

# ROVNOVÁŽNÉ A MEZNÍ STAVY V BEZPEČNOSTI, V TECHNICE I SPOLEČENSKÝCH VĚDÁCH ČÁST I.

## EQUILIBRIUM AND LIMIT STATES IN SECURITY, TECHNOLOGY AND SOCIAL SCIENCE PART I.

Roman Rak  
Ingrid Matoušková

### ABSTRAKT

*Pro potřeby analýzy rizik a zajišťování bezpečnosti jsou definovány základní termíny jako je jev, událost, děj, stav, situace. K dalším významným pojmům patří pojmy rovnováha, rovnovážný stav, rovnovážná poloha, rovnováha sil a stabilita (nestabilita, labilita). S těmito termíny se můžeme setkat jak v bezpečnosti, tak i v technických, ale i ekonomických a společenských vědách. Tento příspěvek obecně vymezuje a vysvětluje tyto klíčové pojmy napříč různými vědními obory či obory lidské činnosti.*

**Klíčová slova:** rovnováha, rovnovážný stav, rovnovážná poloha, rovnováha sil a stabilita

**JEL klasifikace:** C18, C62, O22

## ABSTRACT

*Basic terms such as phenomenon, event, state, situation are defined for risk analysis and security needs. Other important terms include, equilibrium and stability (instability, lability). These terms can be found in both security and technical sciences as well as economic and social sciences. This paper generally defines and explains these key concepts across different disciplines or fields of human activity.*

**Keywords:** *equilibrium, equilibrium, equilibrium position, balance of forces and stability*

**JEL Classification:** C18, C62, O22

## ÚVOD

V různých oborech lidské činnosti stále více řešíme bezpečnost, bezpečí. Součástí každého profesionálně vedeného projektu, rozsáhlejších lidských činností je analýza rizik, při které hledáme podstatné hrozby, ohrožení, které by mohly mít reálné negativní dopady. Pakliže tyto hrozby známe, a dokážeme je dobře specifikovat, existují pak první předpoklady, abychom se na ně včas, přiměřeným a dostatečným způsobem dokázali připravit. Jednou takovou významnou (měkkou) hrozbou, je jakákoliv nestabilita v prostředí. Toto prostředí může mít charakter přírodní, technický (technologický), ekonomický, sociální, politický, náboženský diplomatický, personální atd. Předložený příspěvek naznačuje, jak lze obecně na různé stabilní či nestabilní stavy nahlížet v teoretické i praktické rovině. Každá nestabilita v podstatě, při splnění určitých základních podmínek, se může i neočekávaně, radikálně, náhle změnit v různé nouzové stavy, havarijní či krizové situace, v katastrofy apod., které mohou mít své dopady i v sociální, ekonomické a politické rovině, pokud množství postižených subjektů je přiměřeně velké, nebo hrozby mají reálný původ (důvod) s velkými dopady.

Žijeme ve světě, který se neustále rozvíjí. V oblastech lidského poznání, vědy, techniky, ekonomiky i ve společnosti. Současný rozvoj je ale plný napětí a konfliktů, ve všech zmíněných oblastech. Stranou nezůstává oblast ekonomická, sociální či politická, které jsou často příčinou i „konzumentem“ různých negativních dopadů, včetně dopadů do bezpečnosti, do bezpečí (Felcan, 2016), (Rak, Koliťšová, 2019). Nezanedbatelným faktem při řízení rizik, bezpečnosti, je i lidský potenciál, kvalitní řízení týmů odborníků (Pavlica et al, 2015).

Život nás učí i nutí určovat každodenní hrozby v rozmanitých oblastech lid-

ských činností, stanovovat a oceňovat rizika a ty následně různými způsoby a technikami řídit, aby nedocházelo k ohrožení chráněných aktiv, škodám či újmám.

Aby výše uvedený proces byl efektivní, je nutné pochopit podstatu, vlastnosti, chování či zákonitosti dílčích objektů a procesů, které vstupují do různých vazeb a interakcí, které následně ovlivňují a determinují chování velkých celků či systémů (Rak, Kopencová, 2019).

Reálně i podvědomě rozdělujeme vědu i veškeré procesy či dění do čtyř základních oblastí: přírodovědných, technických, ekonomických a sociálně společenských, ale též je možné i jiné dělení např. dělení GAČR, které zahrnuje pět oborů, např. i samostatně lékařství. Současná doba nás stále více a více nutí, abychom se na náš svět dívali „spojitě“, prizmatem všech čtyř oblastí, protože jediné tak můžeme dlouhodobě garantovat tzv. „udržitelný rozvoj“, který má i své bezpečnostní aspekty.

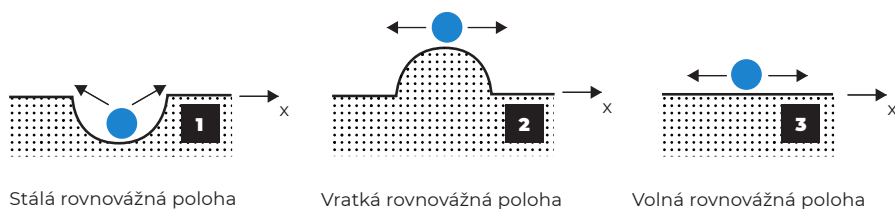
K významným pojmům patří pojmy rovnováha, rovnovážný stav, rovnovážná poloha, rovnováha sil a stabilita (nestabilita, labilita). Tyto pojmy určují, zda se různé entity budou dále zdárně, kontinuálně vyvíjet, nebo zda bude docházet k různým krizím, mimořádným stavům, stagnacím apod., se všemi jejich vyplývajícími vlastnostmi, důsledky (Roubal, 2019). Kromě toho, že potřebujeme poznat vlastnosti, vztahy a chování jednotlivých objektů či procesů, abychom je mohli pochopit a následně řídit, musíme chápat jejich rovnovážné a mezní stavy, které vždy určují kritické hranice následného rozvoje mimořádných, nechtěných událostí.

Jedním ze základních cílů článku mimo výše uvedené je vymezit a vysvětlit klíčové pojmy (rovnováha, rovnovážný stav, rovnovážná poloha, rovnováha sil a stabilita - nestabilita, labilita) napříč různými vědními obory či obory lidské činnosti vzhledem k tomu, že již nějakou dobu můžeme sledovat jejich nejednotný výklad jak u odborných článků, tak v článkách ve veřejných médiích.

## 1 ROVNOVÁHA, ROVNOVÁŽNÝ STAV, ROVNOVÁŽNÁ POLOHA, STABILITA (BALANCE, EQUILIBRIUM STATE, EQUILIBRIUM POSITION, STABILITY)

Je obecně známo, že pokud se objekty, systémy či procesy, události, děje nacházejí v rovnováze, rovnovážném stavu, rovnovážné poloze a mají schopnost stability, jsou v určitém smyslu v průběhu času bezpečné, tj. nebývají s nimi žádné neočekávané bezpečnostní incidenty, události, děje; chovají se tak, jak jsme předpokládali (navrhovali, projektovali, vyráběli, testovali apod.). Teprve po ztrátě rovnováhy, rovnovážného stavu, rovnovážné polohy a následně stability dochází k bezpečnostním událostem, incidentům, při kterých dochází ke škodám či újmám. Rovnovážený stav a stabilita jsou proto další důležité charakteristické vlastnosti objektů, systémů či procesů, které rozhodují o jejich chování z hlediska bezpečnosti. Pojmy rovnováha, rovnovážný stav, rovnovážná poloha, rovnováha sil a stabilita nejsou obecně definovány, ale zpravidla jejich definice jsou účelově zaměřené do určitých profesních oblastí. Synonymem slova stabilita jsou stabilnost, ustálenost, rovnovážnost, rovnováha nebo stálost, stálost vlastností, trvalost, pevnost. Rovnováha znamená obecně „být v souladu“, „být vzájemně vyrovnaný“. Antonymem stability je labilita.

**Obr. 1»** Názorné zobrazení rovnovážných poloh v mechanice těles.



*Zdroj: Vlastní autorská tvorba.*

### 1.1 ROVNOVÁHA (BALANCE, EQUILIBRIUM)

**Rovnováha** je obecně stav systému, kdy je působení všemi směry vzájemně vyrovnáno. Pojem rovnováha může mít více významů.

S pojmem **rovnováhou sil** se setkáváme v různých oblastech, jako je vojenství, ekonomika, podnikání, sport apod. Pod silami si můžeme představit síly přírodní, fyzikální, vojenské, politické, společenské, náboženské, nepřátelské, kriminální (živly) apod.

Pod rovnováhou sil rozumíme vyváženost, která obecně vede ke stabilitě. Všechny síly jsou vyvážené, tj. žádná síla „nepřevládá nad ostatními silami“.

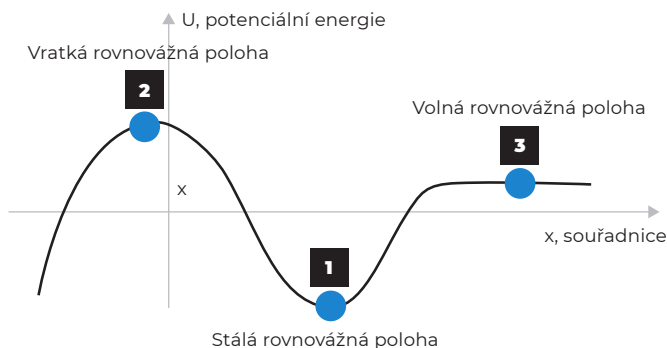
## 1.2 ROVNOVÁŽNÁ POLOHA (EQUILIBRIUM POSITION)

Ve fyzice (mechanice) je **rovnovážná poloha** definována jako poloha tuhého tělesa, při níž je výslednice všech sil působících na těleso nulová a výsledný moment všech sil je také nulový. Rovnovážná poloha je poloha, která je výsledkem rovnováhy sil.

Platí i naopak:

**Rovnováha sil** je stav, kdy na těleso působí více sil, ale jejich výslednice je nulová, a výsledný moment sil vzniklý složením všech momentů sil je rovněž nulový.

**Obr. 2»** Závislost potenciální energie  $U$  na souřadnici  $x$  kuličky při jejím přechodu z rovnovážné polohy vratké do stabilní a dále pak do volné rovnovážné polohy.



*Zdroj: Vlastní autorská tvorba.*

Rozlišujeme (v mechanice) tři základní rovnovážné polohy:

- **Stálá rovnovážná poloha** (též stabilní rovnovážná poloha) je poloha, pro kterou platí, že po vychýlení z této polohy se těleso vrací zpět, tzn., vychýlení se postupně zmenšuje. Potenciální energie tělesa ve stálé rov-

novázné poloze je nejmenší, při vychýlení se zvětšuje.

Příkladem může být kulička nacházející se v důlku. Při vychýlení se kulička bude vracet zpět do výchozí pozice. Při vychýlení se zvyšuje potenciální energie kuličky.

- **Vratká rovnovážná poloha** (též labilní rovnovážná poloha) je poloha, pro kterou platí, že po vychýlení z této polohy se těleso nevrací zpět, ale výchylka se dále zvětšuje. Vychýlením z vratké polohy se potenciální energie tělesa zmenšuje.

Příkladem může být kulička nacházející se na vrcholu kopce. Při vychýlení ze své pozice se kulička bude vždy kutálet dolů a sama se nevrátí na výchozí pozici. Při vychýlení se snižuje potenciální energie kuličky.

- **Volná rovnovážná poloha** (též indiferentní rovnovážná poloha) je poloha, pro kterou platí, že vychýlením tělesa se výslednice sil ani výsledný moment síly působících na těleso nemění. Po vychýlení tělesa se vzdálenost od nové polohy nemění (nezmenšuje se ani se nezvětšuje). Při vychýlení tělesa zůstává potenciální energie konstantní.

Příkladem může být kulička nacházející se na vodorovné rovině. Posuneme-li kuličku na jiné místo, zůstane tam stát a nebude se od původní polohy ani vzdalovat, ani se k ní nebude vracet. Potenciální energie zůstává konstantní.

### 1.3 ROVNOVÁŽNÝ STAV (EQUILIBRIUM STATE)

V termodynamice je rovnovážný stav definován jako takový stav termodynamického systému, kde neprobíhají žádné toky extenzivních veličin (tepla, hmoty, energie apod.). Intenzivní veličiny často bývají v tomto případě v celém systému stejné.

Jeden z postulátů termodynamiky uvádí, že každý systém dosáhne rovnovážného stavu. **Každý systém, který se nachází do určitého okamžiku v neměnných vnějších podmínkách, přejde samovolně po určité době do rovnovážného stavu. V tomto stavu setrvá, pokud zůstanou vnější podmínky zachovány.**

Výše uvedené tvrzení je obecné, platí jak pro přírodní, tak pro společenské, politické atd. rovnovážné stavy, které jsou charakteristické pro objekty, systémy

a procesy. V procesu každého vývoje, evoluce atd. dochází pravidelně, v různě dlouhých časových úsecích ke změnám rovnovážných stavů, ke ztrátě stability a následně k vytvoření nového rovnovážného stavu. Ze společenského, lidského, či bezpečnostního hlediska je vždy otázka, zda nový, rovnovážný stav je pro nás žádoucí („musí nám nutně vyhořet dům, abychom si postavili nový?“). V některých (mnoha!) případech bezpečnostního charakteru je zpravidla nežádoucí, aby došlo ke ztrátě stability současného objektu, systému či procesu.

Každý stav, každý rovnovážný stav můžeme charakterizovat pomocí pro něj charakteristických, významných parametrů, veličin. Jakákoliv změna parametru, který je pro rovnovážný stav (objektu, systému či procesu) významný, může narušit rovnovážný stav a vést ke ztrátě stability.

Ztráta stability rovnovážných stavů je přirozeným jevem, který je součástí antagonistického světa, evolučního i revolučního vývoje. Tendenci ztráty stability rovnovážných stavů je sice možné subjekty pomocí určitých opatření do značné míry snížit preventivními nástroji, v převážné většině případů není možné ztrátě stability zabránit (Šimák, 2015).

Ztrátu stability rovnovážného stavu je možné podle jejího průběhu dělit na dva základní druhy (Šimák, 2015):

- měkká ztráta stability;
- tvrdá ztráta stability.

Touto problematikou se zabývá zejména matematická „teorie katastrof“, kterou v minulém století rozpracovali ruský matematik Vladimir Igorevich Arnold (1937-2010) a francouzský matematik a filosof René Frédéric Thom (1923-2002) a zejména Sir Erik Christopher Zeeman (1925-2016).

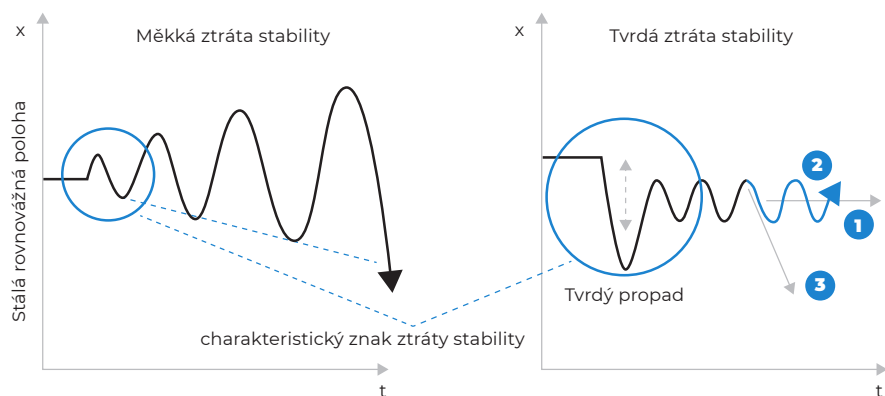
### **Měkká ztráta stability (Soft loss of stability)**

V případě měkké ztráty stability se ustáleným režimem systému stává oscilující periodický režim, který se ve svém počátku málo liší od rovnovážného stavu. První symptomy narušení stability nemusejí být zpočátku vůbec pozorovatelné, vznikají pomalu, postupně. Postupná změna parametrů ale v konečném důsledku může způsobit ztrátu stability systému (Šimák, 2015).

### Tvrdá ztráta stability (Hard loss of stability)

Náhodné nebo záměrně okamžité a zásadní změny parametrů a jejich projevy narušení funkčnosti systému natolik, že se úplně naruší stabilita, se nazývá tvrdá ztráta stability systému. Systém opouští rovnovážný stav skokem a přechází na jiný režim vývoje. Může to být jiný stabilní stacionární režim, stabilní oscilace kolem rovnovážného stavu ale též složitější nerovnoměrný pohyb (Šimák, 2015).

**Obr. 3»** Srovnání měkké a tvrdé ztráty stability v čase.



Zdroj: Vlastní autorská tvorba.

## 2 STABILITA (STABILITY)

Ve fyzice (mechanice) je **stabilita** definována jako rozdíl potenciální energie tělesa mezi vratkou a stálou rovnovážnou polohou, neboli to je množství práce, které je třeba vykonat, aby se těleso ze stálé rovnovážné polohy dostalo do vratké rovnovážné polohy.

**Stabilita** tělesa závisí přímo úměrně na hmotnosti tělesa, nepřímo úměrně na výšce těžiště ve stálé poloze a přímo úměrně na výšce těžiště ve vratké poloze.

V ostatních fyzikálních oborech (jako je optika, chemie, fyzika, elektrotechnika atd.), je stabilita definována jako **schopnost udržování určitých vlastností beze změny v čase**, v humanitních oborech, jako je lingvistika, politika apod. jde o **stálost vazeb v čase, které udržují systém ve své celistvosti**.



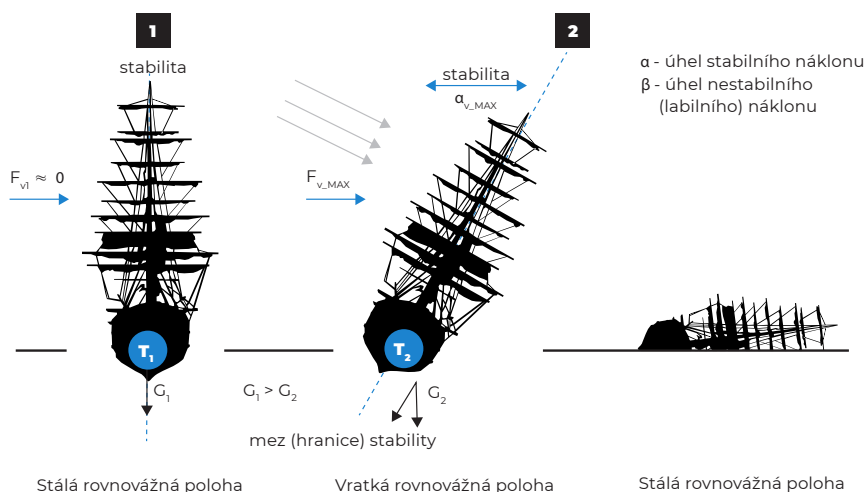
V technickém prostředí je stabilita obvykle definována i jako schopnost zotavit se z poruch, nerovnovážných stavů, tj. vrátit se do stavu rovnovážného pro daný objekt, proces nebo systém.

*Příklad:*

*Stabilitou letadla se rozumí schopnost letadla zachovávat režim letu, do kterého jej pilot uvedl. Pokud by letoun neměl schopnost stability, v určitých režimech letu by se nenechal pilotovat a došlo by k bezpečnostní události – ke zřícení letadla.*

V praxi hovoříme o stabilitě mechanických soustav, chemických či termodynamických dějů, geologické stabilitě podloží, stabilitě měny, společenské, politické, ekonomické stabilitě, stabilitě našich finančních příjmů, stabilitě zdravotního stavu apod.

**Obr. 4»** Ztráta stability plachetnice jako příklad působení významných vnějších faktorů na rovnovážný stav, rovnovážnou polohu..



Zdroj: Vlastní autorská tvorba.

*Příklad:*

*Stabilitu si můžeme vysvětlit na příkladu plachetnice, na kterou fouká boční vítr o síle  $F_v$ . Významnými parametry pro ztrátu stability plachetnice jsou síly bočního větru, polohy těžiště plachetnice  $T$  (konstrukční řešení, upevnění nákladu), schopnost kapitána a posádky manévrovat s lodí.*

*Do určité maximální síly větru  $F_{v\_MAX}$  se stěžeň naklání o úhel  $\alpha$ . Jestliže je*

*náklad plachetnice v podpalubí nedostatečně připevněn, náklonem plachetnice se bude pohybovat a tím se změní i těžiště plachetnice do polohy T2. Pokud je tento úhel  $\alpha < \alpha_{MAX}$ , a síla větru se sníží, náklon stožáru plachetnice se bude sám, automaticky vracet do původní, svislé, rovnovážné polohy. Pokud se síla větru bude ale zvětšovat nad hranici  $F_v_{MAX}$ , dojde k nestabilitě plachetnice a ta se převrátí na bok. Z této nové rovnovážné polohy se již sama nevrátí do původní svislé stabilní polohy plachetnice. Kapitán, aby se loď nepřevrátila, musí realizovat tato opatření: nejtěžší náklad umístit co nejhluběji do podpalubí, ten dobře, upevňovat; v případě silného bočního větru lodí manévrovat tak, aby byl eliminován boční vítr a ten změnou polohy lodi foukal co nejvíce zezadu; nebo podkasat (svinout) plachtoví. Silný boční vítr je vždy zásadní změnou vnějšího prostředí plachetnice.*

Stabilita objektu, systému nebo procesu závisí na mnoha jejich specifických vlastnostech, jako jsou odolnost, imunita, pružnost, výdrž, trvanlivost apod. vůči určitým (normálním i vysloveně negativním) jevům, událostem, působícím silám, obecně působícím faktorům. Zároveň stabilita může silně záviset na charakteru (velikosti, směru, dynamičnosti, intenzitě, specifčnosti apod.) působících faktorů na sledované objekty, systémy či procesy. Stabilita je relativní, pružná rovnováha, odolnost vůči určitému vychýlení od rovnovážného stavu, rovnovážné polohy.

Každá stabilita má v reálném světě svou určitou mez, hranici, dobu trvání, kdy objekty, systémy či procesy přestávají být stabilní a začínou být labilní (nestabilní), se všemi jejich negativními, bezpečnostními aspekty a jejich dopady.

Stabilita může být velmi relativní pojem – některé objekty, systémy či procesy se nemění během života jednoho lidského jedince, jiné objekty se stávají nestabilními (labilní) během zlomku vteřiny.

V procesu analýzy hrozeb, zranitelnosti, rizik, bezpečnosti se často zabýváme analýzou vlastností, charakteristik objektů, systémů či procesů, které jsou předmětem našeho zájmu. Z tohoto důvodu je nutné pozornost věnovat všemu, ve všech souvislostech, co má vliv na jejich stabilitu/labilitu. Naším cílem je obvykle zachovat co největší stabilitu, abychom se vyhnuli i potenciálním bezpečnostním jevům, událostem, rozporům, konfliktům, krizím apod.

**Stabilitu** (lat. *stabilis* – stálý, trvalý, pevný) můžeme obecně charakterizovat jako vlastnost, schopnost objektu, systému nebo procesu automaticky si udržovat v čase své stálé, základní charakteristiky, významné parametry, určující rovno-

vážný stav, rovnovážnou polohu nebo rovnováhu, celistvost, strukturu, funkčnost, komplexnost či jiné další významné vlastnosti objektu, systému či procesu nebo při vychýlení se z rovnovážného stavu se v určitém čase automaticky vrátit zpět do původního rovnovážného stavu, polohy či rovnováhy.

## ZÁVĚR

Stabilita jako vlastnost procesu, objektu, soustavy, systému, určitého uspořádaného nebo volně sdruženého společenství lidí, instituce, zřízení, státu apod. je klíčovou entitou v bezpečnosti, tj. v procesu zajišťování stavu bezpečí. Mezní stavy jsou stavy v jakékoliv lidské či jiné činnosti nebo aktivitě, které při překročení byť jediného (kritického) parametru, zapříčiní přechod ze stabilního stavu do stavu nestabilního a svým způsobem vyvolají určitou (kritickou) situaci, s často nepředvídanými důsledky. V technických disciplínách obvykle hovoříme o haváriích, v ekonomických směrech o krizích, v globálních teoriích či praxi o katastrofách, v bezpečnosti o bezpečnostních situacích (Kopencová, 2015) apod. Abychom takovým stavům dokázali v praxi zabránit, musíme velmi dobře poznat právě ty kritické parametry či souběhy parametrů, které jsou schopny překonat mezní stav a uvést zájmovou, sledovanou entitu do nestabilního stavu. Potom bychom měli vědět, jak posílit odolnost chráněné entity, aby se stala méně zranitelnou. Ale zejména musíme znát náplň jednotlivých termínů, kterými operujeme v různých vědních odvětvích i v masmediálním kontextu, viz i druhá část článku.

## REFERENCES

- BRUNOVA, M., & RAK, R. (2019). Forensics characteristics of vehicle theft. In Porada V. et al: *Criminalistics. Forensics science and cyber aspects*. Plzen: Aleš Čeněk, pp. 1015-1023. ISBN 978-80-7380-741-2.
- FELCAN, M. (2016). Problematika verejného poriadku ako jedna z najvýznamnejších oblastí výkonu verejnej správy. In: *Aktuálne problémy vo verejnej správe EÚ*. Kristína Králiková, Mária Sabayová a kol. Bratislava: Akadémia Policajného zboru v Bratislave, s. 41-60, ISBN 978-80-8054-712-7.
- HOLSTI, K. J. (1983). *International Politics: A Framework for Analysis*, Prentice Hall, Englewood Cliffs 1983.
- KOLITSCHOVA, P., KERBIC, J., RAK, R. (2018). *Forensic and technical aspects*

*of vehicle identification labels*. 11th International Scientific and Technical Conference on Automotive Safety, Casta Papernicka, Slovakia, Apr 18-20, 2018, Web of Science Access Number: 000435296000046, 2018-07-09, 345 E 47th ST, New York, USA, IDS Number: BK3OJ, ISBN 978-1-5386-4578-9.

KOPENCOVÁ, D. (2015). Kriminalita mládeže – vybrané případy z praxe. In: *III. kriminologické dny, Stanislava Hoferková, Tereza Raszková (eds.)*, vědecká konference. Hradec Králové: Univerzita Hradec Králové, Pedagogická fakulta, s. 33-46. ISBN 978-80-7435-572-1.

PAVLICA, K. et al (2015). *Vyvážený leadership. Dynamická rovnováha manažerských dovedností*. 2. rozšířené a aktualizované vydání. Praha: Management Press. ISBN 978-80-7261-289-5.

RAK, R., KOLITSCHOVÁ, P. (2019), *Bezpečnost a bezpečí – základní pojmy a jejich vnímání*, Sborník z 14. Mezinárodního sympózia Security Bratislava ze dne 14. 3. 2019, Bratislava, 2019, 212 s., ISBN 978-80-8054-795-0, s. 28-40.

RAK, R., KOPENCOVÁ, D., FELCAN, M. (2019), *Objekty a systémy – základní analytické prvky bezpečnosti*, Sborník z 14. Mezinárodního sympózia Security Bratislava ze dne 14. 3. 2019, Bratislava, 2019, 212 s., ISBN 978-80-8054-795-0, s. 41-55.

ROUBAL, O. (2019). The duality of hedonism in the ambivalent world of polarities. In: *European Journal of Science and Theology*. Iasi: Technical University of Iasi, 2019, Year 15, No. 1, pp. 203-213. ISSN 1841-0464.

ŠIMÁK, L. (2015). *Krizový manažment vo verejnej správe*. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostního inženýrstva, 259 s., ISBN 978-80-554-1165-1.

## **Prof. Ing. Roman Rak, PhD.**

Vysoká škola finanční a správní, Katedra Kriminalistiky a forenzních disciplín,  
T.G. Masaryka 3, 360 01 Karlovy Vary  
Email: rak.roman@seznam.cz

## **PhDr. Mgr. Ingrid Matoušková, Ph.D.**

Škoda Auto Vysoká škola, o.p.s, Katedra řízení lidských zdrojů,  
Na Karmeli 1457, 293 01 Mladá Boleslav

Email: ingrid.matouskova@skoda-auto.cz