudkém brzdění. Systém je uveden do provozu v kritických situacích, ve kterých je nezbytně nutné, aby vozidlo snížilo rychlost, nebo zastavilo. Mezi tyto situace patří: mokrá vozovka, namrzající povrch vozovky, rychlá reakce na náhodnou překážku řidičem vozidla, nebo pochybení ostatních účastníků silničního provozu. V těchto situacích může docházet u vozidla k blokování kol, tím je provázen smyk kol. (2) (3)

- **ASR**

(angl. Anti-Slip Regulation) Slouží k regulování prokluzu kol. Oproti ABS se tento systém aktivuje při akceleraci automobilu. ASR přizpůsobuje točivý moment motoru podle toho, jak vyžaduje situace a podmínky. Prokluzu je zabráněno v situacích jako je: vozovka s náledím, při prudkém zrychlení v zatáčce, akceleraci z místa na namrzlé vozovce, nebo při pohybu do kopce (za pomoci předního pohonu). Automatický systém

upravuje výkon motoru za cílem zajistit, aby se kola otáčela s dostatečnou trakcí a nedocházelo tak k jejich prokluzu. (3)

- **ESP (ESC)**

(angl. Electronic Stability Program a Electronic Stability Control) slouží ke zvýšení kontroly nad automobilem v kritických případech. Tento program kombinuje systémy ABS a ASR. Systémy propojené sběrnici řídí zásahy do brzdového systému na základě otáček kol, tlaku v brzdovém systému, úhlu natáčení kol a dalších předem výrobcem definovaných parametrů, do kterých by se vozidlo nemělo dostat. Systém tak určuje, jestli sníží otáčky motoru, nebo které kolo bude do jaké míry zpomalováno nebo zrychlováno. (4)

- **ACC**

(angl. Adaptive Cruise Control) Adaptivní tempomat je nástupce klasického tempomatu. U původního tempomatu vozidlo samo nebrzdí a je tak vždy nutný zásah řidiče. Adaptivní tempomat automaticky upravuje rychlost samotného vozidla v závislosti na rychlosti automobilu jedoucího před ním. V případě, že řidič ve vozidle vpředu zpomalí, automobil v závislosti na nastavené vzdálenosti udržuje od auta před ním za pomoci brzdového účinku řidičem nastavený rozestup. Adaptivní tempomat získává informace o poloze a pohybu automobilu za pomoci ABS a ESP skrze datovou sběrnici. (5)

Pro správnou funkci adaptivního tempomatu je klíčové určení vzdálenosti od překážky před vozidlem k čemuž využívá vestavěný radar, nebo v alternativně lidar. U radaru se využívá princip Dopplerova jevu. Rádiové vlny jsou za pomoci paprsku o frekvenci od 76 až 77 GHz a vlnové délce 4 mm emitovány parabolickou anténou. Tyto vlny se odráží od překážky před ní a jsou zpětně přijímány. Na základě času, který uplyne od vyslání po jeho návrat se určí vzdálenost vozidla jedoucího vpředu. (5)

Další možností je využití lidar. Ten měří vzdálenost od překážky s využitím světelných paprsků. Oproti radaru, využívá lidar světlo, v tomto případě LED diodu. Ta pomocí optických čoček emituje krátké impulzy světla, které při odrazu přijímá optický senzor. Jako odrazovou plochu, od které se světlo odráží, využívá senzor části osvětlení, nebo reflexní vlastnosti poznávací značky. Oproti radaru je vysílaný paprsek užší, a tudíž i přesnější. V rámci světelného spektra se využívá hlavně infračerveného paprsku. Překážka jedoucí před vozidlem část světla pohltí, zatímco ostatní odráží světlo zpět.

Množství odráženého světla závisí na jeho materiálu a na podmínkách ve kterých se paprsek šíří. (5)

- **Front assist**

Tento asistent využívá radaru umístěného v přední masce vozidla. Radar je důležitou součástí právě u adaptivního tempomatu zmíněného v odstavci výše. V případě kritické situace, kdy je srážka nevyhnutelná začne vozidlo zpomalovat, pokud je to nutné do úplného zastavení ho doplňuje i varovný signál uvnitř kabiny, který upozorní řidiče na probíhající zákrok vozidla. (6)

- **Lane assistant**

Asistent udržování v pruhu, už jak název napovídá, má za cíl udržet automobil v pruzích, pomocí kamer umístěných před zpětným zrcátkem na čelním skle. Doplněn o varovné signály, může systém v případě nouze jemnou korekcí zasáhnout řidiči do řízení. (7)

3.1.2 Pasivní prvky

Na rozdíl od prvků aktivních, jsou pasivní prvky zaměřeny na minimalizaci dopadů nehod, na zúčastněné osoby. Mezi prvky pasivní bezpečnosti patří:

- **Pásy**

Bezpečnostní pásy představuje klíčový prvek pasivní bezpečnosti a jsou zásadní pro ochranu cestujících. Ve spolupráci s dalšími pasivními prvky pomáhají zpomalit náraz hlavy, nebo hrudníku v rámci prostoru vozidla. V některých případech bývají vybaveny i systémem, který omezuje sílu působící na hrudník při kolizi. Hlavním úkolem bezpečnostního pásů je zajistit, aby cestující udržely v sedadlech a omezily tak jejich pohyb vpřed, čímž snižuje riziko zranění od interiérových prvků automobilu. (7)

- **Dětské autosedačky**

Jelikož pásy slouží především pro dospělou populaci a pro děti, nebo dospívající by mohly způsobit vážná zranění, je proto v zákoně zakotveno, že osoba vzrůstu, který je menší než 150 cm a nedosahuje ani váhy vyšší než 36 kg, musí být umístěna v dětské autosedačce. Při výběru autosedačky je klíčové zohlednit její typ, způsob umístění ve vozidle a její osvědčení. Typ sedačky by měl být vybrán na základě věku a váhy dítěte, a způsobu uchycení ve vozidle, ve kterém autosedačka bude umístěna. (7)

- **Airbagy**

V kombinaci s bezpečnostními pásy airbagy zmenšují důsledek nárazu hrudníku a hlavy do interiérových prvků aut. Kromě nejrozšířenějších, čelních airbagů se ve vozidle nacházejí také boční, hlavové a kolenní airbagy. Čelní airbag řidiče je typicky integrován do středu volantu, zatímco airbag spolujezdce je skryt do panelu přístrojové desky. Boční airbagy jsou umístěny v bočních částech vozidla, obvykle v oblasti dveří nebo sloupcích. Když dojde k aktivaci airbagu, speciálně navržené kryty se na předem stanovených místech otevřou a umožní tak airbagu naplnit se plynem. (7)

- **Hlavová opěrka**

Důležitým prvkem v autě je i hlavová opěrka, nestačí její samotná existence v automobilu, pokud totiž není správně nastavená na hlavu cestujících v autě, může i tak způsobit vážná zranění, ke kterým může dojít při nárazu automobilu zezadu – Whiplash. Optimální nastavení hlavové opěrky má být asi 2 cm nad temenem hlavy. Tato pozice je důležitá hlavně v případě čelního nárazu, kdy dochází k pohybu těla směrem dopředu, a následnému pohybu vzad směrem do opěrky. Prostor mezi hlavou a opěrkou by neměl přesáhnout více jak 5 cm, protože s rostoucí vzdáleností se zvyšuje riziko vážnějších zranění. V rámci novějších automobilů bývá ve vyšších výbavách i aktivní systém hlavových opěrek, který pomáhá zmírnit dopad na krční páteř. (7)

- **eCall**

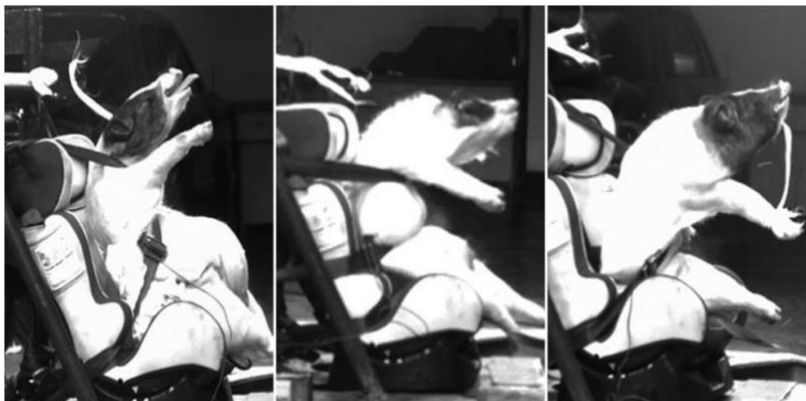
Systém eCall je integrován do vozidel a umožňuje automatické navázání spojení s nouzovou linkou 112 v případě dopravní nehody. Systém po detekci vážného nárazu samočinně iniciuje volání na nejbližší centrum tísňového volání, poskytne přesnou polohu místa nehody a přenáší další relevantní informace. eCall lze rovněž aktivovat ručně tlačítkem umístěným uvnitř kabiny vozidla, což je užitečné, pokud se řidič stane svědkem nehody, dojde tak k aktivaci hlasové komunikace mezi vozidlem a operátorem na tísňové lince což umožní posádce sdělit další informace o situaci. (7)

3.2 Historický vývoj zkoušek

Historie crash testů a metody využívané k hodnocení bezpečnosti automobilů, prošly dlouhým a komplexním vývojem od prvních experimentálních pokusů až po současnost kdy se testování vozidel vyvinulo do vysoce sofistikovaného a technologicky pokročilého procesu, Současné postupy se opírají o přesné digitální simulace a využití nárazových figurín vybavených

špičkovými senzory, které poskytují detailní data o potenciálních zraněních při různých typech dopravních nehod. Od prvního zaznamenaného úmrtí v důsledku dopravní nehody v roce 1869 až do poloviny 20. století nevěnoval automobilový průmysl významnější pozornost bezpečnosti vozidel. Bezpečnostní zkoušky, které se v tu dobu prováděly se opíraly o různou řadu metod, která by v aktuální době byla neetická a nehumánní, kam by se daly zařadit testy na zvířatech a testy za použití mrtvol. První záznamy o řízených crash testech se datují do roku 1934, které prováděli američtí inženýři z General Motors. (8) (9)

Ti poslali první automobily proti betonovým bariérám. Pokusy spočívaly v tom, že se auta uvolnila z kopce a řidič za jízdy musel vyskočit. Před vynálezem testovacích figurín si museli vědci pomoci jinými alternativami, jako byli živí dobrovolníci a jak již zmíněná mrtvá těla nebo zvířata, tady šlo o vepře a medvědy. Vepři byli vybíráni hlavně pro jejich podobnou skladbu orgánů jako má člověk. Zvířata se musela uvést do narkózy a fixovala se do sedaček automobilů tak, aby odpovídala tomu, jak by ve vozidlu seděl člověk viz obr. 1. Společnost General Motors pak musela v roce 1993 ukončit testování na zvířatech vlivem desetiměsíční kampaně organizace PETA, která odhalila, že řada zvířat byla uspána a připoutána k autosedačkám, narážela do zdí, dokud nebyla jejich těla zakrvácená, pohmožděná nebo rozdrcená. Pokud vlivem testů zvířata nezemřela, byla usmrcena a následně pitvána. (9)



Obr 1 Průběh testu s prasetem v narkóze (9)

3.3 Organizace zajišťující bezpečnostní zkoušky

Existuje několik významných organizací, které se podle umístění na světě zaměřují na určitý trh mezi některé z nich patří:

Euro NCAP (European New Car Assessment Programme)

Nezávislé konsorcium, které provádí bezpečnostní testy u nových modelů vozů pomocí nárazových zkoušek. Program pochází z Velké Británie, odkud se postupně rozšířil do Evropy. Mezinárodní organizace Euro NCAP byla založena po silné iniciativě Švédska s pomocí

federace FIA v prosinci 1996. Působí jako nezávislá jednotka, kterou podporuje Evropská komise, společně s vládami Německa, Francie, Švédska, Nizozemí, Španělska, a také různé spotřebitelské a motoristické organizace. (10)

NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration)

NHTSA byla vytvořena zákonem o bezpečnosti silničního provozu v roce 1970, jako nástupce Národního úřadu pro bezpečnost silničního provozu, aby prováděla bezpečnostní zkoušky ve Spojených Státech amerických. (11)

A-NCAP (Australasian New car Assessment Programme)

Je australský program testující a hodnotící bezpečnost vozidel určených pro australský trh, který vznikl v roce 1992. Za tři dekády program ohodnotil bezpečnost u více než 1000 vozidel, tento program zajišťuje nezávislé výsledky pro australské a novozélandské spotřebitele. (12)

J-NCAP (Japan New Car Assessment Programme)

Uskupení J-NCAP bylo iniciováno japonskou vládou v roce 1995. Jejím cílem bylo vylepšení bezpečnosti vozidel, které přicházely na japonský trh. Toto uskupení sjednocuje výsledky bezpečnostních testů, které zprostředkovává pod záštitou Ministerstva vnitra, infrastruktury, dopravy a cestovního ruchu. Program každoročně provádí revize ohledně testovacích metod a pravidelně posuzuje její standardy. Tyto revize berou v úvahu reálné dopravní nehody, které se staly na území Japonska. Například v roce 2018, J-NCAP provedl přezkum kritériálního hodnocení poškození pro posouzení bezpečnosti kolizí, aby se mohl lépe zaměřit na vlastní populaci, ve které průměrný věk dožití vlivem menší porodnosti a stárnoucí populace stoupá, výsledkem této revize bylo také nutnost implementace nové testovací figuríny, která lépe odpovídala takovému lidskému tělu. (13)

C-NCAP (China New Car Assessment Programme)

Program C-NCAP byl zahájen v roce 2006 jako součást pokusu o zlepšení bezpečnosti vozidel v Číně. Program je modelován podle bezpečnostních standardů stanovených Euro NCAP a je zaštiťován Čínským centrem pro automobilovou technologii a výzkum (CATARC). (14)

Testy EURO NCAP

Testy EURO NCAP rozlišují bezpečnost vozidla počtem získaných hvězd, ty samozřejmě odpovídají tomu, jak je samotné vozidlo bezpečné, ale také jakými bezpečnostními prvky je vybaveno. Od roku 2016 mohou mít některá vozidla dvojí hodnocení. První hodnocení zahrnuje model nezávisle na stupni jeho výbavy, hodnotí se tak model s nejnižší výbavou, s kterou je standardně distribuováno každé vozidlo daného modelu. Druhé hodnocení pak odpovídá modelu, který může mít přídatnou výbavu, ve většině případů příplatkovou. (15)



5 hvězd: Celkové vynikající hodnocení při ochraně před nárazem – automobil je vybaven technologií pro prevenci nehod.



4 hvězdy: Celkově dobré hodnocení při ochraně před nárazem, – přídatné bezpečnostní prvky mohou být přítomny.



3 hvězdy: Průměrná ochrana posádky vozidla – ne vždy vybaven nejnovějšími prvky pro ochranu před nárazem.



2 hvězdy: Jmenovité prvky pro ochranu posádky – téměř žádné prvky pro předcházení nárazu.



1 hvězda: Minimální ochrana před nárazem – chybí technologie pro předcházení nárazu.



0 hvězd: Splňuje standardy legalizující prodej vozidla – chybí moderní bezpečnostní prvky. (15)

3.4 Zkoušky bezpečnosti

Každé vozidlo prochází sérií nárazových testů ve čtyřech oblastech bezpečnosti:

- **Adult occupant protection** (Ochrana dospělé posádky)
- **Child occupant protection** (Ochrana dětské posádky)
- **Vulnerable road user protection** (Ochrana ostatních účastníků silničního provozu)
- **Safety assist** (Bezpečnostní asistenti)

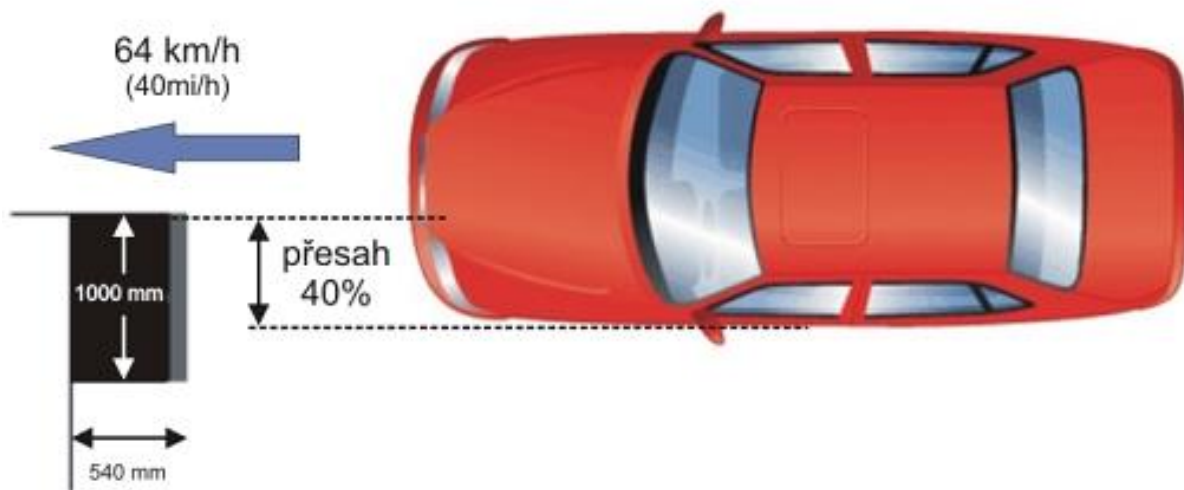
V těchto oblastech provádí EURO NCAP různé testy, ve kterých hodnotí subjekty od 0 do 100.

3.4.1 Ochrana dospělé posádky

Zkouška s částečným čelním nárazem do deformovatelné bariéry

(angl. Offset Deformable Barrier), je jeden z nejčastějších druhů nehod automobilů, který má často fatální následky. V reálném prostředí by tento střet odpovídal nárazu dvou automobilů jedoucích proti sobě ve stejné váhové kategorii, každé jedoucí rychlostí 50 km/h. (16)

V rámci testu je reálná podoba pozměněna. Model automobilu, u kterého se test provádí, vráží do deformovatelné bariéry v rychlosti 64 km/h. Deformovatelná bariéra je vůči testovacímu vozidlu posunuta o 40 %, jak je vidět na Obr. 2. Jeho zamýšlená deformace simuluje deformaci protijedoucího automobilu. Bariéra je tvořena z hliníku přesných rozměrů, se strukturou včelích pláství. Šířka bariéry je 1000 mm a deformovat se může až do hloubky 540 mm. Během testu se v automobilu nachází dvě dospělé figuríny na předních sedadlech a dvě figuríny dětské, sedící na dětských sedačkách vzadu. Při zkoušce by mělo dojít k efektivní absorpci sil nárazu deformačními zónami vozidla. Aby vozidlo úspěšně prošlo testem, musí se jeho přední deformační zóna deformovat kontrolovaně a nesmí dojít k poškození prostoru určenému pro posádku. (16)



Obr 2 Schéma čelního nárazu s přesahem (16)

Zkouška plného čelního nárazu do nedeformovatelné bariéry

(angl. Full Width Rigid Barrier) je zkouška přidaná v roce 2015. Motivací k vytvoření tohoto testu byly stále tužší a pevnější konstrukce automobilů. Zvýšení tuhosti konstrukce sice vedlo k snížení zranění dolních končetin a hlavy, ale zároveň vyšší tuhost karoserie, způsobuje menší deformace, které pak vedou k většímu zrychlení, které je potřebné řešit za pomoci zádržných systémů. Při tomto testu vozidlo jedoucí rychlostí 50 km/h narazí do pevné bariéry, pokrývající celou šíři vozidla viz obr. 3. Při této zkoušce je na předních sedadlech využita figurína ženy. (17)



Obr 3 Grafické zobrazení plného čelního nárazu do pevné překážky (17)

Tento test klade vysoké požadavky na kvalitu zádržných systémů. Součástí tohoto testu jsou přísné limity na pro zpomalení a posun hrudníku vůči původní pozici. Tyto hodnoty jsou hlavními požadavky pro hodnocení této zkoušky. Pro úspěšné splnění dané zkoušky je vyžadována adekvátní pevnost karoserie, která zaručí bezpečný prostor pro posádku, před pronikáním vnějších cizích předmětů, a zároveň umožní snadné otevření dveří po kolizi. (17)

Zkouška s bočním nárazem

(angl. Side Mobile Barrier) je test ve kterém pohyblivá překážka narazí kolmo do stojícího vozidla v rychlosti 50 km/h. Překážka je vpředu vybavena deformující částí, která simuluje přední část druhého vozidla při kolizi schéma možno vidět na obr. 4. Je druhým nejčastějším typem kolize s fatálními důsledky. Vznikají při něm vážná poškození hrudi a hlavy. V tomto případě mají boční a hlavové airbasy klíčovou roli, především ve zvyšování bezpečnosti. (18)



Obr 4 Grafické zobrazení testu bočního nárazu (18)

Zkouška bočního nárazu do sloupu

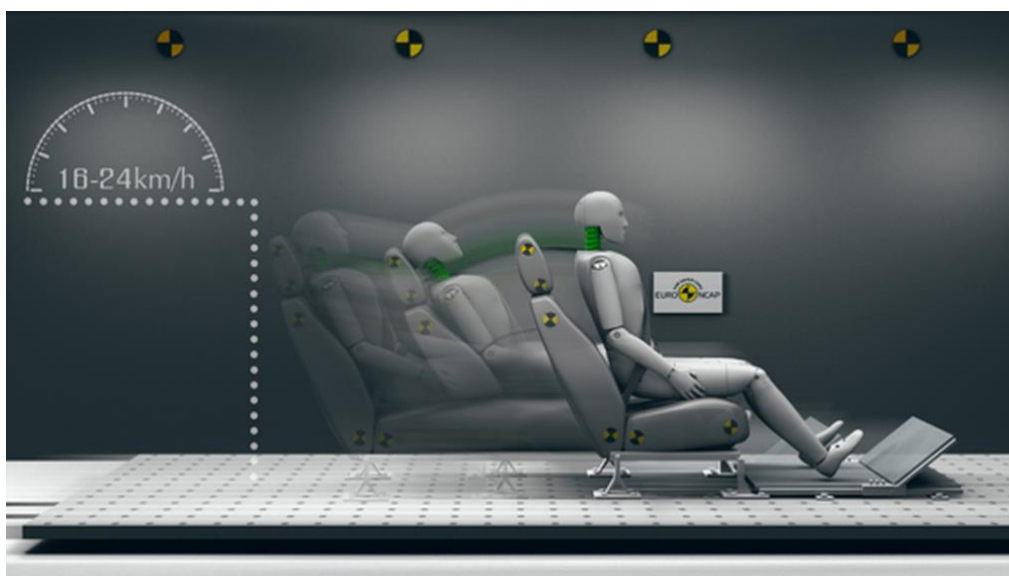
(angl. Side Pole) V tomto testu je vozidlo za pomoci „Pohyblivé podložky“ vymrštnuto bočním směrem v rychlosti 32 km/h proti nepohyblivému pevnému sloupu, grafické zobrazení je zachyceno na obr. 5. Tato zkouška testuje vozidla před nárazem do stromů, sloupů a sloupků, do kterých řidič při řízení v normálním provozu může narazit. Tento test se zaměřuje hlavně na schopnost vozidla chránit před úrazem hlavy. Bez správné ochrany může sloup vzhledem k jeho malé ploše při nárazu do vozidla proniknout hluboko do prostředí určeného pro posádku a způsobit tak fatální zranění (19) (20)



Obr 5 Grafické zobrazení zkoušky bočního nárazu do sloupu (20)

Zkouška ochrany krční páteře

(angl. Whiplash) je test při kterém se zkouší sedadla vyjmutá z automobilu, testovací zařízení je složeno z autosedačky, která je přimontována k pohyblivým saním. Test se provádí v rychlostech od 16 do 24 km/h, jak je možno vidět na obr. 6. Zkouška má za cíl ověřit ochranu cestujících proti zraněním krční páteře, které mohou vzniknout, při nárazu zezadu v pomalé rychlosti, kdy se páteř bez opory může volně pohnout vpřed i vzad, právě při nárazu zezadu páteř naráží z větší vzdálenosti do sedačky. Zranění, které tímto pohybem vzniká se nazývá hyperextenze krku. Vyhodnocení se posuzuje na základě dvou dynamických zkoušek společně s geometrií opěrek hlavy. Geometrie opěrky se provádí z důvodu ověření její správné polohy, která může zabránit vážnému zranění. (21) (22)



Obr 6 Grafické zobrazení Testu ochrany krční páteře (22)

3.4.2 Ochrana dětské posádky

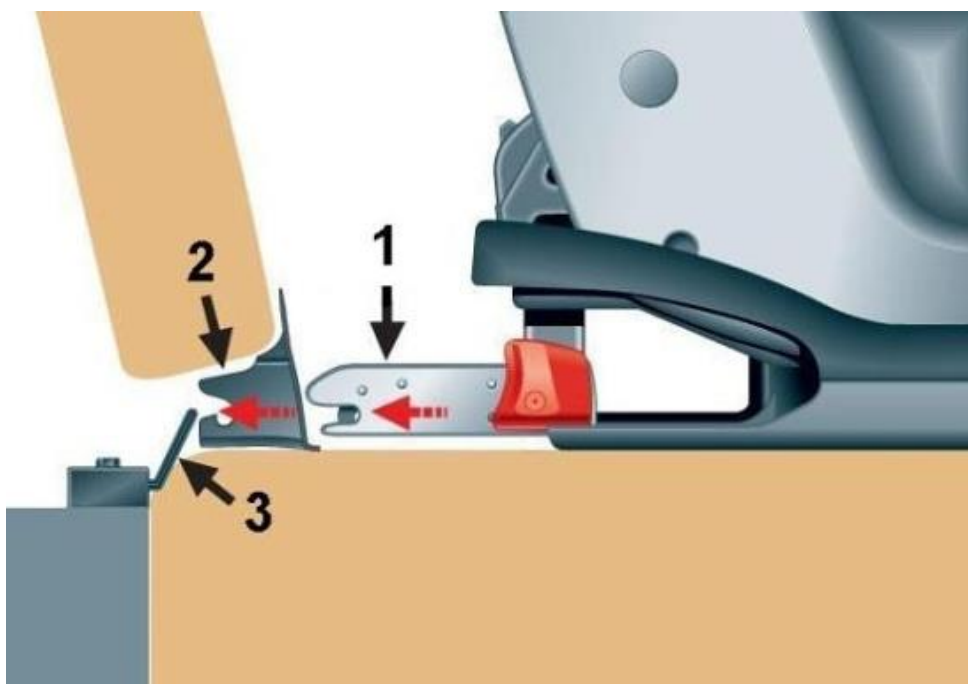
Tato část zaštituje tři základní aspekty ochrany. Ochrana vlivem dětských zádržných systémů (dětská autosedačka, pásy, ISOFIX) během čelních a bočních nárazů. Schopnost automobilu pojmout autosedačky různých rozměrů a tvarů a jejich dostupnost pro bezpečnou přepravu dětí v automobilu. Při těchto zkouškách se od začátku (1997) využívají figuríny dětí ve stáří 1½ a 3 roky, které se umísťují na zadní sedačky automobilů do autosedaček (jak je možné vidět na obr. 7) doporučených automobilovým výrobcem. Od roku 2016 se při zkouškách začaly využívat figuríny dětí ve věku 6 a 10 let, umístěny na přední sedačky do sedáků a podsedáků. Hlavním kritériem pro hodnocení při testech jsou data ze senzorů umístěných v testovacích figurínách jako jsou například pohyby hlavy, zátěž krku a pohybové zrychlení trupu během nárazu. (23)



Obr 7 Umístění autosedačky do části určené pro posádku na zadních sedačkách (53)

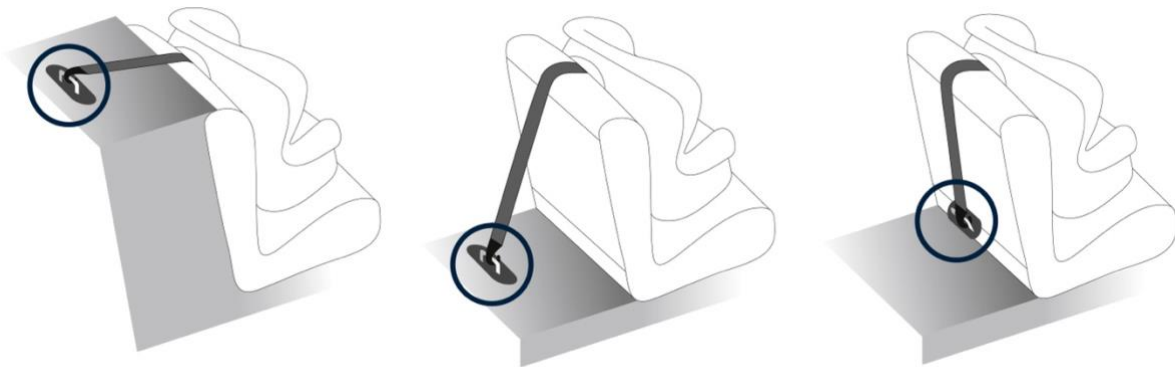
ISOFIX

Je mezinárodní standardizovaný systém pro ukotvení dětských sedaček v automobilech. Znám také jako mezinárodní norma ISO 13216. Systém zajišťuje pevné zakotvení sedačky vůči rámu automobilu, tím minimalizuje riziko zranění dítěte během přepravy v autosedačce. Sedačka se pomocí otevíracích háků umísťuje do speciálních ok uvnitř sedaček viz obr 8. Mezi i hlavní výhody tohoto systému patří jednoduchost, bezpečnost a spolehlivost při instalaci sedačky. Tyto kotvící body lze obvykle nalézt na postranních sedadlech zadní části automobilu, nebo také na přední sedačce spolujezdce, pouze pokud v této části lze vypnout airbag palubní desky. (24)



Obr 8 Grafické schéma ISOFIX (24)

S ISOFIX u některých případech nových sedaček přibývá i možnost takzvaného systému TOP TETHER. Pro tento systém je nutné stejně jako u ISOFIX, aby automobil byl vybaven speciálními prvky pro uchycení, ty většinou bývají umístěny na zadní straně sedadel, nebo na podlaze prostoru určeného pro zavazadla. Schéma tohoto uchycení je vidět na obr 9. Systém TOP TETHER lépe fixuje sedačku vůči sedadlu a snižuje tak namáhání hlavy při čelním srážce. (24)



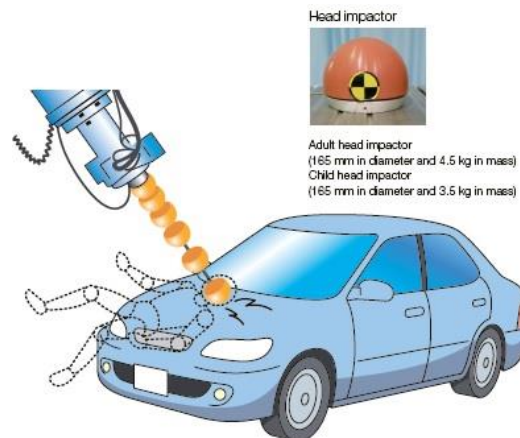
Obr 9 Grafické schéma Top Tether (24)

3.4.3 Ochrana chodců a cyklistů

Na testování bezpečnosti vozidel vůči chodcům a cyklistům se zaměřuje třetí segment. (angl. Vulnerable road user protection – VRU). Hodnocení ochrany chodců a cyklistů se určuje na základě testů, které simulují střet chodce s přední částí automobilu. Při těchto testech se hodnotí potenciál zranění hlavy pánve a horních i dolních částí nohou.

Zkouška střetu s hlavou

K stanovení rizika vážných zranění při srážce vozidla s dospělým, anebo dítětem, se provádí test za pomoci tzv. head impactoru, ten je namířen vzhledem k výšce automobilu a délce kapoty tam kam by při nárazu dopadla hlava chodce viz. Obr 10, ta je využitím přístroje vystřelena vůči kapotě rychlostí 40 km/h. To odpovídá reálné situaci, kdy automobil při srážce jede rychlostí 50 km/h. Hodnocení testu je rozřazeno na dobré, adekvátní, marginální, slabé a špatné. (25) (26)



Obr 10 Schéma zkoušky za pomoci head impactoru (25)

Zkouška střetu s pánví

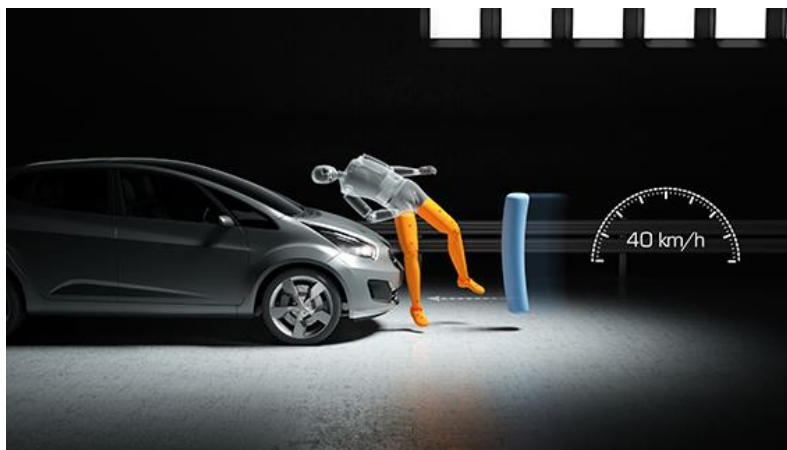
V této zkoušce je hlavním kritériem tvar předního okraje kapoty, který se nehledě na rychlosti velkou částí podílí na závažnosti zranění vzniklého touto srážkou. V tomto testu je imitace vrchní části dolních končetin – adult upper form leg impactor v rychlosti 40 km/h vymrštěn proti hraně kapoty (schéma testu na obr 11). Oblasti nárazu jsou poté dále podrobeny analýze, z které pak vyvstane výsledek stejně jako u testu střetu s hlavou dobrý, adekvátní, marginální, slabý, nebo špatný. (27)



Obr 11 Zkouška střetu s pánví (27)

Zkouška střetu s nohou

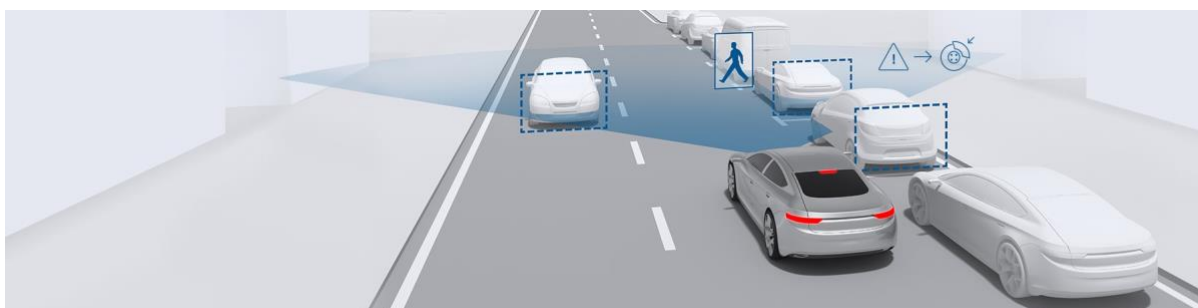
Během této zkoušky je testováno, jaký při střetu má nárazník auta na nohu dospělého chodce. V sérii testů je napodobenina nohy – leg impactor vystřelena proti přednímu nárazníku vozidla (schéma zkoušky je vidět na Obr 12), analýzou povrchů je poté dále zkoumán následek nárazu. Vlivem tohoto střetu málokdy vzniká velmi vážné zranění, ale tento náraz může zapříčinit spoust vážných zlomenin a přetrhání vazů, které vyústí v dlouhodobé léčebné procesy. (28)



Obr 12 Zkouška střetu s nohou (28)

AEB Chodci

V tomto testu se zkouší schopnost vozidla zastavit, nebo přibrzdit a zabránit tak možné fatální nehodě. Zkouška obsahuje šest situací. První tři situace, ve kterých chodec přechází před rozjetým automobilem viz obr 13, poté jedna, kdy automobil a chodec míří stejným směrem, následně situace, kdy automobil odbočuje směrem k přecházejícímu chodci, a poslední situace je couvající vozidlo směrem k chodci. Všechny situace se provádí za světla i ve tmě. V první sérii, která se zaměřuje na chodce před vozidlem figurína přechází poprvé z řidičovy strany, podruhé ze spolujezdcovy strany a potřetí je to dítě, které vyběhne zpoza zaparkovaných aut do vozovky před rozjeté vozidlo. V tomto testu se využívá speciálních figurín, které za chůze mohou hýbat horními i dolními končetinami. V některých situacích AEB nedokáže zabránit nárazu, to se v testech zohledňuje a hodnotí se proto, jak bezpečný je design předního nárazníku. (29)



Obr 13 AEB chodec před automobilem (54)

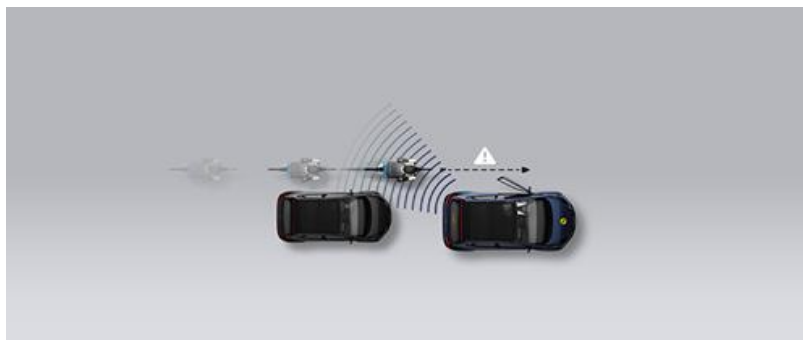
AEB Cyklisté

Pro otestování AEB při střetu s cyklisty byla vytvořena série zkoušek, ve kterých cyklista křížuje cestu automobilu: cyklista před automobilem přejíždí od krajnice kolmo ve směru vozidla přes vozovku a bude sražen, pokud se vozidlu nepovede vyhnout, následuje pak podobný test, kdy cyklista vyjíždí zpoza zaparkované řady aut. Také se provádí testy, ve kterých cyklista provozuje pohyb ve stejném směru jako automobil. Při testech je primární předcházení

nehodám, pokud je ale srážka nevyhnutelná pouze za použití brzd, snaží se výrobci využít dalších technologií jako je například AES (angl. Autonomous Emergency Steering. Tento systém využívá senzory auta pro detekci potenciální nehody a za cílem zabránit nárazu dokáže automaticky zatočit s vozidlem využitím malého, ale rychlého zásahu do řízení. Řidič může převzít kontrolu nad systémem při pohybu volantem. Systém je funkční automaticky od nastartování a řidič ho tak nemusí zapínat sám. Pokud ho za jízdy vypne, při dalším nastartování se znovu zapne. Systém nemusí fungovat za snížených podmínek viditelnosti, nebo například při klasické jízdě. Systém se aktivuje pouze v případě při vyhodnocení rizika nehody. U některých vozidel systém začne být funkční až od vyšších rychlostí. Další podobnou technologií, kterou můžou výrobci využít je Emergency Steering Support (ESS), který s větším důrazem ovlivní řidičovu reakci na zatočení. Ve zkouškách AEB s cyklistou se využívá speciální figuríny umístěné na jízdní kolo, na pohyblivé platformě figurína má pohyblivé končetiny na pedálech. Model tak napodobuje pohyb živého člověka během jízdy na kole. Oproti chodcům je detekce cyklistů složitější, to je zapříčiněno jejich vyšší rychlostí. Při tomto testu docílí automobil nejvyššího hodnocení tím, že vozidlo zabrání nehodě. Snížené body potom vozidlo získá za to, že se pokusí co nejvíce snížit rychlost a zmenšit tak vážnost srážky. (30) (31)

Dooring

Je typ incidentu, kdy posádka vozidla otevře dveře do cesty jedoucího cyklisty viz Obr 14. Hodnocení vozidla v tomto případě je ovlivněno, v jakém rozsahu dokáže zabránit zranění cyklisty. Nejvíce bodů dostane automobil, pokud neumožní posádce vůbec dveře otevřít do té doby, než cyklista projede. Snížený počet bodů dostane výrobce, pokud vozidlo aktivně varuje například zvukovým signálem, nebo rozsvícením kontrolky na přístrojové desce před řidičem, nebo za pomoci senzoru mrtvého úhlu v zrcátku. Testy jsou prováděny s cyklistou pohybujícím se podélně ve vzdálenosti 1 m od auta a rychlostí 15 km/h. (32)



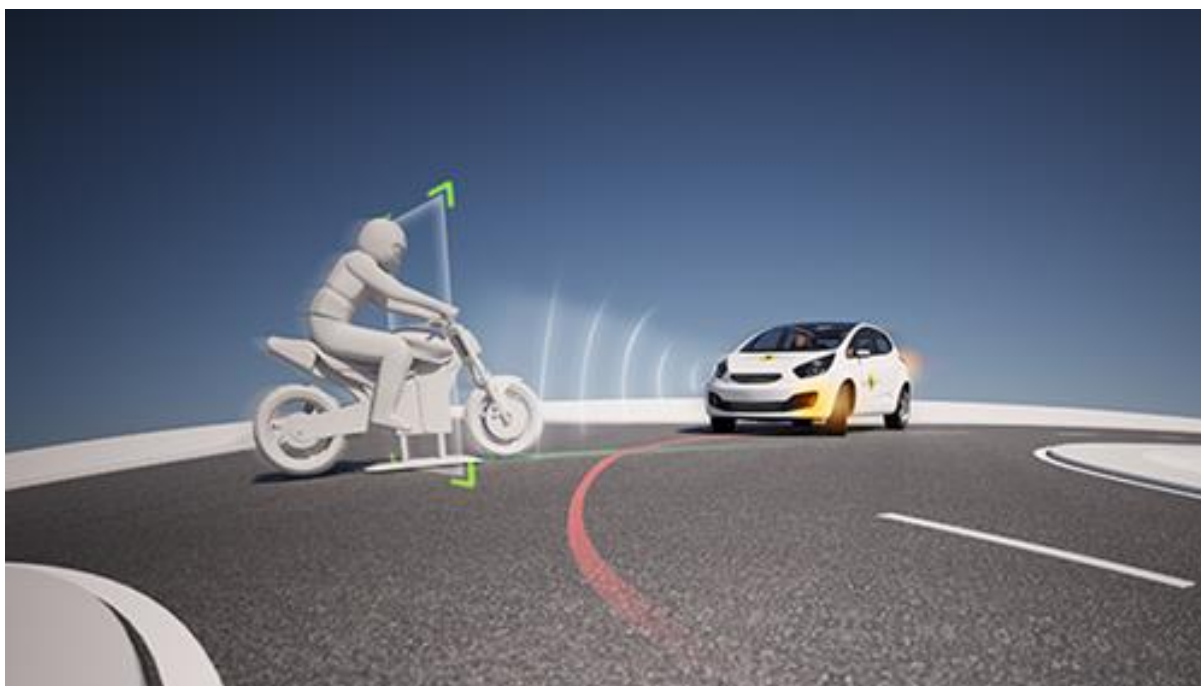
Obr 14 Dooring Test (32)

AEB Motocyklisti

Motocyklisti se řadí na první příčky počtu nehod, kterých jsou součástí. Riziko nehody je pro ně až 4x vyšší než u ostatních účastníků dopravního provozu. Proto se od roku 2023 do hodnocení automobilu zařadilo i toto odvětví. Během tohoto testování se provádí 6 situací, do kterých může vozidlo spolu s motocyklisty přijít:

- Automobil jedoucí zezadu ke stojícímu motocyklistovi
- Automobil jedoucí k brzdícímu motocyklistovi
- Automobil křížuje cestu rovně jedoucímu motocyklistovi
- Automobil vybočuje ze svého pruhu proti jedoucímu motocyklistovi (viz obr 15)
- Automobil vybočuje ze svého pruhu do předjíždějícího motocyklisty
- Mrtvý bod

Pro tyto testy se využívá figuríny sedící na motocyklu o objemu vyšším než 500cc umístěném na platformě, která se sama o sobě může pohybovat v rychlostech okolo 80 km/h. (33)



Obr 15 Vozidlo křížující cestu motocyklistovi (33)

3.4.5 Bezpečnostní prvky

AEB s ostatními automobily

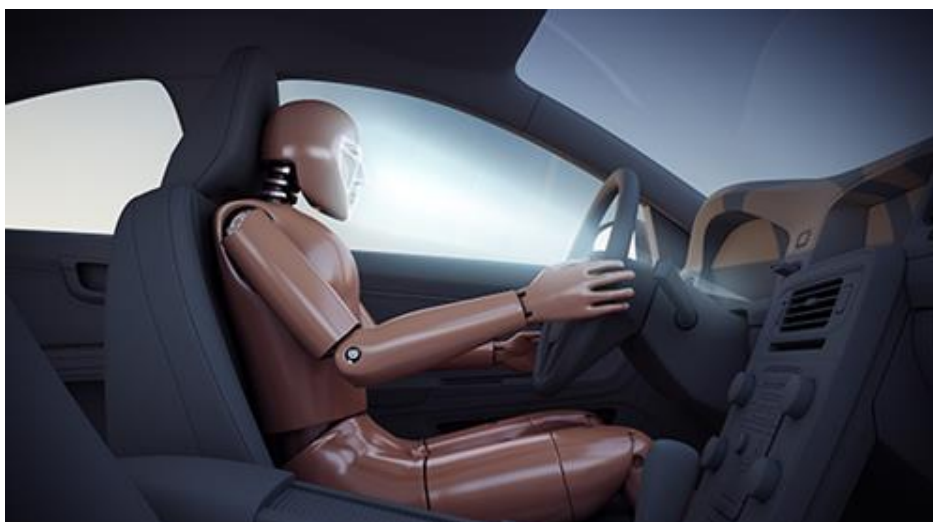
Nehody, při kterých vozidlo koliduje s vozidlem před ním, jsou jedny z nejčastějších nehod vůbec. Většina z nich vzniká v prostředí měst a na otevřených silnicích vlivem nepozornosti řidičů, kdy vozidla před nimi zastavují, pohybují se sníženou rychlostí, nebo stojí. AEB využívá senzorů, kamer a lidarů, které rozpoznají hrozící nebezpečí před nimi. Systém může senzory využívat samostatně nebo v kombinaci. Většina systémů kombinuje autonomní brzdění společně s varováním před kolizí, které má za cíl varovat řidiče před hrozícím nebezpečím. Systém zasáhne pouze v případě, kdy řidič na varovné signály nereaguje, a náraz je bez jeho reakce nevyhnutelný. V rámci této situace se testují 3 scénáře:

- Vozidlo dojíždí jiné vozidlo, které zastavilo
- Vozidlo dojíždí jiné vozidlo, které se pohybuje nižší rychlostí
- Vozidlo dojíždí jiné vozidlo, které zastavuje prudce/pomalou

Jednotlivé testy se provádí i s posunutím do stran vůči středu předního vozidla (34)

Monitorování stavu posádky

Jedním z nejdůležitějších bezpečnostních prvků pro ochranu v autě je bezpečnostní pás, bez něj by posádka nebyla správně fixována. Jeho přítomnost je nezbytná k správné funkcionalitě ostatních bezpečnostních prvků jako jsou například airbagy. Ve vozidle se jejich monitorování zapnutí pásu, může zobrazovat jako varování na přístrojové desce doplněné varovnými zvukovými signály. Dále může automobil také monitorovat řidičovu únavu a pozornost za pomoci zařízení sledujících oči (viz obr 16), chování, které by jinak ukazovalo na neschopnost řidiče pokračovat v bezpečné jízdě. (35)



Obr 16 Monitorování posádky vozidla (35)

Rychlostní asistenční prvky

Tyto prvky ve vozidlech mohou napomáhat při výskytu úseku s omezenou rychlostí, výstrahou při překročení rychlostního limitu, nebo aktivně zabráňovat v překročení rychlosti. Nejpokročilejším systémem v tomto odvětví je Adaptive Cruise Control (ACC). Ten za pomoci dat sesbíraných pomocí kamer ve vozidle, které rozpoznají značky a data z map, dokáže snížit rychlost auta pro bezpečné projetí. Jízda ve vysokých rychlostech převyšující rychlostní limit v úsecích je jedním z hlavních důvodů pro často vážná a smrtelná zranění během incidentů na silnicích. Rychlostní omezení zaručuje bezpečný průjezd daným úsekem za správných podmínek. (36)

Lane Support

Asistenti udržení v pruhu za pomoci malých zásahů do volantu zařizují, aby vozidlo nevybočilo z pruhu ven, pokud pohyb auta opouštějícího pruh je gradující. Využívá se k tomu systém s názvem Lane Keep Assist (LKA). Oproti tomu Emergency Lane Keeping (ELK) je v tomto ohledu více agresivní a pokud zaznamená, že vozidlo by bez zásahu mohlo vyjet ze silnice, zasáhne viz schéma na obr 17. Oba systémy se testují na uzavřené trati s plnými vodícími čárami podél vozovky a zároveň s přerušovanými čárami i na vozovce, kde není nijak okraj silnice označen. Hodnocení je navýšeno, pokud je vozidlo vybaveno systémem, který varuje před opuštěním pruhu a monitorováním slepého bodu. (37)



Obr 17 Schéma systému ELK při předjíždění

3.5 Testovací figuríny v bezpečnostních zkouškách

Použití testovacích figurín bylo podníceno testy amerického letectva, které byly prováděny za účelem vývoje a zdokonalení zádržných a katapultovacích systémů pro piloty. Od konce 40. let do začátku 50 let používala armáda figuríny pro crash testy raketově poháněných saní, které mohli nasimulovat vyšší rychlosti letadel, k testování různých způsobů použití a odolnosti člověka vůči zranění. Dříve se ve zkouškách využívalo lidského faktoru, ale s rostoucími požadavky na bezpečnost, které testy vyžadovaly, a zároveň s pořád narůstajícími rychlostmi již testy nebyly pro lidské subjekty bezpečné. Pro testování postrojů určených k zadržování pilotů bylo využito saní poháněných raketovým pohonem, jejichž zrychlení dosahovalo až rychlostí 600 km/h. Na těchto testech se podílel plukovník John Paul Stapp, který byl zároveň armádním chirurgem studujícím fyziologii lidského těla při rychlé deceleraci. Díky jeho výzkumu poté mohl vzniknout první model společnosti Sierra Engineering, Sierra Stan. (38) (39) (40)

Vývojem první testovací figuríny se zabývala skupina General Motors, která v 60. letech 20. století vytvořila figurínu s označením GM Hybrid I, model vznikl sloučením nejlepších částí dvou primitivních figurín, které v roce 1966 vytvořily výzkumné laboratoře Alderson Research Laboratories pro společnosti General Motors a Ford řadu VIP-50. Tuto figurínu také používal Národní úřad pro standardizaci ve Spojených státech amerických. Byla tak první figurínou vytvořenou pro automobilový průmysl. O rok později pak byl společností Sierra Engineering představený konkurenční model Sierra Stan. Skupina General Motors však stále používala svůj model Hybrid I a sdílela jeho konstrukci s konkurencí prostřednictvím zvláštních zasedání Společnosti Automobilových Inženýrů (SAE). Hybrid I byl odolnější a poskytoval opakovatelnější výsledky než jeho předchůdci. Společnost následně v reakci na problémy, které byly vzneseny v rámci zasedání výboru SAE, vylepšila figurínu Hybrid I. General Motors k ní vypracovali výkresy, které definovali figurínu a vytvořili k ní kalibrační testy, které standardizovali její výkon v kontrolovaném laboratorním prostředí. V roce 1972 předala společnost výkresy a kalibrace výrobcům a vládě. Nová figurína GM Hybrid II pro nárazové zkoušky uspokojila soud, vládu i výrobce a stala se standardem pro čelní nárazové zkoušky, aby splňovala americké předpisy pro zádržné systémy v automobilovém průmyslu. (38)

V roce 1972 zahájili odborníci z General Motors Research přelomový projekt. Jejich cílem bylo vytvořit figurínu, která by přesněji odrážela biomechaniku lidského těla při nárazu vozidla. Tato figurína byla nazvána Hybrid III. Vzhledem k náročným vládním požadavkům a standardům, které s dobou narůstaly bylo zapotřebí začít vyvíjet model nový, který bude lépe

reagovat na konkrétní potřebu zkušebních měření a bude mít i vylepšené konstrukce. Cílem výzkumné skupiny, která třetí generaci modelu vytvářela bylo, aby se reakce nové figuríny co nejlíže podobaly biomechanickým údajům získaných lidmi. Výzkumníci sledovali způsob, jakým lidé ve vozidlech sedí a vztah jejich posedu k poloze očí. Experimentovali a měnili materiály pro výrobu figuríny a zvažovali přidání vnitřních prvků, jako je například hrudní koš. Tuhost materiálu odrážela bio-mechanické údaje, k výrobě figurín byla použita strojní výroba k zaručení co nejkonzistentnější výroby. V roce 1973 se společnost General Motors zaměřila na to, jakým způsobem lidé reagují při nehodě. Na základě poznatků získaných z tohoto výzkumu skupina General Motors vytvořila model s označením GM 502, který těchto informací využil. Zahrnoval tak i vylepšené držení těla při posedu, novou hlavu a lepší vlastnosti kloubů. V roce 1977 společnost General Motors uvedla na trh figurínu Hybrid III, který již obsahoval všechny nové konstrukční prvky, jež General Motors zkoumala a vyvíjela. Hybrid III se poté stal standardem pro mezinárodní zkoušky čelního nárazu. V průběhu let prošla figurína Hybrid III řadou vylepšení a změn. Společnost General Motors například vyvinula deformovatelnou vložku, která se běžně používá při vývojových testech k indikaci jakéhokoli pohybu břišního pásu z pánve do břicha. Výrobci figurín jsou velmi konzervativní, co se týče změny nebo vývoje standardních zařízení. Obecně platí, že výrobce automobilů musí nejprve prokázat potřebu specifického hodnocení konstrukce za účelem zvýšení bezpečnosti. Poté lze po dohodě s průmyslem přidat novou měřící kapacitu. SAE v tomto ohledu slouží jako technické zprostředkovací centrum, které tyto změny organizuje a pokud je potřeba i redukuje.

(38)

Testování airbagů na konci sedmdesátých let vyústilo v potřebu o rozšíření figurín na různé velikosti. Na základě testů se jednoduchými figurínami inženýři v General Motors zjistili, že děti a menší cestující mohou být vůči působení účinku airbagů zranitelní. Airbasy se musí nafouknout při velmi vysokých rychlostech, aby dokázaly ochránit cestující ve vozidle před zraněním. V roce 1977 vytvořila skupina General Motors figurínu dětského airbagu. Výzkumníci tuto figurínu kalibrovali na základě údajů získaných ze studie s malými zvířaty. Společnost General Motors také potřebovala zkušební zařízení pro menšího těla ženy, které sloužilo k testování airbagů řidiče. V roce 1987 přeneslo General Motors technologii z figuríny Hybrid III do figuríny představující ženu 5. percentilu, to znamená, že její velikost a tělesné proporce převyšuje pouze 5 % dospělých žen. Koncem 80. let 20. století byl požadavek na vytvoření takzvané „rodiny figurín“, které by odpovídali technologii Hybrid III. Ta zahrnovala model muže, který byl 95. percentil dospělého muže, figurínu malé ženy a figurínu šestiletého a tříletého dítěte. V roce 1996, na popud společností General Motors, Chrysler a Ford, byl

prostřednictvím Americké asociace výrobců automobilů (AAMA) předložen americké vládě návrh k zaměření se na cestující, kteří mohou být zraněni rychlým nafouknutím airbagů a nenachází se na místě řidiče. Jejich cílem bylo dosáhnout zkušební postupu schváleného organizací ISO, při kterých je využíváno figurín ženy, šestiletého a tříletého dítěte. Výbor SAE později vyvinul ve spolupráci s jedním z předních výrobců testovacích zařízení, společností First Technology Safety Systems, sérii figurín kojenců. Pod označením CRABI neboli Child Restraint AirBag Interaction se skrývá sada figurín kojenců. Na výběr jsou tři verze šestiměsíční (viz obr.18), dvanáctiměsíční a osmnáctiměsíční, umožňujících testování interakce airbagů s dětskými zádržnými systémy, které jsou orientovány proti směru jízdy, umístěné na předním sedadle spolujezdce vybaveného airbagem. Ke konci 20. století pracoval americký automobilový průmysl na vytvoření speciální malé figuríny k testování airbagů určeným pro boční náraz. Společnosti General Motors, Chrysler a Ford, vytvořili společně figurínu SID-2. Tato figurína imituje tělo menší ženy nebo mladistvého a pomáhá tak měřit jejich toleranci vůči nafouknutí bočního airbagu. (38)

V roce 1997, se po skoro 20 letech, stala figurína Hybrid III průmyslovým standardem pro testování pro čelní náraz. Podobně jako u předchozí verze Hybrid II General Motors sdíleli tuto technologii společně s celým automobilovým průmyslem. Poskytnutím tohoto nástroje



Obr 18 Figurína šestiměsíčního kojence CRABI

napomohlo ke zlepšení bezpečnosti zkoušek a snížení počtu zranění a úmrtí na silnicích. Hybrid III má možnosti polohování takové, aby co nejlépe reprezentovali způsob, jakým posádka v automobilu sedí. Figurína je věrná lidské postavě, co se týče celkové hmotnosti, velikostí i proporcemi. Její hlava je symetrická, čelo se při nárazu deformuje stejně, jako to lidské. Hrudní koš je z oceli a krk je z gumy. Figurína Hybrid III má vinylovou kůži a je vybavena dlouhou řadou důležitých senzorů, které napomáhají sdělit, jakým silám a rychlostem tělo figuríny čelí při rychlém zpomalení u nárazu. (38)

3.6 Aktuálně používané figuríny

THOR

Testovací figurína s označením THOR (Test device for Human Occupant Restraint) je nejnovější zařízení svého druhu. Organizace EURO NCAP ji používá teprve od roku 2020.



Obr 19 Figurína THOR-50M



Obr 20 Thor-5F

Firma Humanetics vyvíjela tuto figurínu už mezi lety 2009–2020. Figurína THOR není pouze jedna, ale má více variací. THOR-50M zastupující 50. percentil dospělého muže (viz Obr 19), společně s THOR-AV-50M. Tato figurína s dodatkem AV (autonomous vehicle), je do crash testových situací přidána vzhledem k nárůstu zastoupení autonomních vozidel, a tudíž i možnosti posádky si více sklápět sedačku do komfortnějších poloh. Zastoupena je i žena s modelem THOR-5F reprezentující 5. percentil dospělé ženy (viz Obr 20), což znamená, že pouhých 5 procent dospělých žen je menší a lehčí než tato figurína. Na tento model také navazuje THOR-AV-5F. Figurína se využívá hlavně při zkoušce čelního nárazu s pohyblivou deformovatelnou bariérou. (41) (42)

Hybrid III

Testovací figurína s označením Hybrid III (viz Obr 21) je nejdéle používanou figurínou v bezpečnostních zkouškách EURO NCAP. Používá se od roku 1997, kdy byly zveřejněny první série výsledků. Oproti figuríně THOR má model Hybrid III omezené možnosti měření. Stejně jako u modelu THOR, i tato figurína má svou verzi ženy (viz Obr 22).



Obr 21 Hybrid III figurína dospělého muže



Obr 22 Hybrid III figurína dospělé ženy

Využívá se především na testy s čelním nárazem. Její rozdělení je podobné jako u figuríny THOR a nabízí tak pestré spektrum figurín. V tabulce 1. můžete zjistit, že rozdíly ve velikosti těchto figurín jsou zanedbatelné. Od jeho původního vzoru z roku 1977 prošel řadou inovací a nyní je pod správou firmy Humanetics, která modely nadále vylepšuje. (41) (42)

Model	Celkové rozměry (cm)	Hmotnost (kg)	Výška v sedě (mm)
THOR-50M	1015,6 x 486,4 x 1231,4	76,6	906,5
THOR-AV-50M	1049,9 x 486,8 x 1132,0	76,6	886,5
THOR-5F	1042,4 x 428,4 x 951,1	47,3	788,1
THOR-AV-5F	1042,1 x 427,8 x 951,6	47,3	788,0
HYBRID III 50th Male	782,2 x 429,3 x 1325,9	77,7	883,9
Hybrid III 95th Male	782,1 x 475,0 x 1389,4	101,2	919,5
Hybrid III 5th Female	653,3 x 361,2 x 153,2	49	787,4

Tabulka 1 Rozměry figurín THOR a Hybrid III (42)

WorldSID

Testovací figurína WorldSID (Side Impact Dummy) je pokročilým modelem určeným pro testy bočního nárazu automobilu do automobilu a bočnímu nárazu do úzkého předmětu, tím je například sloup veřejného osvětlení. Figurína může být vystavena nárazům z obou stran, aby se dalo při nárazových zkouškách ověřit bezpečnost pro vozidla s levostranným i pravostranným řízením. Na Obr 23. a 24. je možné porovnat obě verze této figuríny. (41) (43)



Obr 23 Figurína WorldSID figurína dospělého muže



Obr 24 Figurína WorldSID figurína dospělé ženy

BioRID UN

Tato figurína byla navržena za cílem přispět k účinnějšímu vývoji ochranných prvků v automobilu, které chrání oblast hlavy a krku při nárazu zezadu tzv. Whiplash, při nich pohyblivá do vozidla s figurínou naráží druhé vozidlo zezadu. Figurína má oproti ostatním figurínám detailně vyvinutou páteř identickou lidské, páteř tak je schopná přirozeněji simulovat pohyb krku. Páteř se skládá z 24 samostatných obratlů, umožňujících rozlišení, jak jsou jednotlivé obratle během nehody ovlivněny, její vzhled možno vidět na Obr. 25. Figurína se používá k testování účinnosti hlavových opěrek sedadel ve vozidle. (44) (41)



Obr 25 Figurína BioRID UN

Řada Q

Řada Q je řadou dětských figurín, která byla vyvinuta v roce 1993, zastupuje tak menší dorost a děti od 6týdnů jako vývojový nástupce předešlé řady P. Tato nová řada figurín má mnohem lepší antropometrii, biomechaniku a kinematiku. Figuríny lze využít jak v testech čelního nárazu, tak i při nárazu bočním. Jednotlivé díly jsou zaměnitelné pro využití figuríny.

Označení Q doplňuje také číslovka, která vyjadřuje stáří dítěte. Q0 (6týdenní kojeneček) viz Obr 26, Q1 (12měsíční kojeneček), a poté následují násobky Q1. Q1,5, Q3, Q3S (vybaven pro boční náraz), Q6 (Obr 27) a Q10 (Obr 28). (41) (42)



Obr 26 Figurína Q0 (šestitýdenní kojeneček)



Obr 27 Figurína Q6 (šestileté dítě)



Obr 28 Figurína Q10 (desetileté dítě)

Impaktory

Impaktory v bezpečnostních zkouškách slouží k analýze bezpečnosti vůči ostatním silniční dopravy především tedy chodcům. Impaktory se dělí na hlavové impaktory, impaktory, které simulují vrchní část spodních končetin + pánev a impaktory imitující dolní končetiny.

- **Hlavové Impaktory**

Hlavové impaktory, v rámci testů EURO NCAP, simulují, jak už název napovídá, hlavu chodce nebo cyklisty, který by se mohl do střetu s vozidlem dostat. EURO NCAP k tomu využívá dvou replik hlav, menší 3,5 kg verzi pro mladší dospělé a děti a těžší 4,5 kg verzi, dospělou verzi hlavy viz Obr 29. Tyto impaktory se využívají, na místo figurín celého těla, protože jejich využití přináší daleko přesnější data při testování. Jejich využití má za cíl získat co nejvíce dat ohledně zranění hlavy chodců a cyklistů při kontaktu s kapotou, čelním sklem a strukturálními prvky vozidla. (41) (45)



Obr 29 Hlavový Impaktor o váze 4,5kg

- **Impaktory Horní části dolních končetin**

Tyto impaktory se využívají k analýze dopadu na oblast vozidla, které se při nehodě dostane do kontaktu s pánví a stehenní kostí chodce, nebo cyklisty. Tato zjednodušená končetina, měří síly a momenty ohybu vznikající při nárazu, čímž poskytuje cenné údaje o potenciálních zraněních v oblasti pánve. (41) (45)

- **Impaktory dolních končetin**

Při testech ochrany chodců se používá i impaktor nohy chodce, k posouzení bezpečnosti předního nárazníku a chladičové mřížky vozidla. Tento impaktor imituje anatomii lidské nohy od horní části stehna až po kotník. Obsahuje napodobeninu stehenní kosti, kolenního kloubu a holenní kosti, avšak bez chodidla. Tyto komponenty jsou navrženy tak, aby v reakci na náraz reagovaly podobně jako lidské kosti a klouby. Rozměry a tvar impaktoru odpovídají průměrnému dospělému muži, což umožňuje přesné hodnocení potenciálního rizika zranění nohou chodců při srážce s vozidlem. Na obr 30, je možno vidět nejpokročilejší model nohy chodce aPLI. K noze je zeshora připevněna zátěž simulující hmotnost horní části postavy pro lepší kinematiku. Simuluje tak pružnost kostí v noze a používá se pro hodnocení zranění kolen a horní a dolní části končetiny. Na Obr 31, je možno vidět model TRL, který má na sobě již i krycí obal. (41) (45)



Obr 30 Impaktor aPLI



Obr 31 Impaktor TRL

Figuríny pro zkoušky AEB

Poslední část této podkapitoly se zaměřuje na specifické testovací figuríny, které hrají klíčovou roli v hodnocení bezpečnostních zkoušek s ohledem na autonomní brzdění (AEB). Tyto figuríny siluetou připomínají chodce, cyklisty a motocyklisty, které simulují i reálný pohyb končetin. Kromě toho se v testech využívá i silueta reálného automobilu. Tyto modely nám v testech pomáhají lépe posoudit schopnost AEB předcházet kolizím nebo minimalizovat jejich následky.

- **Dospělý chodec**

Postava dospělého chodce je konstruována, aby věrně replikovala osobu pohybující se po chodníku. Její končetiny jsou schopny pohybu imitujícího jak chůzi, tak běh, což je umožněno variabilní rychlostí pohybu nohou. Antropometrické parametry odpovídají průměrným rozměrům dospělého muže. Na figuríně je umístěn senzor, který napomáhá radarům k označení figuríny jako živého chodce. (41)

- **Dětský chodec**

Dětský chodec je velice podobně sestaven jako ten dospělý, je schopen chůze i běhu. Reprezentuje postavou průměrné sedmileté dítě. (41)

- **Cyklista**

Figurína cyklisty napodobuje člověka jedoucího na jízdním kole. Pomocí pohyblivých nohou je schopen imitovat, pohyb nohou na pedálech kola. Postava vypovídá průměrnému dospělému muži. (41)

- **Motocyklista**

Figurína motocyklisty je umístěna na motocykl o objemu 500 ccm, který je nejčastěji zastoupen, co se týče registrovaných motocyklů, v EU. Jeho výška i váha odpovídá průměrnému dospělému muži (41)

3.6.1 Senzory

Kromě testovacích figurín při zkouškách bezpečnosti, by se nemělo zapomenout na senzory v nich uložené. Bez nich by nebylo možné provádět podrobnou analýzu získaných dat a dalo by se tak spolehnout pouze na analýzu prostřednictvím vizuálního pozorování. Tyto senzory zaznamenávají různé typy sil, tlaků a pohybů, poskytujících cenné údaje pro vývoj a optimalizaci bezpečnostních systémů.

3.6.2 Akcelerometr

Akcelerometr představuje zařízení určené k detekci a měření vibrací, nebo zrychlení. Při působení síly v důsledku vibrací či změny pohybu, dochází k deformaci piezoelektrického materiálu uvnitř akcelerometru, což vyvolá vznik elektrického náboje, odpovídajícího velikosti síly. Vzhledem k tomu, že náboj je přímo úměrný síle a hmotnost zařízení zůstává neměnná, poté i náboj je úměrný zrychlení. Akcelerometry se dělí na:

- **Piezoelektrické**

Funkce tohoto akcelerometru je závislá na piezoelektrickém snímači (krystal), který je spojen se seismickým závažím. V okamžiku, kdy dojde ke zrychlení, vyvine závaží na krystal tlak, což vyvolá vznik elektrického signálu. Tento signál je přímo úměrný síle působící na krystal a umožňuje tak přesné měření zrychlení. Díky této vlastnosti jsou tyto akcelerometry široce využívány u měření vibrací a otřesů (46) (47)

- **Piezorezistivní**

Princip piezorezistivního akcelerometru spočívá ve změně elektrického odporu vlivem aplikovaného zrychlení. Na rozdíl od piezoelektrického akcelerometru nevyužívá

krystal, ale mikro křemíkovou mechanickou strukturu, na jejímž povrchu zrychlení odpovídá změně odporu. (48) (46)

- **Kapacitní**

Princip fungování kapacitního akcelerometru spočívá ve třech elektrodách kondenzátoru, z nichž jedna je konstruována jako pohyblivá. Posun této pohyblivé elektrody v reakci na zrychlení, v jakémkoli ze tří směrů, vede ke změně kapacity kondenzátoru, která je přímo úměrná vzdálenosti mezi pohyblivou elektrodou a zbylými dvěma pevnými elektrodami. (49) (46)

3.6.3 Gyroskop

Gyroskop funguje na principu rotujícího setrvačnicku, jehož klíčovou vlastností je udržování konstantní orientace osy rotace vzhledem k inerciálnímu prostředí. Díky momentu hybnosti rotujícího setrvačnicku zůstává směr jeho osy nezměněný v případě absence vnějších sil. Pojem gyroskop, lze aplikovat na jakékoli těleso, které má schopnost udržet směr rotace své osy využitím vlastního momentu setrvačnosti, který se nazývá gyroskopický efekt. Větší rychlost otáčení vede k intenzivnějším gyroskopickým efektům. Pro umožnění volné rotace a minimalizaci omezení je setrvačnick umístěn v Kardanovém závěsu, což jsou tři vzájemně vložené kruhy, umožňující široký rozsah pohybu. (50)

3.6.4 Siloměr

Siloměr slouží k měření momentu krutu a síly. Základním principem je pružina, která se vyvolanou silou poměrně natahuje, ta je následně určena pomocí stupnice. Konstrukce siloměru zahrnuje pružinu, háček pro připojení měřeného objektu a stupnici pro odečítání síly. (51)

3.6.5 Tenzometr

Odporové tenzometry jsou typem odporových senzorů, které využívají jev známý jako piezorezistivita. Tento jev spočívá v tom, že při aplikaci mechanického napětí, které způsobuje pružné deformace, dojde u materiálů jako jsou kovové vodiče nebo polovodiče ke změnám v jejich elektrickém odporu. Pružná deformace se týká působení sil, jež nepřekračují hranice, pro které platí Hookeův zákon a obvykle jsou vyvolány buď tlakem nebo tahem. Tyto síly způsobují změny v geometrických rozměrech a také v krystalografické orientaci materiálu, což má za následek změnu elektrického odporu. (52)

4 Finance

V této kapitole, bylo cílem získat konkrétní finanční náklady spojené s provozem a nákupní cenou těchto produktů. Přes snahu získat relevantní finanční informace byla komunikace s klíčovými subjekty v oblastech automobilového průmyslu – společností Humanetics, organizací Euro NCAP a automobilkou Škoda Auto – neúspěšná.

- Od firmy Humanetics nebyly získány žádné konkrétní informace, navzdory opakovaným pokusům o kontakt, při kterých jsem byl přeměřován na osoby v různých strukturách firmy.
- Organizace Euro NCAP na dotazy odpověděla pouze automatizovanými emaily.
- U firmy Škoda Auto, i přes zprostředkovaný kontakt uvnitř firmy, mi na tento dotaz bylo zodpovězeno, že finanční údaje týkající se figurín jsou interní a nejsou tudíž veřejně dostupné.

Tato situace odhaluje výzvu při pokusech o získání podrobných finančních údajů v oblasti bezpečnostního testování vozidel, což omezuje možnosti podrobnějšího finančního hodnocení v tomto sektoru.

V rámci dohledaných zdrojů v rámci internetu je možné zjistit pouze hrubé odhadné ceny produktů, jejichž cena se může pohybovat v jednotkách miliónů korun.

5 Závěr

Tato práce se zabývala problematikou Crashtestových figurín v rámci zkoušek bezpečnosti Euro NCAP. Práce byla rozdělena do několika podkapitol. První kapitola byla zaměřena na aktivní a pasivní prvky bezpečnosti ve vozidlech, kde bylo možné se dozvědět, že aktivní prvky slouží k předcházení, nebo zabránění možné nehody, zatímco pasivní se snaží snížit důsledky způsobené nehodou. Druhá kapitola byla věnována na historii figurín, a jejich vývoji. Začátku, kde se figurín vůbec při testech nevyužívalo, a naopak ve zkouškách hrála hlavní roli zvířata s podobnou strukturou orgánů, živí dobrovolníci, nebo mrtvá těla zafixovaná do sedaček. V návaznosti na tyto informace bylo zjištěno, že jedny z prvních figurín byly vytvořeny firmami Sierra Engineering a Alderson Research Laboratories s označením Sierra Stan a VIP-50. Z těchto figurín pak následným spojením dala firma General Motors možnost vzniknout figuríně Hybrid I, která vývojem dospěla v roce 1977 k verzi Hybrid III. Ta se od té doby neustále vyvíjí a je jednou z předních figurín, která se využívá pro testy čelního nárazu. Třetí kapitola se týkala organizací, které testy provádí. Za zmínku stojí asi ta největší z nich, kterou je Euro-NCAP, která provádí testy pro evropský trh, po které ostatní organizace, díky její pokročilosti, testy replikují. V USA zastupuje tuto problematiku organizace NHTSA. Navazující kapitolou byly aktuálně zprostředkované crashtestové zkoušky, které EURO NCAP provádí a jejich hodnocení, a to jak u zkoušek čelního a bočního nárazu, kde se pohlíží na bezpečnost vozidla pro posádku uvnitř tak i při testech, kdy vozidlo může ohrozit, nebo vážně zranit ostatní účastníky silničního provozu. Další důležitou kapitolou byly aktuálně využívané figuríny v crashtestových zkouškách za zmínku stojí, že EURO NCAP aktuálně používá dvě různé figuríny dospělého člověka, a to je THOR a HYBRID III, Thor, je o něco mladší a vývojově pokročilejší, také že se při testech využívají takzvané dětské figuríny CRABI, nebo figuríny s označením Q, které zastupují menší, mladší lidskou populaci. Rozlišeno je také využití figurín pro čelní a boční náraz. Důležité jsou také figuríny pro testování Automatického brždění AEB, které jsou schopny artikulace končetin při pohybu, aby nasimulovaly ostatní účastníky silničního provozu, které se kolem automobilu mohou pohybovat. V předposlední kapitole práce byly zohledněny obecné informace, ohledně senzorů, které se ve figurínách nacházejí. Poslední kapitola obsahovala finanční stránku, kde bylo zmíněno že vzhledem k obtížně dostupným informacím kvůli interní politice firem, není jednoduché dané informace získat. Informace ohledně ceny je možné dohledat pouze v článcích na internetu, ceny jsou ale pouze odhadné a pohybují se v řádech miliónů korun.

6 Citovaná literatura

1. Vlk, František. *Karosérie motorových vozidel 1. vydání*. Brno : Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000. 80-238-5277-9.
2. Neznámý. Aktivní bezpečnost vozidla. *naucseridit.cz*. [Online] 2024. [Citace: 19. 02 2024.] <https://www.naucseridit.cz/zasady-bezpecne-jizdy/aktivni-bezpecnost/#:~:text=Co%20je%20to%20aktivni%20bezpecnost,systemy%20ABS%2C%20ASR%2C%20ESP.>
3. Karel Hořejš, Vladimír Motejl a kolektiv. *Příručka pro řidiče a opraváře automobilů 4. vydání*. místo neznámé : PhDr. Karel Kovařík, 2011. 978-80-85763-42-3.
4. kolektiv, Rolf Gscheidle a. *Příručka pro automechanika 3. vydání*. Haan-Gruiten : Nakladatelství Sobotales , 2007. 978-80-86706-17-7.
5. Dusil, Tomáš. Adaptivní tempomat. *auto.cz*. [Online] 2024. [Citace: 19. 02 2024.] <https://www.auto.cz/adaptivni-tempomat-jak-funguje-a-jake-zname-druhy-104364>.
6. Neznámý. Front Assist. *Seat*. [Online] 2024. [Citace: 20. 02 2024.] <https://www.seat.co.uk/car-terms/f/front-assist-system#:~:text=Front%20Assist%20is%20a%20radar,and%20with%20a%20braking%20jolt.>
7. CDV. Aktivní a pasivní prvky bezpečnosti motorových vozidel. *Observatoř bezpečnosti silničního provozu*. [Online] 08. 01 2015. [Citace: 20. 02 2024.] <https://www.czrso.cz/clanek/aktivni-a-pasivni-prvky-bezpecnosti-motorovych-vozidel/?id=1611#:~:text=Oproti%20aktivním%20prvkům%20slouží%20pasivní,předpínač%20bezpečnostního%20pásu%2C%20airbagy%20atd..>
8. Neznámý. Humanetics History. *Humanetics*. [Online] 2024. [Citace: 16. 02 2024.] <https://www.humaneticsgroup.com/about-us/history>.
9. Červenka, Jan. Historie crash testů: Dříve bourali lidé i zvířata, teď fungují figuríny. *Garáž.cz*. [Online] 11. 3 2022. [Citace: 12. 10 2023.] <https://www.garaz.cz/clanek/reportaze-historie-crashtestu-napred-mrtvoly-pak-ziva-zvirata-i-zivi-lide-ted-figuriny-21007848>.
10. Neznámý. Euro NCAP. *Aktuálně.cz*. [Online] 18. 7 2013. [Citace: 16. 10 2023.] <https://www.aktualne.cz/wiki/auto/euro-ncap/r~i:wiki:3845/#:~:text=Mezinárodní%20organizace%20EuroNCAP%20byla%20ustavena,organizacemi%20ze%20všech%20zemí%20EU..>
11. —. Understanding the National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). *U.S. Department of Transportation*. [Online] [Citace: 16. 10 2023.]

- [https://www.transportation.gov/transition/understanding-national-highway-traffic-safety-administration-nhtsa#:~:text=The%20National%20Highway%20Traffic%20Safety%20Administration%20\(NHTSA\)%20was%20established%20by,Highway%20Safety%20Act%20of%201966..](https://www.transportation.gov/transition/understanding-national-highway-traffic-safety-administration-nhtsa#:~:text=The%20National%20Highway%20Traffic%20Safety%20Administration%20(NHTSA)%20was%20established%20by,Highway%20Safety%20Act%20of%201966..)
12. Nadalin, Tianna. How safe is your car? ANCAP vehicle safety ratings explained. *RACV*. [Online] 24. 01 2023. [Citace: 20. 11 2023.] <https://www.racv.com.au/royalauto/transport/how-do-ancap-safety-ratings-work.html#:~:text=Over%20its%2030,highly%20regarded%20ANCAP%20safety%20ratings>
13. Toyota. JNCAP Assessment on Toyota Vehicles Announced. *Toyota*. [Online] 30. 5 2023. [Citace: 20. 11 2023.] <https://global.toyota/en/newsroom/toyota/28285830.html#:~:text=JNCAP%20revised%20its%20damage%20assessment,stars%2C%20the%20top%20ranking>.
14. The China New Car Assessment Programs. *carhs*. [Online] 2023. [Citace: 21. 11 2023.] <https://www.carhs.de/en/c-ncap.html#:~:text=In%20order%20to%20promote%20the,active%20safety%2C%20to%20guide%20and>.
15. Neznámý. How to read the stars. *EURO NCAP*. [Online] 2023. [Citace: 27. 11 2023.] <https://www.euroncap.com/en/about-euro-ncap/how-to-read-the-stars/>.
16. Ph.D., Ing. Jan Sajdl. EURO NCAP - částečný čelní náraz. *autolexicon*. [Online] 2023. [Citace: 14. 12 2023.] <https://www.autolexicon.net/cs/articles/euro-ncap-castecny-celni-naraz/>.
17. Ing. Jan Sajdl, Ph.D. Euro NCAP - plná čelní náraz do nedeformovatelné bariéry. *autolexicon.net*. [Online] 2023. [Citace: 14. 12 2023.] <https://www.autolexicon.net/cs/articles/euro-ncap-plny-celni-naraz-do-nedeformovatelne-bariery/>.
18. —. Euro NCAP – boční náraz. *autolexicon.net*. [Online] 2023. [Citace: 05. 01 2024.] <https://www.autolexicon.net/cs/articles/euro-ncap-bocni-naraz/>.
19. —. Euro NCAP - boční náraz do sloupu. *autolexicon.net*. [Online] 2023. [Citace: 5. 1 2023.] <https://www.autolexicon.net/cs/articles/euro-ncap-bocni-naraz-do-sloupu/>.
20. Neznámý. Side Pole. *EURO NCAP*. [Online] 2023. [Citace: 11. 1 2023.] <https://www.euroncap.com/en/car-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/lateral-impact/side-pole/>.

21. Ing. Jan Sajdl, Ph.D. Euro NCAP - testy ochrany krční páteře. *autolexicon.net*. [Online] 2023. [Citace: 11. 1 2023.] <https://www.autolexicon.net/cs/articles/euro-ncap-test-ochrany-krcni-patere/>.
22. Neznámý. Whiplash. *Euro NCAP*. [Online] 2023. [Citace: 11. 01 2023.] <https://www.euroncap.com/en/car-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/rear-impact/whiplash/>.
23. —. CRS Performance. *Euro NCAP*. [Online] 2023. [Citace: 11. 1 2023.] <https://www.euroncap.com/en/car-safety/the-ratings-explained/child-occupant-protection/crs-performance/>.
24. Ing. Jan Sajdl, Ph.D. ISOFIX. *autolexicon.net*. [Online] 2023. [Citace: 11. 01 2023.] <https://www.autolexicon.net/cs/articles/system-isofix/>.
25. Neznámý. Pedestrian Head Protection Performance Tests. *NASVA*. [Online] 2023. [Citace: 11. 01 2023.] https://www.nasva.go.jp/mamoru/en/assessment_car/head_protection_test.html.
26. —. Head Impact. *Euro NCAP*. [Online] 2023. [Citace: 11. 01 2023.] <https://www.euroncap.com/en/car-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/head-impact/>.
27. —. Pelvis Impact. *Euro NCAP*. [Online] 2023. [Citace: 11. 01 2023.] <https://www.euroncap.com/en/car-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/pelvis-impact/>.
28. —. Leg Impact. *Euro NCAP*. [Online] 2023. [Citace: 11. 01 2023.] <https://www.euroncap.com/en/car-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/pelvis-impact/>.
29. —. AEB Pedestrian. *Euro NCAP*. [Online] 2023. [Citace: 22. 01 2024.] <https://www.euroncap.com/en/car-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-pedestrian/>.
30. —. AEB Cyclist. *Euro NCAP*. [Online] 2023. [Citace: 29. 01 2024.] <https://www.euroncap.com/en/car-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-cyclist/>.
31. —. Automatic emergency steering. *Government of Canada*. [Online] 06. 08 2021. [Citace: 29. 01 2024.] <https://tc.canada.ca/en/road-transportation/driver-assistance-technologies/collision-intervention/automatic-emergency-steering#>.
32. —. Cyclist Door Prevention. *Euro NCAP*. [Online] 2023. [Citace: 29. 01 2024.] <https://www.euroncap.com/en/car-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/cyclist-dooring-prevention/>.

33. —. AEB / Lane support Motorcyclist. *Euro NCAP*. [Online] 2023. [Citace: 29. 01 2024.] <https://www.euroncap.com/en/car-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-lane-support-motorcyclist/>.
34. —. AEB CAR-TO-CAR. *Euro NCAP*. [Online] 2023. [Citace: 29. 01 2024.] <https://www.euroncap.com/en/car-safety/the-ratings-explained/safety-assist/aeb-car-to-car/>.
35. —. Occupant Status Monitoring. *EURO NCAP*. [Online] 2023. [Citace: 29. 01 2024.] <https://www.euroncap.com/en/car-safety/the-ratings-explained/safety-assist/occupant-status-monitoring/>.
36. —. Speed Assistance Systems. *Euro NCAP*. [Online] 2023. [Citace: 29. 01 2024.] <https://www.euroncap.com/en/car-safety/the-ratings-explained/safety-assist/speed-assistance/>.
37. —. Lane Support. *Euro NCAP*. [Online] 2023. [Citace: 29. 01 2024.] <https://www.euroncap.com/en/car-safety/the-ratings-explained/safety-assist/lane-support/>.
38. Bellis, Mary. The History of Crash Test Dummies. *ThoughtCo*. [Online] 17. 04 2019. [Citace: 13. 2 2024.] <https://www.thoughtco.com/history-of-crash-test-dummies-1992406>.
39. Pavlik, Tina. The Humble History of the Crash Test Dummy. *MotorBiscuit*. [Online] 04. 08 2019. [Citace: 21. 11 2023.] The Humble History of the Crash Test Dummy.
40. Gurwell, Matt. Meet "Sierra Sam", the Original Crash Dummy. *LinkedIn*. [Online] 22. 08 2017. [Citace: 21. 11 2023.] <https://www.linkedin.com/pulse/meet-sierra-sam-original-crash-dummy-matt-gurwell/>.
41. Neznámý. Meet the dummies. *Euro NCAP*. [Online] 2024. [Citace: 18. 02 2024.] <https://www.euroncap.com/en/car-safety/meet-the-dummies/>.
42. —. Front Impact ATDs. *HUMANETICS*. [Online] 2024. [Citace: 18. 02 2024.] <https://www.humaneticsgroup.com/products/anthropomorphic-test-devices/frontal-impact>.
43. —. Side Impact ATDs. *Humanics*. [Online] 2024. [Citace: 18. 02 2024.] <https://www.humaneticsgroup.com/products/anthropomorphic-test-devices/side-impact>.
44. Rear Impact ATDs. *Humanetics*. [Online] 2024. [Citace: 18. 02 2024.] <https://www.humaneticsgroup.com/products/anthropomorphic-test-devices/rear-impact>.
45. Neznámý. Pedestrian ATDs. *Humanetics*. [Online] 2024. [Citace: 21. 02 2024.] <https://www.humaneticsgroup.com/products/anthropomorphic-test-devices/pedestrian>.
46. McMillen, Chris. Accelerometers: How they work? *Bentley Nevada*. [Online] 2024. [Citace: 21. 02 2024.] <https://www.bakerhughes.com/bentley-nevada/orbit-home/orbit-article/accelerometers-how-do-they-work#:~:text=A%20piezoelectric%20accelerometer%20is,to%20the%20amount%20of%20f>

orce.&text=The%20piezoelectric%20effect%20was%20discovered%20in%201880%20by%20Pier.

47. How to Measure Acceleration. *omega*. [Online] 2024. [Citace: 21. 02 2024.] <https://www.omega.com/en-us/resources/accelerometers>.

48. Vojáček, Antonín. Principy akcelerometrů - 2.díl Piezorezistivní. *automatizace.hw.cz*. [Online] 26. 01 2007. [Citace: 21. 02 2024.] <https://automatizace.hw.cz/clanek/2007012601#:~:text=Piezorezistivní%20akcelerometr%20je%20senzor%20který,urychlovanou%20hmotou%20na%20změnu%20odporu..>

49. Hok, Dominik. Akcelerometr - Proč je v chytrých hodinkách. *hodinky365.cz*. [Online] 25. 07 2023. [Citace: 21. 02 2024.] <https://www.hodinky-365.cz/blog/proc-je-akcelerometr-v-chytrych-hodinkach>.

50. Žaludová, Naďa. Fyzikální pokus: Gyroskop. *matfyz*. [Online] 14. 07 2017. [Citace: 21. 02 2024.] <https://www.matfyz.cz/clanky/fyzikalni-pokus-gyroskop>.

51. Neznámý. Lekce IV / 12 - Siloměr. *Věda nás baví*. [Online] 2024. [Citace: 21. 02 2024.] https://www.vedanasbavi.cz/orisek-395-nova-zs-vnb-iv-12-silomer?ID_mesta=1&IDp=61#:~:text=Siloměr%20je%20přístroj%20k%20měření,na%20způsob%20odečítání%20hodnoty%20deformace..

52. —. Odporové tenzometry. *vsb*. [Online] 2024. [Citace: 21. 02 2024.] <https://homel.vsb.cz/~jur286/mast/tenzometry.htm>.

53. —. CRS Installation Check. *Euro NCAP*. [Online] 2023. [Citace: 11. 01 2023.] <https://www.euroncap.com/en/car-safety/the-ratings-explained/child-occupant-protection/crs-installation-check/>.

54. —. Automatic emergency braking on vulnerable road users. *Bosch Mobility*. [Online] 2023. [Citace: 24. 01 2024.] <https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/assistance-systems/automatic-emergency-braking-on-vulnerable-road-users/>.

55. Russová, Anna. Už za tři roky nám budou auta aktivně hlídat rychlost. *Garáž.cz*. [Online] 27. 03 2019. [Citace: 29. 01 2024.] https://www.garaz.cz/clanek/uz-za-tri-roky-nam-budou-auta-aktivne-hlidat-rychlost-21001426?_zn=aWQIM0QxODQwODEyMzg1MDM4ODkwMTA0NiU3Q3QIM0QxNzA2NTQwMDQ5LjY2NSU3Q3RIJTNETcwNjU0MDA0OS42NjUIN0NjJTNENkI0OEY5QjE2MUQ3QTICMDY2Q0EzNzQ4Q0YzMzhFQzY%3D.

7 Seznam Obrázků a Tabulek

Obr 1 Průběh testu s prasetem v narkóze (9)	7
Obr 2 Schéma čelního nárazu s přesahem (16).....	10
Obr 3 Grafické zobrazení plného čelního nárazu do pevné překážky (17).....	11
Obr 4 Grafické zobrazení testu bočního nárazu (18)	12
Obr 5 Grafické zobrazení zkoušky bočního nárazu do sloupu (20).....	12
Obr 6 Grafické zobrazení Testu ochrany krční páteře (22).....	13
Obr 7 Umístění autosedačky do části určené pro posádku na zadních sedačkách (53)	14
Obr 8 Grafické schéma ISOFIX (24).....	14
Obr 9 Grafické schéma Top Tether (24)	15
Obr 10 Schéma zkoušky za pomoci head impactoru (25)	16
Obr 11 Zkouška střetu s pánví (27).....	16
Obr 12 Zkouška střetu s nohou (28)	17
Obr 13 AEB chodec před automobilem (54)	17
Obr 14 Dooring Test (32).....	18
Obr 15 Vozidlo křižující cestu motocyklistovi (33).....	19
Obr 16 Monitorování posádky vozidla (35).....	20
Obr 17 Schéma systému ELK při předjíždění	21
Obr 18 Figurína šestiměsíčního kojence CRABI.....	24
Obr 19 Figurína THOR-50M	25
Obr 20 Thor-5F	25
Obr 21 Hybrid III figurína dospělého muže	25
Obr 22 Hybrid III figurína dospělé ženy.....	25
Obr 23 Figurína WorldSID figurína dospělého muže	26
Obr 24 Figurína WorldSID figurína dospělé ženy	26
Obr 25 Figurína BioRID UN	27
Obr 26 Figurína Q0 (šestitýdenní kojeneček).....	27
Obr 27 Figurína Q6 (šestileté dítě)	27
Obr 28 Figurína Q10 (desetileté dítě)	27
Obr 29 Hlavový Impaktor o váze 4,5kg.....	28
Obr 30 Impaktor aPLI	29
Obr 31 Impaktor TRL	29

Tabulka 1 Rozměry figurín THOR a Hybrid III (42).....	26
---	----