

Kontrolní rázové parametry při analýze dopravních nehod

Impact Control Parameters in the Traffic Accident Analysis

ABSTRAKT: Příspěvek pojednává především stavbu, vlastnosti, různé definice a význam čteně diskutovaného kontrolního rázového ukazatele GEV. Primárně je nezbytné provést fundamentální odvození a teprve poté lze seriózně postulovat příslušné závěry. Příspěvek se dotýká také dalšího velmi důležitého kontrolního ukazatele, a to EES, neboť tento parametr je v drtivé většině případů jen pasivně porovnáván (výpočet kontra snímek) a nevstupuje do řešení rázu jako aktivní vstupní veličina. Posledním pojednávaným kontrolním parametrem je diference dotkových rychlostí vozidel ve fázi těsně po rázu $\Delta v_{B12'}$ ve spojení s koeficientem restituace k .

KLÍČOVÁ SLOVA: kontrolní parametr, střet, dopravní nehoda, GEV, EES, dotková rychlost, koeficient restituace

ABSTRACT: This paper deals mainly construction, properties, various definitions and lavishly discussed the importance of control collision of indicators GEV. Primarily, it is necessary to derive the fundamental and only then can seriously posit the conclusions. The paper also touches another very important control indicators, EES, because this parameter is in most cases only passively compared (calculated versus frame) and does not enter into the solution of collision as an active input. The last discussed control parameter is the difference touch speed of vehicles in the phase immediately after the collision $\Delta v_{B12'}$ and coefficient of restitution k .

KEYWORDS: control parameter, crash, collision, traffic accident, GEV, EES, touch speed, coefficient of restitution

1. ÚVOD

Analýza rázu dopravních prostředků patří mezi zcela fundamentální disciplíny oboru analýza dopravních nehod. V analýze rázu vozidel existují poměrně komplikované fyzikální souvislosti mezi jednotlivými vstupními veličinami. Proto se také tato vyšší míra abstrakce může u znalců negativně projevovat zbytečnou „frustrací“ či předsudky ohledně problematiky řešení rázu. Mohou mít falešný pocit, že impuls rázové síly se „po ploše monitoru“ při editaci sady vstupních parametrů rázu a pohybu pohybuje nevypočitatelně či dokonce chaoticky.

Tento příspěvek si vytknul za cíl shrnout především základní zákonitosti ohledně kontrolního rázového ukazatele GEV do praktické podoby, s tím, že vážní zájemci o tuto a příbuznou problematiku mohou nalézt veškerá analytická odvození, definice, zákonitosti, argumentaci a zevrubný popis chování jednotlivých rázových parametrů v dříve publikovaném souboru 4 prací, kdy pouze první z prací se zabývá speciálně stavbou, definicí a vlastnostmi GEV (časopis Znalec 1/2002 [3], 3, 4/2002, 1/2003 a 2/2004, časopis Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 6, 9, 11/2001, 1/2003, 3, 4/2004 a 12/2004, časopis Znalectvo 1–2/2004, jen práce č. 4). Na www.rabek.xf.cz ve složce „Odborné publikace“ lze nalézt elektronickou podobu všech uvedených prací v českém jazyce a ve složce „German language“ v jazyce německém).

V tomto příspěvku bude zachováno původní číslování vztahů, pro jejich snadnou vyhledatelnost v souboru uvedených 4 prací. Impuls rázové síly je v této práci označován nikoli jako „I“, nýbrž jako „S“ (Stoßantriebimpuls), [2]. Symbol „ GEV_{AA} “ označuje veličinu „GEV“ dle definice užívanou autory programu CARAT, resp. dle Katalogových listů EVU (dále jen KTL EVU), zatímco **GEV(1)**, **GEV(2)** odpovídají definici této veličiny používané autory programu PC Crash [8].

2 KONTROLNÍ RÁZOVÝ UKAZATEL GEV

2.1 Historie, motivace a význam GEV

Rázový kontrolní ukazatel označovaný jako „GEV“ je zkratkou sousloví „Verhältnis von Geschwindigkeitsänderung / EES“, tedy poměr změny rychlosti „ Δv “ ku „EES“, (tedy $GEV = \Delta v / EES$). „EES“ zde přirozeně opět značí notoricky známý rázový parametr „Energy Equivalent Speed“. Změnou rychlosti „ Δv “ není nic jiného, než změna rychlosti pohybu těžiště vozidla během rázu, tedy prostý skalární podíl impulsu rázové síly „S“ vůči hmotnosti příslušného vozidla „m“, ($\Delta v = S / m$), vztah (8).

Kontrolní ukazatel „GEV“ definoval pan Prof. Dr. Dipl.-Ing. Karl Heinz Burg v roce 1984, přičemž předmětná definice „ GEV_{AA} “

Dodáno autorem do redakce 19. 6. 2013. • Recenzní řízení od 5. 3. do 8. 9. 2014.

Ing. Vlastimil Rábek, Ph.D., Jarmily Glazarové 25b, 779 00 Olomouc – Hejčín, e-mail: v.rabek@volny.cz

a doporučené rozsahy „GEV_{AA}“ pro jednotlivé typy rázů jsou obsahem literatury [2].

Kontrolní hodnota GEV byla zavedena proto, že umožňuje zohlednit zvláštnosti střetů se skluzem. Při rázech bez skluzu je změna rychlosti „ Δv “ přibližně rovna „EES“, mají-li kolizní vozidla vzájemně podobnou strukturu tuhosti a pokud není hodnota koeficientu restituice „ k “ příliš vzdálena od hodnoty „0“.

Znalci proto zejména v dávnější minulosti (cca 1970–1995) odhadovali změnu rychlosti „ Δv “ přímo z poškození vozidel, tedy dle „EES“. Takový postup byl často postačující. Při střetech se skluzem však vede takový postup k hrubým chybám. Na tuto problematiku je třeba pamatovat při výpočtu a při definici rozsahu technicky přijatelných hodnot řešení.

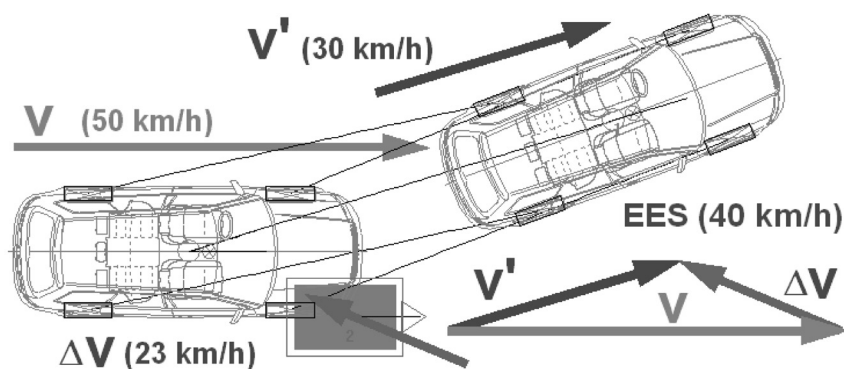
„GEV“ není nic jiného, než koeficient neefektivity využití hybnostního potenciálu vozidel pro absorpci energie soustavy obou vozidel v trvalých deformacích. Čím je „GEV“ vyšší, tím byl při rázu hůře využit tento hybnostní potenciál pro vznik deformační energie. Proč tomu tak je? V rámci rovnováhy hybnosti totiž vektorově skládáme rychlosti (přesněji hybnosti) v jejich první mocnině a při řešení energetickém především hledáme již skalární rovnováhu druhých mocnin těchto rychlostí.

Poznámka: Zcela analogicky u tzv. pravouhlého Pythagorejského trojúhelníku platí pro délky stran ($a = 3$, $b = 4$, $c = 5$), že $3^2 + 4^2 = 5^2$, avšak platí, že $3 + 4 = 7$ a nikoli již, že $3 + 4 = 5$. Tedy sčítání kvadrátů jednotlivých členů má úplně jinou „váhu“, než sčítání prvních mocnin těchto členů, viz podrobně obsah obr. 1 a obr. 2.

Níže je uveden zjednodušený matematický model, který popisuje chování rázového kontrolního ukazatele „GEV“ při nárazu vozidla se skluzem do pevné překážky. Tento výpočet poprvé představil pan Dr. Dipl.-Ing. Manfred Becke dne 19. 6. 2006 v Neumünsteru (AREC) v rámci své přednášky [1]. Zjednodušený výpočet sice neuvažuje absorpci deformační energie překážkou, excentricitnost rázu a rázový typ řešení, avšak transparentně dokládá, že pokud se vozidlo po rázu od překážky oddělí a pokračuje po střetu určitou nezanedbatelnou zbytkovou rychlostí „ v' “ v pohybu dále, potom hodnota „GEV“ zákonitě klesá, neboť byl poměrně efektivně využit dostupný hybnostní potenciál narážejícího vozidla před a po rázu pro vznik deformační energie „Edef“ resp. „EES“, jak již bylo popsáno výše.

Při zavedené znaménkové konvenci k danému typu rázu je třeba uvažovat kladné hodnoty jak výběhové rychlosti po rázu „ v' “ tak i změny rychlosti vozidla při rázu „ Δv “. Platí tedy, že jmenovatel vztahu pro velikost „GEV“ je vždy větší než jedna pro jakoukoli kladnou hodnotu „ v' “. Hodnota „GEV“ se zvyšující se rychlostí výběhu „ v' “ a tedy stále vyšší a vyšší energetickou efektivitou využití dostupného hybnostního potenciálu narážejícího vozidla před a po rázu „putuje“ v intervalu $<1, 0>$, tedy stále k nižším hodnotám. Toto je principiální chování „GEV“, kdy jakýkoli nárůst pokluzu a excentricitnosti rázu jen pasivně doprovází pokles „GEV“, ať již se nám to líbí či nikoli.

Pro obecnější rázový typ výpočtů je však třeba používat jiný matematický popis problému. Fundamentální analýzou matematických vztahů (74) až (85) bylo zjištěno, že rázový



Obr. 1 Principiální poměry pro ráz se skluzem při nárazu vozidla do pevné překážky.
Figure 1 Principled ratios for the character of the delays in vehicle crash into fixed objects.

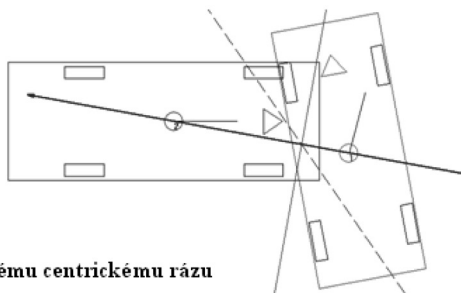
$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v'^2 + \frac{1}{2} \cdot m \cdot EES^2 \quad \left| \cdot \frac{2}{m} \right. \quad \dots \quad \boxed{v^2 = v'^2 + EES^2} \quad \dots \quad (v - v') \cdot (v + v') = EES^2$$

$$\text{substitucí a rozšířením} \quad \frac{(v - v') \cdot (v - v' + 2v')}{\Delta v \cdot \Delta v} = EES^2 \quad \dots \quad \Delta v^2 + 2 \cdot v' \cdot \Delta v = EES^2 \quad \left| : EES^2 \right.$$

$$\frac{\Delta v^2}{EES^2} = 1 - \frac{2 \cdot v'}{\Delta v} \cdot \frac{\Delta v^2}{EES^2} \quad \dots \quad \boxed{GEV^2 = \frac{1}{1 + 2 \cdot \frac{v'}{\Delta v}}} \quad \Rightarrow \quad \boxed{GEV = \sqrt{\frac{1}{1 + 2 \cdot \frac{v'}{\Delta v}}}}$$

Obr. 2 Zjednodušený výpočet GEV dle literatury [1] pro konfiguraci rázu na bázi obr. 1.
Figure 2 Simplified calculation GEV according to the literature [1], configuration character based on Figure 1.

$$GEV_{AA} = \sqrt{\frac{1+k}{1-k}} \quad (85)$$



GEV_{AA} přesně takto přináleží každému centrickému rázu

Obr. 3 Triviální výpočet GEV_{AA} , který bez výjimek platí pro každý centrický ráz.
Figure 3 Simply calculation GEV_{AA} , which without exception applies to each character centric.

kontrolní ukazatel „ GEV_{AA} “ je při zcela jakémkoli typu centrického rázu pouze a pouze funkcí koeficientu restituce „ k “ a také byl dovozen triviální vztah (85), viz obr. 3, jakých hodnot každý centrický ráz přesně nabývá „ $GEV_{AA} = f(k)$ “. Ukazatel „ GEV_{AA} “ od takto vyjádřené maximální hodnoty „ $GEV_{AAmax} = f(k)$ “, viz vztah (85), klesá s rostoucí excentricitou rázu, ale zejména s rostoucí mírou skluzu v oblasti roviny rázu vozidel. Nemusí se jednat pouze o obligátní „čelní“ střet vozidel, který je jen speciálním případem centrického rázu, ale o naprosto libovolnou konfiguraci rázu, kdy impuls rázové síly přesně prochází těžišti obou vozidel a z logiky věci také bodem rázu. Snad ani netřeba zdůrazňovat, že v případě centrického (dokonale tupého) rázu principiálně neexistuje tendence ke skluzu vozidel v deformační zóně, i kdyby tření bylo v této oblasti kontaktu nulové.

Ověření hodnoty „ GEV_{AA} “ dle vztahu (85) si může každý snadno vyzkoušet, tak že v jednom z analytických programů dosáhne rovinné řešení jakéhokoli obecného centrického rázu dvou vozidel. Dosažená „ GEV_{AA} “ v programu CARAT bude přirozeně ihned shodná s hodnotou „ GEV_{AAmax} “ dle vztahu (85). Pokud bude využit program PC Crash, bude třeba nejprve kompatibilní hodnotu „ GEV_{AA} “ jednoduchým způsobem vypočítat dle vztahu (59), viz obr. 6, kdy postačuje jen dosadit do vztahu (59) pro daný ráz hodnoty, které kompletně poskytne protokol PC Crash („Edef, S, m1 a m2“).

V současné době jsou téměř všechny střety dopravních prostředků analyzovány rázovými metodami (analýza kontaktu), tedy znalec již neusuzuje přímo dle deformačního přetvoření vozidel „EES“ na velikost impulsu rázové síly „S“. Kontrolní parametr „ GEV_{AA} “ tedy již nemá z hlediska přístupu k řešení vypovídací hodnotu, jako tomu bylo v minulosti. V minulosti znalec aktivně neřešil dotykové podmínky (jen hybnosti DRHI, rotační hybnosti DRRHI a deformační energii „Ek“) a ukazatel „ GEV_{AA} “ mu pouze říkal: „Znalče, pokud dle charakteru deformací dopravních prostředků vidíš, že došlo k pokluzu v deformační zóně dopravních prostředků během rázu dej si pozor na to, že změna rychlosti „ Δv “ musí být zákonitě nižší než deformační energie vyjádřená parametrem „EES“ a čím „to klouzalo více“, tím bude daný pokles významnější. Dle této zákonitosti a odhadu „EES“ pak přímo usuzuj na velikost změny rychlosti „ Δv “ resp. na velikost impulsu rázové síly „S““. V současnosti znalec dle deformací vidí, že došlo k pokluzu v deformační zóně a aktivně volí a optimalizuje právě rázové řešení se skluzem tak, že vypočtená hodnota „ GEV_{AA} “ pouze toto aktivní rozhodnutí znalce jen pasivně doprovází a potom při

alespoň rozumně kvalitním rázovým řešením zákonitě „ GEV_{AA} “ vždy „vyjde dobře“.

Tedy co je to za kontrolní parametr, který vyjde vždy dobře? Smysl má jen ten kontrolní ukazatel, který „něco“ skutečně kontroluje, zpětnovazebně reguluje a je oním „uchem jehly“ či prubířským kamenem ... Pokud tímto „uchem jehly“ s obrovskými rezervami „proletí i raketoplán s otevřeným padákem“, potom projde, projede či proletí tímto „uchem“ téměř každý dopravní prostředek. Dominantně se tedy hodnota „ GEV_{AA} “ „automaticky“ snižuje se zvyšující se mírou pokluzu (tedy nižší tření „ μ “, či kdy se rovina rázu bude více a více blížit do směru impulsu bez skluzu), vyšší excentricitou rázu a klesající hodnotou koeficientu restituce „ k “. Jak vidno z předchozí věty, parametr „ GEV_{AA} “ v současnosti tedy pouze pasivně doprovází dosažené rázové řešení a neukazuje již nic zásadního.

Pokud však znalec ani nerozezná dle charakteru poškození vozidel či jejich konečných poloh, že došlo k rázu se skluzem, potom takovému znalci nepomůže ani onen kontrolní ukazatel „ GEV_{AA} “. Je to vlastně klasický „začarovaný kruh“, protože pokud znalec nerozpozná pokluz vozidel v deformační zóně „z plechů“ bude přirozeně spokojen s vysokou hodnotou „ GEV_{AA} “. Znalci však zpravidla velmi silně napomohou konečné polohy vozidel, neboť tyto jsou v drtivé většině případů velmi silně odvislé od toho, zda došlo k rázu se skluzem, či bez skluzu. Tedy pokud reálně došlo k rázu se skluzem, kolize je zpravidla naprosto „neodladitelná“ pro ráz bez skluzu.

V případě centrického rázu je „ GEV_{AA} “ dokonce prostou funkcí koeficientu restituce „ k “, tedy „ GEV_{AA} “ nemá v tomto speciálním případě již vůbec nic společného s tuhostmi, hmotnostmi, kolizním postavením vozidel, a jejich pohybovým stavem před a po střetu.

Téměř vše co se v současnosti děje mezi znalci kolem „důležitého“ kontrolního rázového parametru „ GEV “ je jen „obyčejná bouře ve sklenici vody“ bez hlubšího pochopení souvislostí.

Při centrickém rázu dvou kulečnickových koulí („ $k = \text{např. } 0,99$ “) bude činit hodnota „ $GEV_{AA} = 14,1$ “, což si každý v analytických programech může snadno ověřit (jen je třeba v programu PC Crash ráz řešit jako rovinnou úlohu a „ GEV_{AA} “ vypočítat dle vztahu (59), či alespoň optimalizovat hloubky deformací či hmotnosti vozidel, tak aby alespoň přibližně nastala rovnost „ $GEV(1) = GEV(2)$ “). Je tomu tak proto, že ráz kulečnickových koulí je z hlediska využití hybnostního potenciálu kulečnickových koulí na vznik energie deformační „Edef“ extrémně neúčinný, kdy spíše půjde zřejmě jen o vznik tepelné energie.

$$\frac{sD_2}{sD_1} := \frac{m_1}{m_2} \quad (50) \quad \dots \quad (50) \rightarrow (49) \Rightarrow (51) \rightarrow (52) \dots \quad EES_2 := \frac{m_1}{m_2} \cdot EES_1 \quad (51)$$

$$\frac{EES_1}{EES_2} := \frac{m_2}{m_1} \quad (52) \quad \dots \text{aktivní aproximační vztah pro rozdělení deformační energie "Edef"} \quad \dots \text{jen pro určení } GEV_{AA} \text{ (Carat 3.1)}$$

Obr. 4 Technický předpoklad pro výpočet kompatibilního „GEVAA“ dle Burga [2].
Figure 4 Technical assumptions for the calculation of compatible „GEVAA“ according to Burg [2].

Prostým dosazením do vztahu (85) je ihned zřejmé, že kontrolní ukazatel „GEV“ není z hlediska teorie rázu shora nijak omezen hodnotami 1,1 či 1,2, ale pro dokonale elastický centrický ráz („k = 1“) platí, že „GEV = ∞“, protože takovýto ráz je ze samotné definice dokonale neúčinný z hlediska absorpce deformační energie.

2.2 Různé definice „GEV_{AA} a GEV(1), GEV(2)“, chyby znalců

Dále je třeba znalce důsledně varovat před tím, aby povrchním způsobem neporovnávali vypočtené kontrolní hodnoty „GEV(1) a GEV(2)“ (PC Crash) s doporučenými hodnotami kompatibilního „GEV_{AA}“ (CARAT, KTL EVU) ..., tedy určitými definovanými pásmy pro jednotlivé typy rázů (klasifikovaných dle míry pokluzu) daných hodnotami „GEV < 0,75, GEV = 0,75–0,9 a GEV = 0,9–1,2“, neboť parametry „GEV(1), GEV(2)“ vycházejí z jiných technických předpokladů a tedy logicky i z jiných matematických vztahů, než je tomu u kompatibilního „GEV_{AA}“!!

Konkrétně vztah pro výpočet „GEV_{AA}“ narozdíl od vztahů pro výpočet „GEV(1), GEV(2)“ vůbec neuvažuje s poměrem hloubek deformací kolizních objektů („sD2 / sD1“), viz vztah (49) na obr. 5, a přijímá technický předpoklad, že vozidla jsou tuhá přesně v poměru jejich hmotností „m2 / m1“, viz vztahy 50, 51 a 52, obr. 4. Pozor však!! Vztah (52) v programu Carat 3.1 slouží parciálně pouze k výpočtu hodnoty GEV_{AA}. Zajímavé

je, že výstupem řešení rázu v programu Carat 3.1 jsou jinak dané („autonomní“) výstupní hodnoty EES₁, EES₂, které naopak již jsou funkcí tuhostí vozidel, resp. poměru hloubek jejich deformací („sD2 / sD1“), přesně v intencích vztahu (49). Jedná se tak trochu o „schizofrenní situaci“, kdy autoři programu Carat 3.1 uvažují pro naprosto stejnou konfiguraci rázu současně dvě různé definice rozdělení hodnot EES₁, EES₂. Tedy při výpočtu hodnoty GEV_{AA} uvažují jiné (pracovní) hodnoty EES_{AA1}, EES_{AA2} (dle 52 resp. 56, 57 a následně 59, 61), než jsou posléze jiné hodnoty EES₁, EES₂ uvedeny ve výstupním protokolu řešení rázu (dle 49). Není to samozřejmě zcela „hladké“ a logické řešení, ale je to prostě tak. Motivem a současně pozitivem přijetí takového „dvojaké definice“ autorů programu Carat 3.1 je, že výstupem řešení rázu je pak jediný kontrolní ukazatel GEV_{AA}, který je kompatibilní s parametrem GEV zavedeným v rámci metodiky KTL EVU.

Jinou otázkou již je, nakolik a v jakých případech se technické předpoklady dle vztahů (52) kontra (43, 44) v praxi blíží realitě a nakolik jsou tedy vhodné pro seriózní rozdělení hodnot EES₁, EES₂.

Proto není divu, že pokud znalec nemá v programu PC Crash optimalizovány hloubky deformací („sD2 / sD1“) či alespoň přímo a správně zadanou alespoň jednu z hodnot „EES“ v okně „Impulz výběh – ráz“, že mu program poskytne nejen dvě různé hodnoty „GEV(1) a GEV(2)“, kdy navíc tyto hodnoty mohou být vzájemně velmi rozdílné, např. „GEV(1) = 2,66 ... GEV(2) = 0,54“, viz vztah (49).

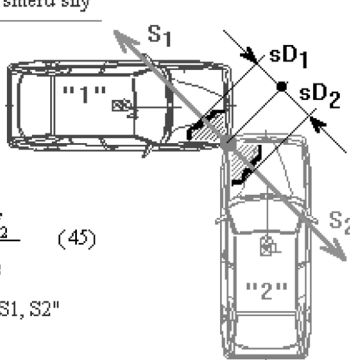
mechanická práce = energie = součin síly a dráhy ve směru síly

$$\text{Vozidlo "1"} \quad \left\{ F(t) \cdot sD_1 \right\} := E_{def1} \quad (43)$$

$$\text{Vozidlo "2"} \quad \left\{ F(t) \cdot sD_2 \right\} := E_{def2} \quad (44)$$

$$(43) \rightarrow (44) \Rightarrow (45) \dots \dots F(t) := \frac{E_{def1}}{sD_1} := \frac{E_{def2}}{sD_2} \quad (45)$$

sD1, sD2 hloubky deformací ve směru impulsů "S1, S2"



$$E_{def1} := \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot (EES_1)^2 \quad (46) \quad \dots \quad E_{def2} := \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot (EES_2)^2 \quad (47) \quad (46) \rightarrow (47) \rightarrow (45) \Rightarrow (48)$$

$$\frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot (EES_2)^2 := \left\{ \frac{sD_2}{sD_1} \right\} \cdot \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot (EES_1)^2 \quad (48) \quad \dots \quad (48) \rightarrow (49) \dots$$

$$EES_2 := \sqrt{\frac{m_1 \cdot sD_2}{m_2 \cdot sD_1}} \cdot EES_1 \quad (49)$$

Obr. 5 Rozdělení „Edef“ na „EES1“ a „EES2“ dle autorů programu PC Crash [8].
Figure 5 Dividing „Edef“ to „EES1“ and „EES2“ according to the authors of PC Crash.

$$\begin{aligned}
 E_{\text{def}} &:= E_{\text{def}_1} + E_{\text{def}_2} \quad (54) \quad (46) \rightarrow (47) \rightarrow (54) \Rightarrow (55) & E_{\text{def}} &:= \frac{1}{2} m_1 \cdot (EES_1)^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot (EES_2)^2 \quad (55) \\
 (52) \rightarrow (55) \Rightarrow (56) & \boxed{EES_{AA1} := \frac{\sqrt{2 \cdot E_{\text{def}}}}{\sqrt{\frac{(m_1)^2}{m_2} + m_1}}} \quad (56) & \dots \dots \text{analogicky} : & \boxed{EES_{AA2} := \frac{\sqrt{2 \cdot E_{\text{def}}}}{\sqrt{\frac{(m_2)^2}{m_1} + m_2}}} \quad (57) \\
 GEV_{AA1} &:= \frac{\Delta v_1}{EES_{AA1}} \quad (58) \quad (56) \rightarrow (58) \Rightarrow (59) \dots & := \frac{\frac{S}{m_1}}{\frac{\sqrt{2 \cdot E_{\text{def}}}}{\sqrt{\frac{(m_1)^2}{m_2} + m_1}}} & := \boxed{GEV_{AA1} := \frac{S}{\sqrt{2 \cdot E_{\text{def}} \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}}} \quad (59) \\
 GEV_{AA2} &:= \frac{\Delta v_2}{EES_{AA2}} \quad (60) \quad (57) \rightarrow (60) \Rightarrow (61) \dots & := \frac{\frac{S}{m_2}}{\frac{\sqrt{2 \cdot E_{\text{def}}}}{\sqrt{\frac{(m_2)^2}{m_1} + m_2}}} & := \boxed{GEV_{AA2} := \frac{S}{\sqrt{2 \cdot E_{\text{def}} \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}}} \quad (61)
 \end{aligned}$$

Obr. 6 Výpočet kompatibilního „GEVAA“ dle literatury [2] a [3].
Figure 6 Calculation compatible „GEVAA“ according to the literature [2] and [3].

„GEV_{AA}“ kompatibilní (CARAT) je vždy jen jedinou hodnotou [2], [3], [9], která odpovídá kolizi jako celku a nikoli každému vozidlu zvlášť, což je principiálně dáno právě šikovým technickým předpokladem dle vztahu (50), což vede k tomu, že vždy platí „GEV_{AA1} = GEV_{AA2}“, viz shodné vztahy (59) a (61).

Uvedené kontrolní rázové ukazatele „GEV_{AA}“ s „GEV(1), GEV(2)“ nejsou obsahově slučitelné a proto nejsou logicky slučitelné ani doporučené hodnoty kompatibilního „GEV_{AA}“ se zcela jinak vypočítanými veličinami „GEV(1) a GEV(2)“, PC Crash.

Poznámka: Je to podobné, jako bychom v určitém místě „nepravým teploměrem“ naměřený číselný údaj o teplotě ve Fahrenheitech 20° [F] či dokonce v Kelvinech 20° [K] naivně – jen číselně – porovnávali s doporučenou pokojovou teplotou 20° [C] a kontrolovali, zda-li máme pokoj dle norem „správně vytopen“. Je třeba vždy respektovat definici parametrů, neboť „GEV_{AA}“ má s „GEV(1) a GEV(2)“ společně pouze to, že název těchto veličin obsahuje zcela stejná písmena „G“, „E“, „V“ a obě veličiny usilují popsat tentýž fenomén, avšak s využitím jiných fyzikálních předpokladů a tedy významně jiným definičním způsobem. Proto je v tomto příspěvku důsledně rozlišováno obecné označení „GEV“ od „GEV_{AA}“ a „GEV(1), GEV(2)“.

2.3 Výpočet kompatibilního „GEV_{AA}“ dle protokolu PC Crash [8]

Příspěvek i přes uvedené výhrady k „významu“ ukazatele „GEV“ také prezentuje vztah i s jeho odvozením, dle kterého lze poměrně jednoduše vypočítat kompatibilní hodnotu „GEV_{AA}“ dle údajů k propočtu rázu, které jsou obsaženy v protokolu PC Crash („Edef, I (S), m1, m2“). Stačí prostě dosadit údaje z protokolu PC Crash do vztahu (59) resp. do zcela shodného vztahu (61). Dále je třeba upozornit, že za hmotnosti „m1“ a „m2“ je nutno dosadit celkové hmotnosti vozidel, tedy včetně případného zatížení vozidel osádkou a nákladem.

Pokud znalec přímo zadá v programu PC Crash kteroukoli jednu z hodnot „EES“, potom jsou hodnoty „GEV(1) a GEV(2)“ vypočítány přímo dle triviálního základního definičního vztahu „GEV(1) = Δv₁ / EES₁“ a „GEV(2) = Δv₂ / EES₂“, neboť zadáním jedné z hodnot „EES“ byla dodána další nezbytná podmínka pro dosažení určenosti úlohy (nyní tedy již tedy konečně máme 2 rovnice a 2 neznámé), tedy není již třeba přijímat jakoby již nadbytečné technické předpoklady pro rozdělení „Edef“ na jednotlivé hodnoty „EES₁ a EES₂“ a lze při výpočtu „GEV(1) a GEV(2)“ vyjít z jeho základní definice.

Na první pohled je vidět, že při použití programu PC Crash dosáhneme stejných hodnot „GEV“, tedy „GEV(1) = GEV(2)“, pokud šikovně budeme editovat v okně „Impulz výběh – ráz“ jednu z hodnot „EES“, až do nalezení rovnosti obou hodnot „GEV“. Ani nemá smysl nějak o toto usilovat zkusmo, poměr hodnot obou hodnot „EES₁ a EES₂“ musí dle Burga [2] odpovídat recipročnímu poměru hmotností dle vztahu (52), tedy „EES₁ / EES₂ = m2 / m1“ a poté zákonitě a přímo získáme i při použití programu PC Crash jedinou hodnotu kompatibilního „GEV_{AA}“, tedy „GEV(1) = GEV(2) = GEV_{AA}“.

Část znalců nerozumí významu a stavbě rázového kontrolního ukazatele „GEV“, ačkoli zpravidla právě tyto znalci „zuřivě“ vyhledávají hodnoty tohoto ukazatele „GEV“ v jimi prověřovaných protokolech znaleckých posudků svých kolegů „zda to mají celé dobře“ a „odhalují“ domnělé pochybení kolegy „i v řádu stovek procent“, ačkoli tento přístup je zcela zavádějící a navíc se zde „chléb ani v náznaku vůbec neláme“. Takovýto věcně neopodstatněnými tlaky na řešení kolegy je pouze nesmyslně „kontaminováno“ soudní líčení a těžko chťt pro osobách s právním vzděláním, aby posoudily kdo ze znalců „má pravdu“ ohledně hodnot, kterých má vlastně nabývat kontrolní rázový ukazatel „GEV“. Je to takový „Kocourkov“, pravdu vlastně nemá ani jeden, pravda je ta, že „GEV“ při v současnosti používaných

rázových přístupech k nalezení řešení nemá téměř žádný význam, a o takovou nepotřebnou pravdu se vůbec nemá smysl bít a přitom z „komára dělat velblouda“.

Dále je třeba upozornit na určité úskalí, kdy ani aritmetický průměr z různých hodnot „GEV(1) a GEV(2)“ není obsahem identický s kontrolním ukazatelem „GEV_{AA}“. Aritmetický průměr z vypočítaných hodnot „GEV(1) a GEV(2)“ se při alespoň přibližné rovnosti poměru hmotností vozidel a recipročního poměru hloubek deformací dle vztahu (50) na obr. 4 sice bude velmi těsně blížit „GEV_{AA}“, ale je třeba při příslušných výpočtech přirozeně vycházet z exaktních matematických vztahů. Tyto exaktní vztahy tato práce transparentně uvádí i s podrobným vysvětlením souvislostí a není třeba se pouštět do nějakých zbytečných „dobrodružství“.

3. KONTROLNÍ RÁZOVÝ PARAMETR „EES“

Rázovým parametrem, který však již zpravidla má opravdu zásadní význam, jsou vypočítané hodnoty „EES“. V naprosto drtivé většině případů znalci postupují tak, že tyto hodnoty „EES“ si nechají vypočítat a nevkládají tyto do analytických programů jako aktivní vstupní hodnoty. Tedy hodnoty „EES“ jsou pak skutečným kontrolním a porovnatelným rázovým parametrem. Čím více se ráz blíží tzv. centrickému rázu, tím více nabývají hodnoty „EES“ na významu, protože bez nich by tento typ úlohy byl prakticky neurčitý (1 rovnice a 2 neznámé). Čím je excentricita rázu vyšší (tedy zpravidla vyšší tzv. „offset“), tím relativně více klesá význam hodnot „EES“ pro optimalizaci rázu, kdy zejména delší zakřivené stopy pneumatik na vozovce při postřetovém pohybu vozidel napomáhají nepoměrně více podmínky rázu upřesnit (směry, rychlosti), než hodnoty EES (viz obr. 7).

Přirozeně platí také to, že chyba „1 cm“ na rameni rázu „100 cm“ představuje „cca 1 %“ odchylku ohledně postřetové rotace tohoto vozidla, avšak chyba „1 cm“ na rameni „10 cm“ již představuje

odchylku „cca 10 %“. Proč „cca“ a nikoli přesně? Ono je to skutečně „cca“, protože variace velikosti ramena rázu o „1 cm“ ovlivňuje zcela přesně nejen velikost tohoto ramene, ale také velmi mírně i samotnou velikost a směr impulsu rázové síly, který na tomto rameni působí. V případě značně excentrických rázů hodnoty „EES“ zpravidla „vyjdou rozumně tak jako tak“, pokud znalec fundovaným způsobem ustaví střetovou pozici vozidel a trpělivě bez nějakého „znásilňování“ jízdní dynamiky a polohy bodu rázu hledá řešení, pod které se může s klidným svědomím podepsat. Právě rovnováha hybností a rotačních hybností společně s dotykovými podmínkami jsou schopny tuto značně excentrickou kolizní konfiguraci zcela dostatečně jednak fyzikálně (do)určit a následně i optimalizovat. Ale i v těchto případech znalec vždy přihlíží k hodnotám „EES“, neboť neznám znalce, který bude rád, pokud by mu z jeho řešení „cokoli napadnutelného vyčnívalo“.

Také byly zkoumány zákonitosti ohledně lokálních maxim deformační energie „Edef“ při rázu se skluzem a změně tření v bodu rázu „μ“ (jako řezech v 3D diagramu). Podařilo se zcela originálním způsobem vyjádřit 2 základní komponenty deformační energie „Edef“, kdy první ze složek „Edg“, představuje základní komponentu „Edef“ ve směru normály rázu „n“ a „Edr“ představuje pokluznou energetickou komponentu „Edef“, která se realizuje pouze ve směru tečny dotyku (tedy tzv. roviny rázu). Přestože energie je typickou skalární veličinou, lze tímto způsobem její komponenty vyjádřit, viz vztahy (161) a (162) a případně kompletní odvození, viz vztahy (150) až (162).

Pozoruhodné je, že pokud se při řešení rázu se skluzem tření v bodu rázu „μ“ pohybuje např. v oblasti cca 70–100 % hodnoty mezního tření „μ_{max}“ (tedy směrem k dosažení rázu bez skluzu), potom křivka deformační energie sestavená nad tzv. „úsečkou tření“ (spojnice impulsu pro ráz bez skluzu a impulsu pro ráz s nulovým třením „μ = 0“ pro pevně danou normálu „n = konst.“) je velmi plochá, tedy pro tuto celou oblast vysokého tření (např. oněch 30 %) při rázu se skluzem je deformační energie „Edef“

		DRHI (MDRHI)	DRRHI	Ek
	Boční náraz - velká excentricita	+++	++	0
	Boční náraz - malá excentricita	+++	+	0 (+)
	Náraz pod úhlem 45°	++	+	+
	Čelní srážka - malý přesah	0 (+)	+	++
	Čelní srážka - velký přesah	0	0	++

Obr. 7 Jednoznačnost výsledků analýzy kolize vozidel dle fyzikálních metod, [5] a [6].

DRHI – diagram rovnováhy hybností a impulsů (Antriebs-Balance-Diagram),

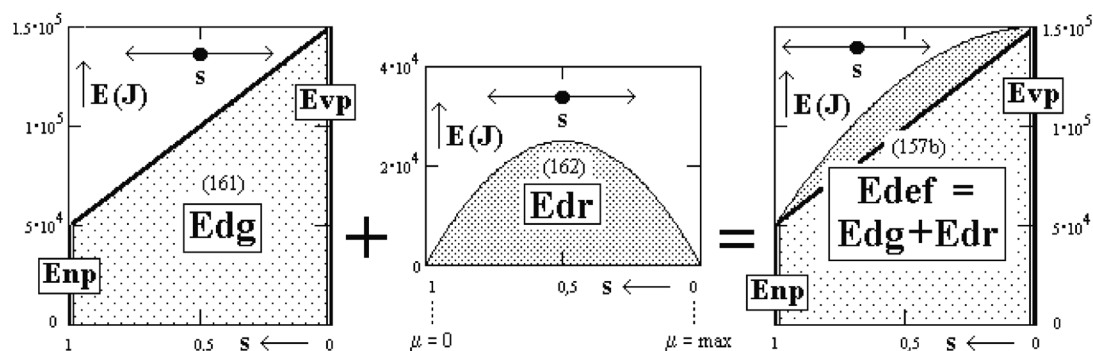
MDRHI – modifikovaný diagram rovnováhy hybností a impulsů (Impuls-Spiegel-Verfahren),

DRRHI – diagram rovnováhy rotačních hybností a impulsů (Drehimpuls-Spiegel-Verfahren),

Ek – energetická kružnice (Energie-Ring-Verfahren),

+++ velmi dobrá ... ++ dobrá ... + omezená ... 0 sotva použitelná.

Figure 7 The clarity of the analysis results collision of vehicles by physical methods, [5] and [6].



Obr. 8 Grafické znázornění vztahů (161) a (162) – E_{dg} , $E_{dr} = f(m)$, nebo E_{dg} , $E_{dr} = f(s)$, [4].

Figure 8 Graphical representation of equations (161) and (162) – E_{dg} , $E_{dr} = f(m)$, or E_{dg} , $E_{dr} = f(s)$, [4].

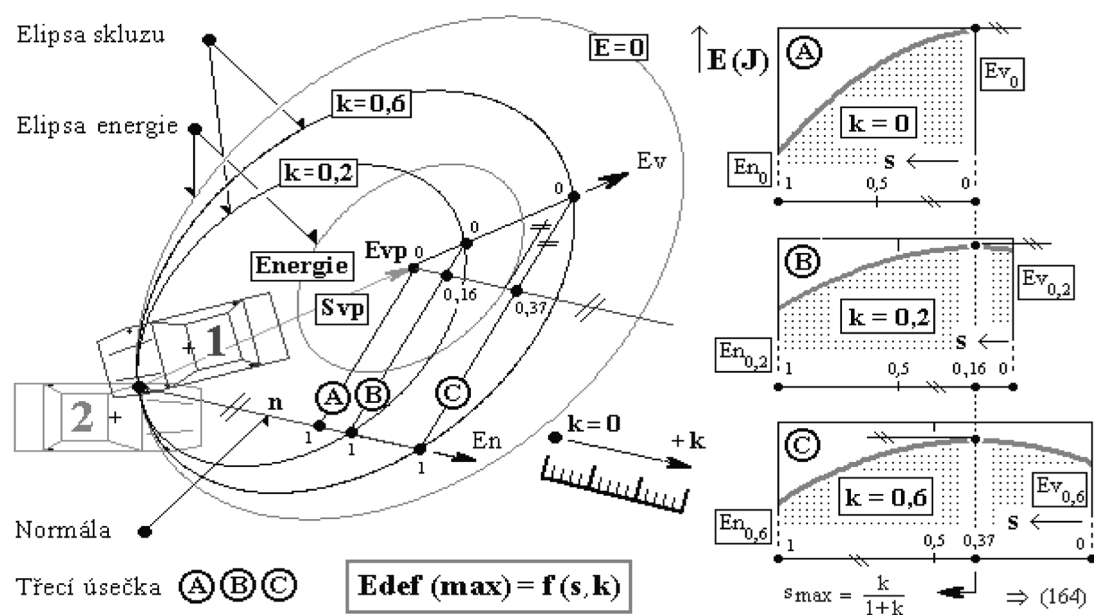
vzhledem k tomuto tření „ $\mu \rightarrow \mu_{\max}$ “ téměř konstantní, kdy flukuační pásmo deformační energie „ $E_{def} = f(\mu)$ “ v této poměrně rozsáhlé oblasti má výšku jen např. 3–6 % vzhledem k maximální deformační energii „ $E_{def_{\max}}$ “, viz lépe grafické vyjádření na obr. 8, 9.

Lidsky řečeno, rázy se skluzem, které se již vzdáleně (až do 30 %) blíží zaklínění vozidel, vykazují téměř konstantní celkovou deformační energii „ E_{def} “ a těžko je někdo schopen odhadnout deformační energii „ E_{def} “ tak přesně, aby mu flukuační pásmo 3–6 %, „bylo těsné“. Vzhledem ke známému kvadratickému vztahu mezi „ E_{def} “ a „ EES “ je flukuační pásmo pro „ EES “ dokonce ještě užší, tedy v takto definovaném pásmu jsou hodnoty „ EES “ již prakticky konstantní, tedy jen pro představu např. „51,6 km/h až 52,26 km/h“ s lokálním maximem „53,22 km/h“, viz případy A, B, C na obr. 9.

Tedy deformační energie „ E_{def} “ je při rázu se skluzem téměř invariantní „ $E_{def} = \pm E_{def_{\max}}$ “ v poměrně širokém pásmu hodnot vysokých tření v bodu rázu „ $\mu \rightarrow \mu_{\max}$ “. Bylo matematicky dovozeno proč tomu tak vlastně je, s tím, že za tuto podivuhodnou vlastnost je „zodpovědný“ právě „sinusoidní“

průběh komponenty deformační energie „ E_{dr} “ v závislosti na tření „ μ “, tedy „ $E_{dr} = f(\mu)$ “ resp. – jen vyjádřeno jiným způsobem – na poměrném skluzu „ s “, tedy „ $E_{dr} = f(s)$ “. Jak je vidno z obr. 8, celková deformační energie „ E_{def} “ je prostým aritmetickým součtem obou energetických komponent „ $E_{dg} + E_{dr}$ “. Protože komponenta „ E_{dg} “ vykazuje v oblasti vysokých tření v bodu rázu „ $\mu \rightarrow \mu_{\max}$ “ lineární nárůst a právě v této oblasti současně vykazuje komponenta „ E_{dr} “ pokles s charakterem kuželosečky, není tedy divu, že předmětná oblast vysokých tření „ $\mu \rightarrow \mu_{\max}$ “ je geometricky vzato téměř „plochá“, tedy „ $E_{def} = \pm E_{def_{\max}}$ “.

Při běžně uvažovaném kladném koeficientu restituce např. „ $k = 0,05–0,2$ “ bude definiční obor této invariantnosti resp. „plochosti“ dokonce ještě rozsáhlejší (např. do 40 %), protože všechny parciální lokální extrémy maximální deformační energie „ $E_{def_{\max}} = f(k, \mu)$ “ leží na normále dotyku „ n “, která je „na ploše impulsu ($N \cdot s$)“ sestrojena tak, že prochází koncovým bodem vektoru „ S_{vp} “, tedy koncovým bodem impulsu rázové síly bez skluzu pro nulový koeficient restituce „ $k = 0$ “ !! Tato problematika již má poněkud abstraktní charakter, ale pro základní představu čtenářů autor tohoto příspěvku vytvořil obr. 9.



Obr. 9 $E_{def}(\max)$ – souvislost relativního skluzu „ s “ a koeficientu restituce „ k “, [4].

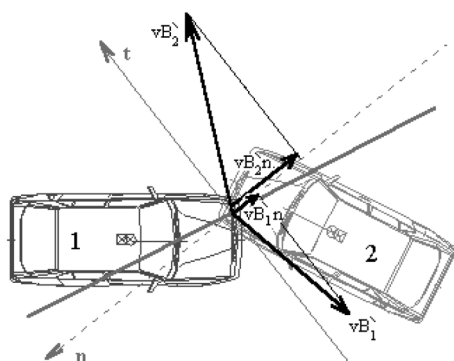
Figure 9 $E_{def}(\max)$ – relative slip relationship „ s “ and coefficient of restitution „ k “, [4].

Zajímavé také je, že maximální deformační energie „ E_{def} “ je při kladném koeficientu restituce „ k “ a variaci koeficientu tření „ μ “ dosažena „o něco málo“ dříve, než by vzhledem k „logickému“ očekávání odpovídalo úplnému zastavení pokluzu, tedy tření odpovídajícímu rázu bez skluzu (*impulz se však musí nacházet přesně na okraji kužele tření, nikoli uvnitř*).

Deformační energie „ E_{def} “ je relativně méně významným kontrolním rázovým parametrem u rázů se značnou excentricitou. Deformační energie „ E_{def} “ také není vůbec vhodným kritériem pro rozhodnutí, které ze dvou řešení rázu se skluzem je korektnější, pokud se obě tato řešení nacházejí v oblasti vyšších tření v bodu rázu „ $\mu \rightarrow \mu_{max}$ “, např. v poměrně široké oblasti 70–100 % tření maximálního „ μ_{max} “ pro zastavení skluzu.

4. DIFFERENCE DOTYKOVÝCH RYCHLOSTÍ VOZIDEL VE FÁZI TĚSNĚ PO RÁZU „ $\Delta v_{B_{12}}$ “

Pokud znalec zadá při řešení rázu koeficient restituce „ k “, potom jako kontrolní rázový parametr může obdržet právě diferenci dotykových rychlostí vozidel těsně po rázu „ $\Delta v_{B_{12}}$ “. Tento parametr udává jakou rychlostí dochází k oddělení kontaktních zón vozidel po rázu. Daný parametr „ $\Delta v_{B_{12}}$ “ však nemusí být pouze kontrolním ukazatelem, nýbrž tento lze do výpočtu rázu aktivně zadat (PC Crash i CARAT), což je zcela jistě smysluplnější i pohodlnější. Koeficient restituce „ k “ a difference dotykových rychlostí vozidel těsně po rázu „ $\Delta v_{B_{12}}$ “ jsou totiž určité „spojité nádoby“ dokonce s přímou úměrou, neboť koeficient restituce „ k “ je poměrem difference dotykových rychlostí vozidel těsně po rázu vůči difference dotykových rychlostí před rázem, tedy „ $k = \Delta v_{B_{12}}' / \Delta v_{B_{12}}$ “, viz také vztahy (15) a (16-a). Tedy ona „difference $\Delta v_{B_{12}}'$...“ není ničím jiným, než čitatelem ve vztahu pro definici koeficientu restituce „ k “. Zajímavé také je, že tato hodnota je téměř konstantní a činí u moderních osobních vozidel kolem 4–6 km/h, [7]. Odborná literatura udává, že u osobních vozidel americké provenience tato hodnota bývá ještě o něco vyšší. Čím je ráz intenzivnější (tedy vyšší hodnota „ $\Delta v_{B_{12}}$ “), tím musí být nižší koeficient restituce „ k “, tak aby hodnota „ $\Delta v_{B_{12}}$ “ vůbec mohla být konstantní, neboť „ $k \cdot \Delta v_{B_{12}} = konst = \Delta v_{B_{12}}'$ “, tedy



Obr. 10 Grafické znázornění průmětu dotykových rychlostí po rázu „ v_{B1} “ a „ v_{B2} “ do směru normály „ n “ (kolmá na rovinu rázu).

Figure 10 Graphical representation of the projection of touch speed after collision „ v_{B1} “ and „ v_{B2} “ to the normal direction „ n “ (perpendicular to the plane of collision).

jedná se o typickou hyperbolu, která je již snad po několik desetiletí opakovaně uváděna v odborné literatuře, např. [10] strana 135.

Diferenci dotykových rychlostí vozidel ve fázi těsně po rázu „ $\Delta v_{B_{12}}$ “ má smysl používat jako kontrolní rázový ukazatel pouze u rázu bez skluzu.

Dále je třeba opět upozornit, že autoři programů CARAT a PC Crash opět přijali jiné technické předpoklady pro výpočet difference dotykových rychlostí vozidel ve fázi těsně po rázu bez skluzu. I když nastavení normály dotyku „ n “ a tření v bodu rázu „ μ “, nemá žádný fyzikální smysl u rázu bez skluzu a ani přirozeně tyto rázové parametry výpočet impulsu bez skluzu neovlivňují, přesto se autoři programu CARAT rozhodli kontrolní rázový ukazatel „ $\Delta v_{B_{12}}$ “ vypočítat dle konkrétního nastavení normály dotyku „ n “ i pro rázu bez skluzu. Autoři programu PC Crash se rozhodli pro rázu bez skluzu, kdy se impuls rázové síly nachází uvnitř kužele tření, vypočítat parametr „ $\Delta v_{B_{12}}$ “ jako vektorový součet difference dotykových rychlostí vozidel před střetem „ $\Delta v_{B_{12}}$ “ a vektoru dotykového účinku (impulzu) „ $M \cdot S_1$ “, viz vztah (13-b), [3], [7], [8]. Toto řešení je uživatelsky jistě vlídnější.

5. KOEFICIENT RESTITUCE „ k “ PŘI ZADNÍM NAJETÍ OSOBNÍCH VOZIDEL

Protože koeficient restituce „ k “ může v principu fungovat i jako kontrolní rázový parametr (viz podrobně kap. 4.0), bude nyní pro úplnost pojednána i problematika hodnot, kterých koeficient restituce „ k “ může nabývat v případě tzv. „zadního najetí osobních vozidel“.

Autor Dipl.-Ing. Wolfram Kalthoff [11] se danou problematikou seriózně zabýval. S využitím rešerše odborné literatury, publikovaných výsledků nárazových zkoušek (Howard, R., Cipriani, A.L.), s pomocí 38 vlastních nárazových zkoušek a 75 nárazových zkoušek z databanky AGU (Švýcarsko) a konečně s pomocí vyhodnocení 214 nárazových zkoušek provedených společností Crashtest-service dospěl k závěru, že hodnota koeficientu restituce „ k “ je dominantně odvislá od relativní rychlosti pohybu vozidel těsně před střetem „ v_{rel} “ a také od míry deformačního překrytí vozidel. To je sice všeobecně známo, nicméně jeho práce je pro praxi hodnotná zejména z toho důvodu, že zcela konkrétním způsobem kvantifikuje vliv výše uvedených dominantních parametrů na technicky přijatelný rozsah hodnot koeficientu restituce „ k “. Autor Kalthoff provedl nejprve určitý vhodný výběr ze všech dostupných případů nárazových zkoušek, kdy nakonec analyzoval za daným účelem 328 případů zadních najetí.

Hodnota koeficientu restituce „ k “ nemá jen vliv na technicky korektní dovození nárazových rychlostí vozidel, ale zejména na stanovení biomechanických hodnot zatížení osádky zezadu naraženého vozidla během nárazu. Intenzita biomechanického zatížení osob je přitom klíčovým technickým parametrem pro následné medicínské posouzení možností poranění krční páteře osádek kolizních vozidel.

Dále autor Kalthoff ve své práci [11] uvádí, že nezjistil žádný signifikantní vztah mezi prováděním brzdných manévřů vozidel v okamžiku nárazu a hodnotou koeficientu restituce „ k “, byť autor Grundler takovou souvislost ve své publikaci předestřel.

Tab. 1 Klasifikační pomůcka k odhadu koeficientu restituce „k“ (zadní náraz).
Table 1 Value classification for determination of coefficient of restitution „k“.

Relativní rychlost „vrel“	Míra deformačního překrytí „offset“	Koeficient restituce „k“
< 5 km/h		0,20–0,75
5–10 km/h		0,15–0,55
10–20 km/h	< 60 %	0,10–0,35
	> 60 %	0,10–0,45
20–30 km/h	0–30 %	0,00–0,15
	> 30–60 %	0,10–0,20
	> 60–100 %	0,15–0,30
30–70 km/h	< 30 %	0,00–0,10
	> 30 %	0,05–0,20
> 70 km/h		0,00–0,10

Stejně tak autor Kalthoff ve své práci [11] uvádí, že nezjistil žádný signifikantní vztah mezi nepoměrem hmotností vozidel a hodnotou koeficientu restituce „k“, byť by takovouto závislost bylo možno „logicky“ předpokládat.

Konečně autor Kalthoff ve své práci [11] uvádí, že nezjistil ani žádný signifikantní vztah mezi případy, kdy je naražené vozidlo vybaveno či nevybaveno tažným zařízením a hodnotou koeficientu restituce „k“.

Je třeba důrazně upozornit, že autor si vytkl za cíl pojednat **pouze problematiku** technicky přijatelných hodnot koeficientu restituce „k“ ve vztahu k tzv. „zadnímu najetí osobních vozidel“. Jasně přitom uvádí, že nemůže zaručit, že se v praxi může vyskytnout případ, kdy koeficient restituce „k“ bude ležet mimo jím zjištěných rozsahů flukтуаčních pásem.

Na straně druhé, tím že autor zpracoval nezvykle velké množství nárazových zkoušek dospěl k mnohem „pokornějšímu“ vymezení tolerančních rozsahů koeficientu restituce „k“ a uvádí tedy mnohem širší flukтуаční pásma koeficientu restituce „k“, než ostatní autoři, kteří při daném typu výzkumu vycházeli z neporovnatelně užšího vzorku nárazových zkoušek či analyzovaných případů z praxe. Pan Dipl.-Ing. Kalthoff se nad tímto faktem velmi taktně pozastavuje. Tento paradoxní reciproční nepoměr mezi množstvím shromážděných kvalitních údajů a onoho „pokorně“ vymezeného tolerančního pole technicky přijatelných hodnot koeficientu restituce „k“ v případě pana Kalthoffa a naprosté většiny dalších autorů pojednávajících danou problematiku by nejen pro nás znalce měl být určitým vlídným filozofickým „pošťouchnutím“.

Nicméně, zjevně lze uvážlivým způsobem využít autorem zjištěné hodnoty koeficientu restituce „k“ i pro jiné typy kolizních uspořádání jako určité interpolační či extrapolační meze resp. východiska pro zpřesnění kvalifikovaného odhadu tohoto koeficientu restituce „k“. Zřejmě není třeba zdlouhavě vysvětlovat, že zejména je třeba přihlížet k charakteru míry přetvoření deformačních oblastí vozidel a struktury jejich deformační tuhosti v zasažených oblastech. Nikdo však netvrdí, že tento krok je nějak snadný, aniž by znalec měl k dispozici další podklady, jako jsou pečlivě utříděný archiv s řešenými případy daného typu, výsledky nárazových zkoušek, odborná literatura apod.

Dále bude uveden „obr. 9“ jeho publikace [11], tedy „Abb. 9“, který v tomto smyslu přehledným způsobem shrnuje výsledky jeho

zkoumání. Kompletní publikace je volně ke stažení v německém jazyce, a to v PDF formátu – viz odkaz u použité literatury [11] v kap. 6.0.

6. LITERATURA

- [1] BECKE M.: Vortrag am 19.06. 2006, Neumünster AREC.
- [2] BURG K, H.: *Rekonstruktion von Pkw/Pkw-Unfällen, Kapitel 2.4. „Kontrollgrößen nach Burg“, Unterkapitel 2.4.1 „GEV“*.
- [3] RÁBEK V., ŠACHL J. jr.: Teoretický pohled na stavbu a vlastnosti střetového ukazatele GEV. *Znalec*, 1/2002. ISSN 1805-6881
- [4] RÁBEK V., ŠACHL J. jr.: Problém dvou energetických rázových řešení. *Znalec*, 1/2003. ISSN 1805-6881
- [5] RAU H., LESER H.: Vergleichende Untersuchung von Aufwand und Genauigkeit herkömmlicher und neuerer graphischer Rekonstruktionverfahren. *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik*, 11/1989, s. 313–319.
- [6] ŠACHL J. sn.: Jednoznačnost výsledku analýzy dopravní nehody. *Znalec*, 4/1995. ISSN 1805-6881
- [7] KOHÚT P.: Špecifika problematiky stanovenia energeticky ekvivalentnej rýchlosti. *Sborník příspěvků, Workshop znalců z odboru doprava cestná č. 13*, Kúpele Nový Smokovec, 15. 3–16. 3. 2013.
- [8] STEFFAN H., MOSER A.: *Uživatelské manuály k programu PC Crash 1995–2010*.
- [9] RÁBEK V.: *Uživatelské manuály k programu CARAT 2.0 a 3.1*, 1999–2002.
- [10] RÁBEK V.: Vybrané postupy analýzy dopravních nehod. *Sborník převzatých cizojazyčných publikací*, EDIS, Vydavatelství ŽU 2009. ISBN 978-80-554-0033-4
- [11] KALTHOFF W.: Die Stoßzahl – ein entscheidender Parameter bei der Rekonstruktion eines Auffahrunfalls. *Zeitschrift VerkehrsRechtsReport*, 10/2009, s. 375–379. ISSN 1862-3980. Ke stažení na: <http://www.ureko.de/downloads/veroeffentlichungen/206>.