

SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ



XV. ROČNÍK
ODBORNÉ KONFERENCE
DOKTORSKÉHO STUDIA

Ústav soudního inženýrství

Název: Sborník příspěvků konference Junior Forensic Science Brno 2023
Sestavili: Ing. Sofie Pokorná, Ing. David Jelínek, Ing. Zdeněk Vafek
Vydalo: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno
Vyšlo: květen 2023
Vydání: druhé
ISBN: 978-80-214-6165-9

Tento sborník obsahuje všechny příspěvky 15. ročníku konference JUFOS. Příspěvky byly recenzovány a neprošly jazykovou korekturou. V následujícím obsahu jsou v jednotlivých sekcích řazeny příspěvky abecedně, dle příjmení prvního autora.

OBSAH

Sekce 1. Analýza silničních nehod a oceňování motorových vozidel, strojů a zařízení

ZJIŠŤOVÁNÍ VLIVU ADAPTIVNÍ TECHNOLOGIE SVĚTLOMETŮ NA DOHLEDNOST CHODCE ZA VIDITELNOSTI SNÍŽENÉ TMOU	4
Tomáš Bilík	
PRINCIPY NÁVRHU ZKLIDŇUJÍCÍCH OPATŘENÍ VE VZTAHU K CHARAKTERU POZEMNÍ KOMUNIKACE	13
Tomáš Blodek	
MĚŘENÍ ÚROVNĚ OXIDACE PNEUMATIKY VE VZTAHU K JEJÍMU STÁŘÍ.....	21
David Jelínek	
PŘÍSTUP K DETEKČÍM ÚTOKŮ NA SYSTÉM TACHOGRAFU	27
Ondřej Koutník	
ANALÝZA NOČNÍCH ODHADŮ RYCHLOSTÍ VOZIDEL.....	32
Martin Rak	
VLIV NASTAVENÍ GEOMETRIE PŘEDNÍ NÁPRAVY NÁKLADNÍHO VOZIDLA NA OPOTŘEBENÍ PNEUMATIK A SPOTŘEBU PALIVA.....	39
Vladimír Sláma	
HODNOCENÍ BEZPEČNOSTI NA PŘECHODECH PRO CHODCE V DOBĚ SNÍŽENÉ VIDITELNOSTI	48
Gabriela Zikánová	

Sekce 2. Realitní inženýrství

VLIV TURISTIKY NA CENY BYTOVÝCH JEDNOTEK V ČESKÉM KRUMLOVĚ	54
David Brandejs	
VLIV ARCHITEKTONICKÉHO SLOHU NA HODNOTU BYTOVÝCH JEDNOTEK V PAMÁTKOVĚ CHRÁNĚNÝCH BUDOVÁCH	62
David Brandejs	
OCENĚNÍ POZEMKŮ V PRAZE SE STAVBOU V HAVARIJNÍM STAVU A DOŽIVOTNÍM UŽÍVACÍM PRÁVEM	71
Monika Doležalová	
VLIV PŘEDPOKLÁDANÉ HODNOTY NA VYSOUTĚŽENOU CENU PŘI ZADÁVÁNÍ VEŘEJNÝCH ZAKÁZEK	77
Karla Háva	
ANALÝZA ÚZEMÍ POMOCÍ PROSTOROVÝCH DATASETŮ	82
Daniel Kliment	
PROMĚNA SOCIÁLNÍ STRUKTURY KAMENNÉ ČTVRTI.....	88
Sofie Pokorná	
ÚVAHY O HODNOTĚ HISTORICKÝCH STAVEB	96
Petr Svoboda	
MOSTECKÝ PARADOX.....	101
Martina Vařechová	

Sekce 3. Analýza a řízení rizik

IMPROVING SUSTAINABILITY AND RESILIENCE OF TRANSPORTATION BY DISCRETE EVENT SIMULATION-BASED RISK ANALYSIS	104
Christoph Kogler	
SYNDORM VYHOŘENÍ SOFTWAREVÝCH VÝVOJÁŘŮ V AGILNÍM VÝVOJI	109
Zdeněk Vafek	

ZJIŠŤOVÁNÍ VLIVU ADAPTIVNÍ TECHNOLOGIE SVĚTLOMETŮ NA DOHLEDNOST CHODCE ZA VIDITELNOSTI SNÍŽENÉ TMOU

Tomáš Bilík¹

Abstrakt

Tento článek pojednává o problematice adaptivních technologií moderních světlometů v souvislosti s viditelností chodců za podmínek snížených tmou. V tomto ohledu je v článku představena i současná metodika pro zjišťování dohlednosti na chodce za podmínek snížených tmou, která nezohledňuje adaptivní funkce moderního osvětlení. V článku je dále nastíněn současný stav poznání a vybrané prvky adaptivních technologií. Součástí článku je i formulace problémů, které bude nutné v navazujícím výzkumu vyřešit, včetně použitých metod pro sběr dat. Hlavním cílem tohoto výzkumu je zajistit do budoucna využitelnost současné metodiky i v souvislosti s vozidly vybavenými adaptivními světlometry, kterých je ve vozovém parku České republiky stále větší počet.

Abstract

This article focuses on the topic of adaptive technologies of modern headlights in the context of pedestrian visibility in night-time conditions. In this respect, the article also includes the current methodology for determining pedestrian visibility under night-time conditions, which does not take into account the adaptive features of modern lighting. The current state of knowledge and selected features of adaptive technologies are also outlined. The article also identifies the problems that will need to be addressed in the follow-up research, including the methods used for data collection. The main objective of this research is to ensure the future applicability of the current methodology in the context of vehicles equipped with adaptive headlights, which are increasing in number in the Czech Republic.

Klíčová slova

adaptivní světlometry; viditelnost chodců; vnímání řidiče; dohlednost na chodce; snížená viditelnost.

Keywords

adaptive headlights; pedestrian visibility; driver's perception; pedestrian recognisability; reduced visibility.

1 ÚVOD

Tento článek se zabývá rozhledovými možnostmi řidiče vozidla vybaveného adaptivními světlometry, zejména z role účastníka dopravní nehody, a v souvislosti s metodikou zjišťování dohlednosti na chodce za viditelnosti snížené tmou.

„Dopravní nehoda je událost v provozu na pozemních komunikacích, například havárie nebo srážka, která se stala nebo byla započata na pozemní komunikaci a při níž dojde k usmrcení nebo zranění osoby nebo ke škodě na majetku v přímé souvislosti s provozem vozidla v pohybu“ (§ 47 zákona č. 361/200 Sb., o provozu na pozemních komunikacích).

Dopravní nehoda je nežádoucí společenský jev, který je doprovázen majetkovou újmou, újmou na zdraví a nezřídka i újmou na životě. Podle statistik Policie ČR za roky 2017 až 2021 došlo v České republice celkem k 510 283 nehodám, při kterých zemřelo 2 544 lidí, v průměru tedy v tomto období nastalo na našem území přibližně 100 000 dopravních nehod ročně. Z toho přibližně 3 000 dopravních nehod bylo každoročně za účasti chodců a přibližně 95 jich ročně v souvislosti s dopravní nehodou zemře. 61 % těchto úmrtí nastalo v noci, nebo za jinak snížené viditelnosti. Ze statistik dále vyplývá, že chodci každoročně zaviní přibližně 1 % z celkového počtu dopravních nehod 0.

Potřeba stanovení příčin vzniku dopravních nehod je založená nejen na záměru určení viníka jednotlivých nehod, ale také pro účely prevence vzniku dopravních nehod a zvyšování bezpečnosti v dopravě. Díky zjištěné příčině je možné využít vhodných technických, právních a jiných prostředků na systém vozidlo – řidič – dopravní prostředí a tím snížit počet nově vzniklých dopravních nehod.

Z předloženého výběru statistických údajů je patrné, že většina nehod s chodci nastává za podmínek snížené viditelnosti. V tomto ohledu lze důvodně předpokládat, že osvětlení vozidla má na tyto dopravní nehody velký vliv. Z hlediska stanovení příčin vzniku předmětných dopravních nehod je nutné blíže vědecky popsat adaptivní technologie u osvětlení vozidla a jejich vliv na viditelnost řidiče vozidla, které je těmito adaptivními světlometry vybaveno.

¹ Tomáš Bilík, Ing., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118 / 612 00 / Brno, e-mail: Tomas.Bilik@vut.cz

Po stanovení příčiny dopravní nehody mohou být aplikovány příslušné technické, či právní, opatření, které mohou mít vliv na snížení počtu případných nově vzniklých dopravních nehod.

Tento článek popisuje téma disertační práce, která je řešena v rámci oboru Soudní inženýrství, který je vědeckou a metodologickou nadstavbou technických a technicko-ekonomických znaleckých oborů. Práce konkrétně přispěje zejména k rozvoji znaleckého oboru doprava, odvětví doprava silniční, především v oblasti zpracování technických posudků o příčinách dopravních nehod a k inovaci současné metodiky zjišťování dohlednosti na chodce za snížené viditelnosti tmou.

Problematika budoucí disertační práce je zaměřena na interakci člověk – okolí za podmínek prostředí snížených tmou a interakci člověk – vozidlo vybavené adaptivní světelnou technologií. Detailněji se tato práce bude věnovat analýze vizuálního vnímání člověka, kategorizaci adaptivních technologií u osvětlení vozidel a určení jejich vlivu na viditelnost chodce. Zjištěné skutečnosti budou zpracovány jako návrh na inovaci současné certifikované metodiky na zjišťování dohlednosti na chodce na snížené viditelnosti tmou. Dílčí závěry a zjištění budou k dispozici pro potřeby analýzy silničních nehod.

2 SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

Posuzování rozhledových možností řidiče je významným aspektem při stanovení průběhu naprosté většiny dopravních nehod. V případech nehod za podmínek snížené viditelnosti je tento úkol podstatně obtížnější. Současná vozidla, která jsou vybavena adaptivními světlomety a která jsou v rámci postupné obnovy vozového parku ČR zastoupena stále ve větším počtu, posouvají obtížnost posouzení rozhledových možností řidiče vozidla ještě na další úroveň. Současná problematika adaptivních světelných technologií v souvislosti s posuzováním jejich vlivu na rozhledové možnosti řidiče naráží zejména na opakovatelnost momentální distribuce světla v prostoru před vozidlem. Rozhodující roli v tomto momentu hraje značné množství řídicích jednotek, které jsou v současných vozidlech ve velkých počtech a které nemusí totožnou situaci vyhodnotit pokaždé stejným způsobem. Vezmeme-li dále v úvahu, že nejpokročilejší adaptivní světlomety (pixelové světlomety) mají osvětlenou plochu rozdělenou na množství malých políček, které je možné osvětlovat různou intenzitou, nebo zastínit, nastává nám v reálném čase obrovské množství světelných kombinací, které mohou být v daném okamžiku celkovým světelným výstupem. Aby bylo i nadále možné dopravní nehody za podmínek snížené viditelnosti spolehlivě analyzovat a stanovovat spolehlivé závěry, je nutné dále zkoumat tyto vlivy, které v podobě adaptivních světelných technologií do této problematiky vstupují. Již na úvod je možné konstatovat, že adaptivní světelné technologie mají v souhrnu pozitivní vliv na rozhledové možnosti řidiče za podmínek snížené viditelnosti tmou. O to větší pozornost je nutné této problematice v souvislosti s analýzou dopravních nehod věnovat, protože případné kolize s chodci, budou v případě účasti vozidla s adaptivními světelnými technologiemi více svádět vinu na řidiče předmětného vozidla.

V následujících podkapitolách bude v rámci současného stavu poznání blíže popsáno:

- Vnímání člověka (jas, kontrast).
- Současná metodika zjišťování dohlednosti na chodce za podmínek snížených tmou.
- Vybrané prvky adaptivních technologií.

2.1 Vnímání člověka

Vnímání je základní poznávací proces pro smyslové poznání světa. Poznávání lze charakterizovat jako odraz skutečnosti ve vědomí. Základní poznávání probíhá prostřednictvím lidských smyslů (zrak, sluch, hmat, čich a chuť), mezi základní vjemy, relevantní pro problematiku řízení motorových vozidel, řadíme především vnímání prostřednictvím zraku a sluchu. Prostřednictvím vnímání dochází k poznávání barev, času a prostoru. Lze rozlišit vnímání smyslové pohybové, kde dochází k odlišování figur ve vjemovém poli, a vnímání významově aktivační, kde dochází k vnímání předmětů a symbolů. Tyto druhy vnímání hrají důležitou roli ve vnímání dopravní situace. Intenzita a charakter vjemů záleží na intenzitě podnětů. Vnímání člověka může být rovněž poměrně snadno ovlivněno různými rušivými elementy (distraktory), které mohou přicházet jak zevnitř, tak i zvenčí vozidla a mohou přirozeně ovlivnit vnímání řidiče potažmo jeho reakční schopnosti [2][6].

Vnímání lze také rozlišit na vnímání zkreslené, které se označuje jako iluze a klamy, a nepřesné vnímání vznikající v důsledku neuvědomovaných obranných mechanismů. Mezi další chyby ve vnímání se řadí paobrazy, perseverační představy a eidetické obrazy. V dopravě se rozlišují dva druhy chyb vnímání – chyby objektivní, vznikající jako selhání při plnění daného optima, a chyby osobní, vznikající v důsledku reakčního selhání na podmínky daného prostředí. Tyto dva druhy chyb vnímání se vzájemně nevylučují. Dále lze chyby rozlišovat na chyby vzniklé chybným rozhodnutím, tedy záměrné, a chyby vzniklé ve spojitosti s osobností, tedy nezáměrné [2].

Důležitým faktorem ovlivňujícím vnímání člověka je jeho psychický stav. Tento stav závisí na vnitřních podmínkách i na vnějších okolnostech. Psychický stav se může za určitých podmínek měnit. Psychický stav člověka ovlivňuje například pohotovost, připravenost, únava a další, které jej ovlivňují buď negativně nebo pozitivně [2].

2.1.1 Zrakové vnímání

Bradáč uvádí, že zrakové vnímání je nejdůležitějším pro zjištění informací důležitých pro další rozhodování. Hlavní rysy probíhající při obecném procesu vidění jsou následující [1]:

- Oko se v zorném poli pohybuje tzv. mikropohyby.
- Vnější podnět zaujme pozornost, zrakový receptor se zaměří na tento podnět a připraví se na percepci.
- Podnět zpracuje optický systém oka a ten přejde do sítnice, kde se optické podněty přemění na nervové vzruchy, které putují do mozkového centra vidění, kde vzniká počitek.
- Syntézou počitků vzniká vjem, který podléhá hodnocení, zda bude pomínut, uložen do paměti, nebo transformován na vzruch, který vyvolá svalový stah.

Z hlediska základních funkcí lidského vidění můžeme vyčlenit [1]:

- Vnímání jasu.
- Vnímání detailů.
- Vnímání kontrastů.
- Vnímání prostoru.
- Vnímání barev.

Z hlediska základních parametrů lidského oka, které netrpí vadami, je možné uvést následující. Úhel zorného pole člověka je přibližně 170° horizontálně a 110° vertikálně bez pohybu očí a při pohybu očí se zvyšuje na 290° horizontálně a 190° vertikálně. Ostrost viděného obrazu závisí na jeho poloze v zorném poli. Centrální zorné pole, kde je obraz nejostřejší, je oblast přibližně 2–7° od zrakové osy, zbytek zorného pole je tedy periferní zorné pole. Při ideálních podmínkách, tedy za optimálního osvětlení, při dostačující době pro zaostření a při koncentraci pozorujícího, je člověk schopen rozlišit objekt o velikosti jeden milimetr na vzdálenost přibližně 3–6 m. Rozlišit dva body oddělené je člověk schopen, pokud je jejich úhlová vzdálenost minimálně 2', což odpovídá vzdálenosti dvou bodů přibližně 6 mm od sebe pozorovaných ze vzdálenosti 10 m. V periferním zorném poli se pak rozlišovací schopnosti snižují [3].

Na výše uvedené může mít vliv několik prvků a faktorů v dané dopravní situaci a daném prostředí. Zrakový vjem ovlivňují zejména faktory, které mohou snižovat viditelnost, jako je například počasí nebo světelné podmínky.

Denní doba má výrazný vliv na vnímání člověka. Zejména v noci se pozorovací schopnosti snižují vzhledem k omezení periferního vidění. Může také docházet k oslnění světlomety protijedoucích vozidel a tím i dočasné ztrátě vnímání světla. Oslnění lze rozlišit na fyziologické a psychologické. Při fyziologickém oslnění dochází k omezení zrakového výkonu, například ostrosti vidění. Psychologické oslnění je subjektivně vnímaným pocitem. Při snížené viditelnosti dochází také k nízké rozlišitelnosti jasů, a tedy i složitějšímu rozeznání tvarů a pohybu předmětů [4][5].

Kontrastu jasu (K) charakterizuje stupeň rozpoznatelnosti objektu. Čím vyšší je kontrast pozorovaného objektu vůči okolí, tím vyšší je pravděpodobnost, že pozorovatel daný objekt zpozoruje.

$$K = \frac{|L_a - L_b|}{L_b}$$

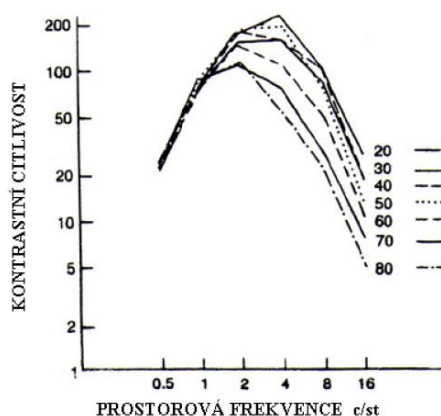
$$KC = \frac{1}{KP}$$

L_a ... jas pozorovaného objektu [$\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$]

L_b ... jas okolí [$\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$]

KC ... kontrastní citlivost

KP ... kontrastní práh



Obr. 1: Křivka kontrastní citlivosti v závislosti na věku [9]

Nejnižší stupeň kontrastu dvou podnětů, které lidské oko dokáže rozlišit, je udáván kontrastním prahem. Kontrastní citlivost zobrazuje kontrastní prahy pro rozdílné prostorové frekvence. Kontrastní citlivost je obrácenou hodnotou prahového kontrastu pro tuto frekvenci. Křivka má zvonovitý tvar, který je způsoben tím, že lidské oko má nejvyšší citlivost mezi 3-6 c/st. Ve vyšších a nižších prostorových frekvencích citlivost klesá. O problematice kontrastní citlivosti pojednávají zejména vědecké práce s lékařským zaměřením [7][8].

Vzhledem k zaměření práce na vnímání chodů za snížené viditelnosti tmou byl v rešerši zvláštní důraz kladen na vnímání prostoru, pohybu, jasu a kontrastu.

2.2 Vědecké práce na podobné téma

Vědeckých prací, které se zabývají problematikou vnímání účastníků silničního provozu, nebo obecně vnímáním řidiče motorového vozidla je značné množství. Jako základní přehledovou literaturu je možné uvést např. Rábek: Vnímání a rozhodování účastníků silničního provozu – denní doba / noční doba [3][4], dále se obecně souhrnnou problematikou týkající se analýzy dopravních nehod zabývá Bradáč: Soudní inženýrství [1].

Obsahově nejbliže k problematice tohoto článku jsou disertační práce autorů Kropáč a Sedlák [11][10]. Prvně jmenovaný se ve své práci zabývá problematikou znaleckého posuzování střetu vozidla s chodcem za snížené viditelnosti. Autor se ve své práci mj. zabývá související právní úpravou, zejména pojmem rozhled. Dále podrobně popisuje místo dopravní nehody a okolní vlivy, které jsou podstatné pro stanovení rozhledu a možnosti spatření chodců. V téže kapitole shrnuje praktické poznatky pro hodnocení místa nehody, kdy jedno z nejdůležitějších míst zaujímá chodec, především jeho oblečení, pohyb apod.

Dle Kropáče jsou pro zrakovou detekci řidiče nejdůležitějšími parametry prahový kontrast a velikost zorného úhlu objektu. Oba tyto faktory jsou dále ovlivňovány dalšími vlivy, mezi něž patří: adaptační úroveň zraku, rychlost vnímání, barevná skladba okolí, fyzická a psychická kondice řidiče. Kropáč dále na základě statických měření s využitím jednoduchých objektů o srovnatelném zorném úhlu jako chodec stanovil měřením za účasti probandů prahový kontrast pro rozlišitelnost objektu na hodnotu $K = 1$ (prahový kontrast za popsanych podmínek měření v přibližné úrovni $K_{min} = 1$). Ze závěrů disertační práce Kropáče vyplývá, že při jízdě vozidla v nočních podmínkách se zapnutými potkávacími světly (tato situace je typická pro většinu dopravních nehod vozidla s chodcem) jsou pro další analýzu důležité následující parametry:

- Vzdálenost dosvitu světlometů na vozovku.
- Vzdálenost, kdy řidič vozidla vnímá změnu světelných podmínek, aniž by určil, že se jedná o chodce (řidič "něco" upozoruje).
- Vzdálenost, kdy řidič vozidla vidí (rozpozná) chodce před vozidlem.

Měřením bylo zjištěno, že v případě tmavě oblečeného chodce byl tento chodec identifikován na vzdálenost o cca $20 \div 25$ % kratší než dosvit světlometů. V případě světlého oblečení chodce se na jeho osvětlení podílí i rozptýlené světlo a tento chodec byl identifikován přibližně na vzdálenost dosvitu světlometů. Spatřit (identifikovat) chodce na vozovce je možno při kontrastu vůči pozadí cca $K = 3,0$. Většina měření dohlednosti na chodce byla prováděna za statických podmínek. Měřením však nebyla potvrzena rozdílnost výsledků identifikace chodce za statických podmínek, oproti podmínkám dynamickým. V závěrech autor souhrnně vymezuje nové poznatky, mezi které patří např:

- Při dopravní nehodě vozidla s chodcem za podmínek jízdy v noci, je nutno zjistit dva základní parametry, a to vzdálenost, na kterou mohl řidič poprvé uvidět (a rozpoznat) chodce a dále vzdálenost dosvitu světlometů před vozidlo
- Při jízdě v noci se jedná o tzv. mezopické vidění. Jasy pozorovaných předmětů jsou v rozmezí $0,001 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ až přibližně do úrovně $10 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$.
- Charakter úseku silnice v místě nehody je významným vstupním údajem pro hodnocení rozhledových poměrů řidiče vozidla.
- Vyšetřovací pokus není nutné provádět, pokud na vozidle byly zapnuty dálkové světlometry a chodec byl ve vzpřímené poloze (v případě, že rozhled řidiče byl nejméně 100 m).
- Dle výšky vztažného bodu světlometu a jejich předepsaného svislého sklonu lze vymezit vzdálenost dosvitu potkávacích světlometů pro konkrétní vozidlo s účinnými a dle výrobce seřízenými světly s přesností ± 10 %.
- Chodce ve světlém oblečení řidič identifikuje přibližně na vzdálenost dosvitu potkávacích světlometů. Chodce v tmavém oblečení většinou identifikuje na vzdálenost o cca $20 \div 25$ % kratší, než je dosvit světlometů.
- Řidič může, při zapnutých potkávacích světlymetech prvně identifikovat chodce v okamžiku, kdy kontrast jasu chodce a bezprostředního okolí je v úrovni $K = 3,0$. Platí to pro jas bezprostředního okolí $0,001 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$.

- Při jízdě řidičů rychlostí do 80 km/h, kteří byli soustředěni na jízdu, se neprojevila rozdílná vzdálenost rozpoznání chodce oproti měření za statických podmínek [11].

Autor Sedlák [10] se ve své disertační práci zabývá vybranými problémy znalecké analýzy spatření chodů řidičem vozidla viditelnosti snížené tmou. V úvodu své práce se autor zabývá optikou a stavbou lidského oka. Dále ve své práci rozebírá i právní úpravu související s dopravou na pozemních komunikacích, blíže vymezuje pojmy jako rozhled a dohlednost na překážku. Tyto pojmy autor dále uvádí v souvislostech s vyšetřovacím experimentem, který má své nezastupitelné místo při analýze dopravních nehod za viditelnosti snížené tmou (typicky při nehodách s chodci). Cílem autora bylo zpřesnění obecné metodiky zjišťování vzdálenosti rozhledu řidiče a vzdálenosti dohlednosti na chodce, za podmínek viditelnosti při noční jízdě, a to zohledněním subjektivních vlivů, jako je věk řidiče a kvalita jeho zrakového vnímání. V tomto ohledu autor dále vymezuje základní parametry, které ovlivňují možnost spatření chodce:

Základní vlivy, které dohlednost na překážku ovlivňují, jsou:

- Parametry pozorovaného objektu (chodce).
- Optické vlastnosti vozovky a okolí.
- Umístění objektu na vozovce.
- Parametry osvětlovací soustavy vozidla.

Další sledované parametry, které vnímání překážky před vozidlem ovlivňují, jsou:

- Kvalita zrakového vnímání (oční vada).
- Věk řidiče.

Jak již bylo uvedeno výše, autor se ve svém nejužším vymezení zaměřil především na faktory: kvalita lidského zraku a věk řidiče, a jejich vliv na možnosti spatření překážky (chodce) při jízdě v noci. Vzhledem k plánovanému velkému množství respondentů z různých věkových kategorií se autor rozhodl pro formu měření na připravené reálné scéně na monitoru počítače, který byl kalibrován, aby co nejuvěrněji odpovídal sadě postupných fotografií zachycujících scénu výhledu řidiče při jízdě v noci, kdy se vozidlo přibližuje k chodci. Tímto způsobem autor zajistil totožné podmínky měření pro všechny respondenty.

Další snahou autora bylo zjistit přesný okamžik spatření překážky řidičem (prvotní zaregistrování překážky před vozidlem), s využitím elektrofyziologické vyšetřovací metody (ERG). V průběhu měření bylo bohužel zjištěno, že citlivost uvedené metody neumožňuje rozlišení změny elektrického potenciálu pro tak málo intenzivní podněty, jako je spatření chodce na okraji vozovky, a to ani v případě velmi kontrastního oblečení chodce (bílá sportovní bunda). Z výsledků disertační práce mj. vyplývá, jaké oční vady se u řidičů vyskytují v jednotlivých věkových skupinách. Dále bylo zjištěno, že všichni respondenti považovali za okamžik možného spatření chodce okamžik, kdy rozpoznali spodní část chodce (nohy). Kontrast v oblasti nohou chodce se pohyboval v rozmezí $K = 0,5 - 1,0$. Dále je možné z výsledků autora vyčíst podrobné hodnoty, kdy respondenti (různý věk a oční vady) rozpoznali tmavě a světle oblečeného chodce [10].

Současná inovovaná metodika pro zjišťování dohlednosti na chodce za podmínek snížené viditelnosti tmou (2015, certifikováno NSZ).

Tato metodika [12] upravuje postupy při přípravě, návrhu a realizaci experimentů zaměřených na zjišťování dohlednosti řidiče na chodce, stejně jako dohlednosti chodce na vozidlo, za viditelnosti snížené tmou. V metodice je využito výsledků výzkumu zaměřeného na zkoumání možností řidiče rozlišit chodce na vozovce v podmínkách skutečného silničního provozu.

Tato metodika se zaměřuje na dvě cílové skupiny. První cílovou skupinou jsou vyšetřovatelé, státní zástupci a soudci, kteří v souvislosti s dopravními nehodami v průběhu trestního řízení shromažďují podklady pro objasnění jejich příčin, provádí jejich hodnocení a návazně posuzují trestněprávní odpovědnost účastníků za vznik dopravní nehody. Druhou cílovou skupinou jsou znalci, kteří se podílejí na dokazování v rámci trestního řízení, zabývají se objasňováním průběhu těchto dopravních nehod a zjišťováním možností účastníků nehody zabránit jejímu vzniku. U dopravních nehod vozidel s chodci, které vznikly za viditelnosti snížené tmou, je důležitým vstupním údajem pro výpočtové modelování vzdálenost, při které mohl řidič vozidla poprvé opticky reagovat na chodce, který se nachází či pohybuje ve vozovce, příp. vstupuje do vozovky. Další důležité zjišťování může být zaměřeno i na ověření možnosti chodce spatřit vozidlo pohybující se po vozovce. V případě trestního řízení se experimentální ověřování provádí v rámci vyšetřovacího pokusu nařízeného orgánem činným v trestním řízení. Způsob návrhu, přípravy a realizace experimentů pro potřeby zjišťování dohlednosti upravuje tato metodika [12].

Hlavním cílem této metodiky je stanovit efektivní postup pro návrh, přípravu a realizaci těchto experimentů v rámci vyšetřovacích pokusů v trestním řízení. Stěžejní součástí této metodiky jsou její přílohy. Zejména příloha č. 1, která komplexně popisuje veškeré souvislosti týkající se přípravy, návrhu a realizace předmětného experimentu. Jedná se v podstatě o uživatelskou příručku, která stanovuje, jak předmětný experiment z hlediska získání věrohodných dat co nejlépe realizovat. Druhá příloha této metodiky je v podstatě praktickou ukázkou, jakých výsledků lze s využitím této metodiky dosáhnout

2.2.1 Vybrané aspekty adaptivních technologií světlometů

Osvětlovací technika vozidel má za sebou již více než 100 let vývoje. Z původní podoby, kdy osvětlení na vozidle / kočáru mělo spíše identifikační funkci, tedy aby ostatní lidé tento rychlejší dopravní prostředek viděli, jsme se přesunuli do fáze, kdy nejmodernější světlomety vozidel dosahují výkonů s viditelností, která se prakticky rovná denní době, dokáží osvětlit vozovku před vozidlem na stovky metrů dopředu a neposlední řadě jsou v podstatě plnohodnotným projektorem.

Parametry světlometů osobních automobilů jsou určeny předpisy ECE. Z hlediska adaptivity světlometů nebyly dříve těmito normami povoleny žádně změny směru s výjimkou vertikální změny úhlu, která souvisí s regulací efektivního dosvitu světla v závislosti na zatížení vozidla. V roce 1993 vznikl projekt AFS Eureka, jeho výsledkem byly první adaptivní světlomety AFL (Adaptive Forward Lighting), či AFS (Advanced Front Lighting System), které dostaly do provozu po roce 2003 změnou regulace ECE R48 [14].

Z hlediska adaptivních funkcí umožňovaly světlomety nejprve natáčení do stran pomocí elektroniky v závislosti s natočením volantu řidičem. Dále následovaly vyspělé funkce, které doplnily natáčení světlometů o adaptivní distribuce světla v závislosti počastí a rychlosti vozidla. Tyto funkce lze v jednoduchosti popsat tím způsobem, že při provozu vozidla za městských rychlostí je distribuce světla více do šířky, aby řidič lépe vnímal městské prostředí a přítomné chodce. S přechodem na vyšší rychlosti se režim distribuce světla zužuje a protáhje dále do prostoru před předmětné vozidlo. Velký posun v adaptivitě znamenalo taktéž zavedení tzv. „Matrix“ světlometů. Ty jsou dnes již podvědomě spojeny s LED světlomety. Tato technologie umožňuje řízení vozidla s neustále aktivními dálkovými světlomety. V praxi tento systém funguje tak, že pokud palubní kamera, která je součástí čelního skla vozidla identifikuje jiné vozidlo, vystíní oblast, kde se předmětné vozidlo v daném čase nachází, aby nedošlo k oslnění jiného účastníka provozu. Postupným zdokonalováním této technologie se dostáváme až k dnešním pixelovým světlometům, které jsou přímými nástupci světlometů „Matrix“. Tyto světlomety umožňují vystínování předmětných objektů s velkou přesností. Dále umožňují promítání různých symbolů přímo na vozovku a tím mohou řidiče upozornit na různá nebezpečí. Tyto vizuální efekty (tečky směřující k objektu) jsou demonstrovány na obrázku níže.



Obr. 2: Ukázka pixelových světlometů při konfrontaci s chodcem [Mercedes Benz]

3 FORMULACE PROBLÉMU

Na základě provedené rešerše bylo zjištěno, že v minulosti byla vytvořena metodika, která se zabývá určováním dohlednosti na chodce za podmínek snížených tmou. Tato současná metodika uvažuje pouze s osvětlením vozidel bez jakýchkoli adaptivních technologií. Tyto adaptivní technologie byly blíže popsány v úvodní rešerši a byly kvalitativně popsány jejich dopady na viditelnost osvětleného prostoru před vozidlem. Lze konstatovat, že adaptivní světelné technologie mají bezesporu pozitivní vliv na viditelnost řidiče vozidla, které je takovou technologií vybaveno. Obecně není dostatečně kvantifikováno, jaký rozdíl ve viditelnosti adaptivní světelné technologie představují v různých dopravních situacích.

Předmětný výzkum a budoucí disertační práce spadá do oblasti Soudního Inženýrství. V rámci tohoto oboru se mj. provádí výzkum v oblasti dopravních nehod a pro jejich řešení je nutné inovovat současnou metodiku na určování

dohlednosti na chodce za podmínek snížených tmou o dopady nových adaptivních technologií, které jsou již několik let běžnou součástí nových vozidel na trhu. Empiricky vymezený vliv adaptivní světelné technologie na viditelnost chodce řidičem motorového vozidla, v různých dopravních situacích, bude možné využít i jako vstupní údaje pro simulace dopravních nehod.

Primárním cílem budoucí disertační práce je identifikace a kvantifikace rozdílů ve viditelnosti osvětleného prostoru před vozidlem s adaptivní světelnou technologií v porovnání s osvětleným prostorem před vozidlem bez adaptivní světelné technologie ve stejné dopravní situaci a stejných okolních podmínkách. Na základě těchto zjištění bude vytvořena databáze, která bude kvantifikovat dopady adaptivních technologií na konkrétní dopravní situace se zohledněním vybraných typů karoserií vozidel, která v současné době neexistuje. Na základě této databáze bude vhodným způsobem navržena inovace současné metodiky určování dohlednosti na chodce za podmínek snížených tmou.

Pro dosažení uvedených cílů bude zapotřebí vyřešit tyto problémy:

- Zjistit podstatné faktory adaptivních světelných technologií a ujasnit jejich vliv na viditelnost osvětleného prostoru před vozidlem.
 - Vytvoření dostatečně obsáhlé databáze distribuce světla před vozidlem s adaptivní technologií a bez adaptivní technologie za stejné dopravní situace.
- Sběr dat v rámci rozsáhlé série experimentálních měření.
- Zahnutí možných faktorů majících vliv na distribuci světla v prostoru před vozidlem.
 - Statistické testování hypotéz.
- Vytvoření databáze určující rozdílné distribuce světla u vozidel s adaptivní světelnou technologií a bez ní v různých dopravních situacích. Implementace těchto poznatků do znalecké praxe a současné metodiky na určování dohlednosti na chodce za podmínek snížených tmou.

4 POUŽITÉ METODY

Pro zjištění podstatných faktorů adaptivních světelných technologií a ujasnění jejich vlivu na viditelnost prostoru před vozidlem je v rámci budoucí disertační práce primárně nutné získání dostatečného a statisticky významného vzorku hodnot, které budou získány měřeními v reálném prostředí za předem definovaných podmínek. Tyto podmínky lze blíže popsat takovým způsobem, že jako základní metodika pro sběr dat bude sloužit současná metodika pro zjišťování dohlednosti na chodce za podmínek snížených tmou, kdy bude realizována série statických a dynamických měření s využitím měřicího přístroje – jasového analyzátoru. Základní databáze tedy bude získána na základě experimentálních měření pro různé dopravní situace a různé karoserie vozidel. Následně budou data vhodným způsobem seříděna a vyhodnocena pomocí statistických metod. Konkrétněji lze základní metodu získání dat popsat jako sérii statických měření v reálném silničním prostředí a jízdních zkoušek v reálném silničním prostředí.

V plánovaných statických a dynamických měřeních v reálném silničním prostředí bude nutné vhodným a přesným způsobem měřit zejména distribuci světla v prostoru před konkrétním zkoumaným vozidlem v reálném čase.

4.1 Zjištění distribuce světla u statických měření v souladu se současnou metodikou zjišťování dohlednosti na chodce za podmínek viditelnosti snížených tmou

Pro zjištění distribuce světla u statických měření je v plánu využít stejný postup jaký upravuje jmenovaná metodika pro zjišťování dohlednosti na chodce za podmínek snížených tmou. Tento postup spočívá v popojíždění zkoumaného vozidla směrem k chodci z výchozí pozice, ve které chodec není viditelný. Jízda je ukončena v momentě, kdy je řidič schopen chodce odlišit od okolí. Vzhledem k nízké rychlosti je zastavení prakticky okamžité a výsledná vzdálenost mezi vozidlem a chodcem je zaznamenána. V této pozici dochází k zaznamenání viditelnosti chodce z pozice řidiče motorového vozidla. Pro zjištění, jak významně se v daném místě mění viditelnost na chodce, se zaznamená ještě viditelnost z pozice o 5 m blíže k chodci a 5 m dále od chodce vzhledem k původně zjištěné pozici. Pro zdokumentování viditelnosti chodce v předemných vzdálenostech bude využit jasový analyzátor LumiDisp [13], pomocí kterého lze rychle a přesně zachytit konkrétní scénu. Následně budou zjištěny hodnoty jasů na siluetě chodce a v blízkém okolí chodce, které budou sloužit k vypočtení kontrastu. Tyto údaje budou následně porovnávány s hodnotami, které budou zjištěny při dynamických měřeních.

4.2 Zjišťování distribuce světla u dynamických měření s využitím jasového analyzátoru a vlastní dálkové spouště

Pro účely zjišťování distribuce světla před vozidlem u dynamických měření bude rovněž vycházeno ze stejného staničení jako v případě statického měření, viz předchozí podkapitola. V případě měření konkrétního vozidla tedy bude nejprve realizováno statické měření, kdy zjištěné stěžejní vzdálenosti budou vyznačeny na vozovce. V těchto vyznačených vzdálenostech bude následně umístěna dálková spoušť k jasovému analyzátoru, která se aktivuje v momentě přejetí měřeným vozidlem a která byla navržena přímo pro účely této disertační práce. Výsledkem dynamického měření tedy

bude zachycení scény jasovým analyzátozem ve stejné vzdálenosti od chodce, jako v případě statického měření. Při dynamickém měření budou na měřeném vozidle aktivní adaptivní funkce osvětlení, které není možné simulovat při stojícím vozidle. Následný postup z hlediska výpočtu kontrastu a porovnání bude stejný jako v případě statického měření. Protože adaptivní funkce osvětlení vozidla závisí i na rychlosti vozidla, jak vyplynulo z analýzy současného stavu, bude dynamické měření pro každé vozidlo realizováno ve více rychlostech. Pro tyto účely je navrženo měření v rychlostech 30, 50 a 70 km/h, jelikož tyto rychlosti jsou v zastavěném prostředí nejběžnější. Dálniční rychlosti, které se rovněž projevují v souvislosti s adaptivitou osvětlení nebudou v této práci zahrnuty, protože výskyt chodců v dálničním prostředí není běžný a předpokládán. Při realizaci dynamického měření bude též zahrnuta rychlost vozidla v souvislosti s dobou snímání scény jasovým analyzátozem. Tato rychlost bude dle času na závěrce měřicího přístroje přepočtena na vzdálenost, o kterou bude dálková spoušť při realizaci měření posunuta směrem dozadu (dále od chodce).

4.3 Zkušební měření vybraných metod

V prvním čtvrtletí roku 2023 byly otestovány vybrané metody ke sběru dat. V tomto ohledu bylo nutné zejména ověřit funkčnost navržené dálkové samospouště, která byla sestrojena pro účely tohoto měření. Jedná se o průmyslově využívaný spínač, který je např. zabudovaný v podlaze objektu a slouží k automatickému otevírání vrat. Pro účely měření s jasovým analyzátozem LumiDisp byl tento spínač propojen s běžně prodávanou kabelovou dálkovou spouští k fotoaparátu. Výsledkem je možnost aktivace analyzátozem přejezdem měřeného vozidla v konkrétní požadovaný okamžik. Tato metoda byla několikrát testována a v současné době je plánováno měření ve větším rozsahu. Na obrázcích níže jsou znázorněny ukázky z uvedených testovacích měření.



Obr. 3: Pohled na umístění jasového analyzátozem a dálkové samospouště [autor]



Obr. 4: Pohled na měřené vozidlo při statickém měření [autor]

5 OČEKÁVANÝ PŘÍNOS TOHOTO VÝZKUMU A ZÁVĚR

Přínos z tohoto výzkumu lze spatřit především ve znalecké praxi se zaměřením na analýzu dopravních nehod, nebo v oborech zabývajících se viditelností určitého objektu, pro tyto blíže nespecifikované obory by mohla být přínosná použita metodika výzkumu osvětleného prostoru před vozidlem.

Jak z provedených rešerší vyplynulo, světelná technologie vozidel v posledních 10 až 20 letech posunula hranice viditelnosti v osvětleném prostoru před vozidlem o značný kus ve všech ohledech. Tedy z hlediska celkového výkonu, intenzity osvětlení, dosvitu, a především adaptivitě na konkrétní dopravní situaci, kdy vozidlo přizpůsobí viditelnou osvětlenou oblast aktuálním potřebám řidiče (např. při jízdě směrovým obloukem vozidlo v závislosti na natočení volantu, případně dle znalosti polohy vozidla a mapy, natočí světlomety více do směrového oblouku). Nelze opomenout ani „Matrixové“ a „Pixelové“ technologie z posledních let, které umožňují řízení s neustále aktivními dálkovými světly bez oslňování ostatních účastníků provozu, nebo pomocí vizuálních efektů / symbolů promítaných přímo na komunikaci před vozidlem upozorňují řidiče na případné nebezpečí. Lze shrnout, že jmenované technologie celkově zlepšují viditelnost řidiče v zejména podmínkách snížených tmou a řada z těchto vylepšení již byla ve vědeckých pracích kvantifikována.

Očekávaný přínos tohoto výzkumu, který bude dále rozpracován v disertační práci, předpokládá komplexní kvantifikaci vlivu adaptivních světelných technologií na viditelnost chodce řidičem motorového vozidla v konkrétních dopravních situacích. Data budou měřena v souladu se současnou metodikou pro zjišťování dohlednosti na chodce za podmínek snížených tmou a následně budou kvantifikována. Předpokladem je vytvoření databáze hodnot s kvantifikovaným vlivem adaptivní světelné technologie na viditelnost řidiče v konkrétní dopravní situaci. Jedním z hlavních cílů budoucího výzkumu je pomocí předemné databáze umožnit využití současné metodiky pro zjišťování dohlednosti na chodce za podmínek snížených tmou i v souvislosti s vozidly, která jsou vybavena adaptivní světelnou technologií, tedy k rozšíření uplatnitelnosti současné metodiky, případně k jejímu přepracování či inovaci. Potřeba inovace současné metodiky pro zjišťování dohlednosti na chodce je aktuálním tématem vzhledem k faktu, že vozidel

s adaptivními světelnými technologiemi ve vozovém parku ČR stále přibývá a případné nehody s chodci za podmínek snížených tmou nejsou aktuálně v souvislosti s těmito vozidly spolehlivě řešitelné.

Jako dílčí přínosy budoucího výzkumu lze označit různé souvislosti, které vyplynou z plánovaných měření a které jsou významné pro analýzu silničních nehod. Jedním z dílčích cílů je např. určení vlivu čelního skla vozidla na viditelnost řidiče

Tento příspěvek vznikl taktéž v rámci projektu Specifického VŠ výzkumu „Zjišťování vlivu adaptivní technologie světlometů na dohlednost chodce za viditelnosti snížené tmou“ (No. ÚSI-J-23-8422), řešeném na Vysokém učení technickém v Brně.

Literatura

- [1] BRADÁČ, A. *Soudní inženýrství*. Brno: CERM, 1999. ISBN 80-720-4133-9.
- [2] HARTL, P., HARTLOVÁ, H. *Velký psychologický slovník*. Praha: Portál, 2010. ISBN 978-80-7367-686-5.
POLICIE ČR. *Statistika nehodovosti* [Online] [cit. 2023-05-15], Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx>
- [3] RÁBEK, V. *Vnímání a rozhodování účastníků silničního provozu – denní doba*: (sborník tuzemských a převzatých cizojazyčných publikací). Olomouc: Properus, 2014, 350 s. ISBN 978-80-904944-2-8
- [4] RÁBEK, V. *Vnímání a rozhodování účastníků silničního provozu – noční doba*: (sborník tuzemských a převzatých cizojazyčných publikací) Pardubice: Univerzita Pardubice, 2014, 319 s. ISBN 978-80-7395-816-9
- [5] VIKTOROVÁ, L., STANKE, L., HAMERNÍKOVÁ, V., SUCHA, M. (2022). *Metodika pro posuzování oslnění světlometry osobních automobilů z hlediska řidičů*. [cit. 2023-05-15] Dostupné z: 10.5507/ff.22.24461311.
- [6] BILÍK, T. *Analýza reakčních dob na základě měření v reálném silničním provozu*. Sborník příspěvků konference Junior Forensic Science Brno 2021. Purkyňova 464/118, 612 00 Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2021. s. 5-12. ISBN: 978-80-214-5963-2.
- [7] MRÁZIKOVÁ, E. *Citlivost na kontrast – principy a způsoby měření* [online]. Brno, 2009 [cit. 2023-05-15]. Dostupné na adrese: <https://is.muni.cz/th/bzgi8/BAKALARKA..pdf>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská Fakulta.
- [8] VENTRUBA, J. *Kontrastní citlivost, testování a příčiny jejího snížení*. Česká oční optika, 1/2008, Společenstvo českých optiků a optometristů. ISSN 1211 233X. (str. 70 – 71).
- [9] *The Aging Eye: Problems That Affect Acuity and Contrast Sensitivity*. Pacific University Oregon [online]. Pacific University. [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <http://www.pacificu.edu/optometry/ce/courses/16554/agingeyepg2.cfm#Testing>
- [10] SEDLÁK, J. *Problematika znalecké analýzy spatření chodců řidičem vozidla za viditelnosti snížené tmou v různých dopravních situacích*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Ústav soudního inženýrství, 2012. 100 s. Školitel prof. Ing. Albert Bradáč, DrSc.
- [11] KROPÁČ, F. *Problematika znaleckého posuzování střetu vozidla s chodcem za snížené viditelnosti*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Ústav soudního inženýrství. Disertační práce, 2003.
- [12] KLEDUS, R., SEMELA, M., BRADÁČ, A., VÉMOLA, A. *Inovovaná metodika zjišťování dohlednosti na chodce za viditelnosti snížené tmou*. Brno, 2015. Dostupné také z: <http://disk1.usi.vutbr.cz/znalci/>. Metodika. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství.
- [13] <https://lumidisp.eu/>
- [14] VLK, F. *Osvětlení motorových vozidel*. In: Soudní inženýrství: časopis pro soudní znalce v technických a ekonomických oborech. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISSN 1211-443X

Recenzoval

Marek Semela, doc., Ing., Bc., Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, vedoucí odboru znalství ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel, Purkyňova 464/118 / 612 00 / Brno, e-mail: Marek.Semela@vut.cz

PRINCIPY NÁVRHU ZKLIDŇUJÍCÍCH OPATŘENÍ VE VZTAHU K CHARAKTERU POZEMNÍ KOMUNIKACE

PRINCIPLES OF CALMING MEASURES DESIGN BASED ON THE ROAD PARAMETERS

Tomáš Blodek¹, Michaela Stránská², Tomáš Kohout³, Gabriela Zikánová⁴

Abstrakt

Článek se zabývá bezpečností nejzranitelnějších účastníků silničního provozu, kterými jsou pěší a cyklisté. Konkrétně je zaměřen zejména na bezpečnost chodců. Největší pravděpodobnost výskytu těchto účastníků se nachází v zastavěných územích obcí. Pro zajištění jejich bezpečnosti je nutné splnění mnoha faktorů a jedním z nich je zajištění dodržování předepsané nejvyšší dovolené rychlosti řidiči motorových vozidel v těchto oblastech. Důležité je přimět řidiče, aby touto rychlostí již vjížděli do zastavěného území a nepřekročili ji v rámci celého intravilánového území, respektive v rámci celého průtahu obcí. Snahou autorů tohoto příspěvku bylo vytvoření principu jednotného návrhu zklidňujících opatření, a to zejména na vjezdech do obcí. Tento princip byl založen na datech získaných o rychlostech vozidel před vjezdem do obce, výškového a šířkového uspořádání komunikace v obci a její blízkosti, výskytu adekvátní infrastruktury pro pěší a cyklisty a rovněž na základě významnosti dané komunikace. Výsledkem odborného projektu ve spolupráci s ŘSD ČR je nástroj pro výběr vhodného zklidňujícího vjezdového opatření. Nástroj funguje na principu rozhodovacího stromu, který nabízí přednosti jako je přehlednost a snadná interpretace. Na základě znalosti parametrů pozemní komunikace a jejího okolí, dokáže rozhodovací strom snadno dovést posuzovatele k odpovídajícímu zklidňujícímu opatření či jejich kombinaci.

Abstract

The article deals with the safety of the most vulnerable road users, which are pedestrians and cyclists. Specifically, it focuses on pedestrian safety. These road users are most likely to occur in built-up areas of municipalities. Many factors are necessary to ensure their safety and one of them is to ensure that motor vehicle drivers in these areas comply with the prescribed maximum speed limit. It is important to ensure that drivers are already travelling at this speed when entering the built-up area and do not exceed it throughout the whole of the built-up area, or the entire length of the village. The aim of authors was to establish the principle of a uniform design of traffic calming measures, especially at the entrances to the villages. This principle was based on data obtained on vehicle speeds before entering the village, the height and width of the road in and near the village, the presence of adequate infrastructure for pedestrians and cyclists, and the importance of the road in question. The result of the research project is a tool for selecting appropriate gateway traffic calming measures. The tool works on the principle of a decision tree, which offers advantages such as clarity and ease of interpretation. Based on the knowledge of the parameters of the road and its surroundings, the decision tree can easily guide the assessor to the appropriate calming measure or combination of measures.

Klíčová slova

zklidňující vjezdová opatření; silniční průtahy souvisle zastavěným územím; přechod z extravilánových do intravilánových úseků na pozemních komunikacích; zranitelní účastníci provozu na pozemních komunikacích

Keywords

gateway traffic calming measures, road sections through built-up areas, gateways to urban areas on roads, vulnerable road users

1 ÚVOD

Bezpečnost na pozemních komunikacích je v posledních letech velmi diskutované téma. Každým rokem dochází ke vzniku velkého počtu dopravních nehod s těžkými zraněními či dokonce s usmrcením osob. [1] Na seznamech nejčastějších příčin úmrtí se, napříč všemi vyspělými státy, dopravní nehody vyskytují na prvních příčkách. Při snaze zamezit tomuto trendu se všechny země Evropské unie, tedy včetně České republiky, zavázaly plnit kroky, které napomůžou ke snižování nehodovosti. [2] Pro dosažení cíle výrazného snížení počtu dopravních nehod a jejich následků,

¹ Tomáš Blodek, Bc., ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav soudního znaleství v dopravě, Konviktská 20, 110 00 Praha, blodetom@fd.cvut.cz

² Michaela Stránská, Bc., ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav soudního znaleství v dopravě, Konviktská 20, 110 00 Praha, stranmic@fd.cvut.cz

³ Tomáš Kohout, Ing., ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav soudního znaleství v dopravě, Konviktská 20, 110 00 Praha, kohout@fd.cvut.cz

⁴ Gabriela Zikánová, Bc., ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav soudního znaleství v dopravě, Konviktská 20, 110 00 Praha, zikangab@fd.cvut.cz

je zapotřebí nahlížet na problematiku bezpečnosti holisticky, jelikož bezpečnost ovlivňuje mnoho faktorů. Tento přístup vyžaduje spolupráci všech odvětví dopravního systému. [3] Jedním z aspektů přispívající k snižování nehodovosti je vybudování bezpečné sítě pozemních komunikací. Bezpečná pozemní komunikace by měla být odpouštějící a samovysvětlující. Tento článek pojednává o výstavbě bezpečných pozemních komunikací, a to konkrétně se zaměřením zejména na úseky komunikací, kde dochází k přechodu z extravilánových úseků do intravilánového úseku. Hlavním důvodem zabývání se touto problematikou je fakt, že v obci dochází k největší pravděpodobnosti výskytu nejzranitelnějších účastníků silničního provozu. Za nejzranitelnější účastníky jsou považováni chodci a cyklisté. Například během roku 2021 byla v České republice pravděpodobnost usmrcení nebo vážného zranění člověka při dopravní nehodě s chodcem nebo cyklistou přibližně 7x vyšší než u dopravních nehod bez přítomnosti chodců nebo cyklistů. [1] Pro docílení snížení rychlosti motorové dopravy na námi požadovanou nejvyšší dovolenou rychlost, je důležité se zaměřit na realizaci zklidňujících opatření. Dodržování rychlosti je z pohledu bezpečnosti, zejména z pohledu chodců, zásadní z mnoha důvodů. Jedním z nich je například brzdná dráha, která roste s kvadrátem rychlosti. [4]

Zklidňování dopravy je soubor opatření upravující pozemní komunikaci se zacílením na bezpečnost nemotorové dopravy. Mezi tyto opatření se řadí jak pouhé změny dopravního značení, tak i stavebně náročná opatření, jako je například realizace zpomalovacích prahů či tzv. vjezdových ostrůvků [5]. Tato vjezdová opatření jsou v současné době realizována nekonceptně a neexistuje žádný nástroj, který by jejich umístování řešil konceptně. [6] Cílem vědeckého projektu bylo definovat faktory ovlivňující rychlost vozidel a faktory určující pravděpodobnost interakce mezi pěšími a motorovými účastníky silničního provozu. Na základě těchto faktorů došlo k vytvoření nástroje, jehož cílem je na základě informací o pozemní komunikaci pomoci při volbě vhodného opatření ke zklidnění dopravy.

2 PROBLEMATIKA ZKLIDŇOVÁNÍ DOPRAVY

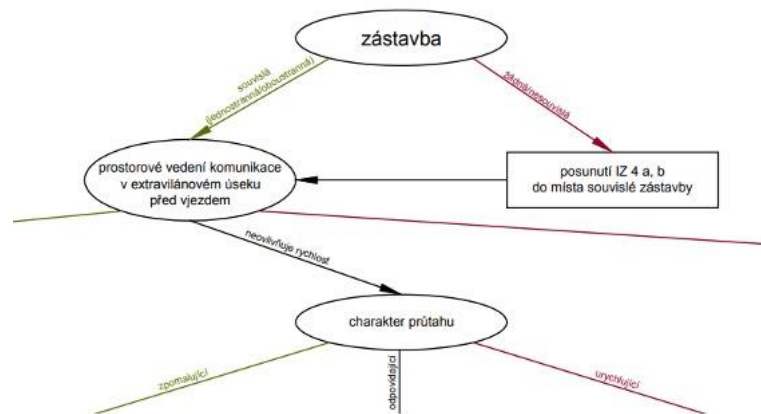
Zklidňování dopravy je soubor opatření upravující pozemní komunikaci tak, aby zlepšovala podmínky zejména pro nemotorové účastníky provozu. Mohou to být opatření od pouhých změn dopravního značení až po realizaci složitějších stavebních úprav. Vhodnými úpravami dopravního prostoru lze dosáhnout optimalizace rychlosti projíždějících vozidel, plynulosti provozu, a především zlepšení ochrany nejzranitelnějších účastníků provozu. Opatření zklidňující dopravu lze rozdělit na základě toho, jakým způsobem opatření ovlivňuje chování řidiče. [5] Prvky zklidňujících opatření mohou chování řidiče ovlivňovat:

- psychologicky – opatření psychologická,
- fyzicky – opatření fyzická,
- kombinací výše uvedených – opatření fyzicko-psychologická.

Pod psychologické opatření se řadí například opatření v podobě svíslého nebo vodorovného dopravního značení (dále jen „SDZ“ a „VDZ“), které fyzicky nenutí řidiče ke zpomalení. Tato opatření mají zejména informační charakter, kde výhradně vizuálně informují řidiče o změně charakteru pozemní komunikace (dále jen „PK“) a to tak, aby byl schopen včas zareagovat a upravit svou rychlost. Ve vhodných případech lze psychologická opatření zdůraznit využitím fyzicko-psychologických opatření. Optimálním příkladem takového opatření je opticko-akustická brzda. Jedná se o realizaci VDZ V 18 „Optická psychologická brzda“, která však na řidiče nepůsobí pouze opticky, ale také akusticky. Poslední kategorií jsou fyzická opatření. Tento druh opatření nutí vozidlo změnit směr jízdy, ať už vertikálně nebo horizontálně, čímž bude docíleno tíženého snížení rychlosti vozidla. Pro docílení tohoto vychýlení je ve většině případů nezbytná stavební úprava PK. Mezi tato opatření lze řadit například realizaci šikan, zpomalovacích prahů nebo středních dělicích ostrůvků. [5][8]

Nejrizikovějšími místy v obcích, z pohledu nejzranitelnějších účastníků provozu, jsou průtahy silnic vyšších tříd skrz zastavěná území. Řešení bezpečnosti chodců a cyklistů je v případě snahy naplnění VIZE 0 [2] zcela zásadní. Hlavním důvodem je, že v případě dopravní nehody s účastí chodce či cyklisty je značně vyšší pravděpodobnost těžších následků dopravní nehody. V roce 2019 došlo k 3 265 nehodám, při kterých byl účasten chodec. Při těchto nehodách bylo 427 chodců těžce zraněno a 93 bylo usmrceno. Na celkovém počtu nehod za rok 2019 se nehody s účastí chodce podílejí pouze na 3 %. Avšak mají téměř 20 % podíl na nehodách s těžkým zraněním nebo usmrcením osoby. [10] Velký vliv na tyto nepříznivé čísla má nedodržování nejvyšší dovolené rychlosti. Rychlost automobilu hraje klíčovou roli v počtu nehod a také v jejich závažnosti, protože s rostoucí rychlostí se prodlužuje délka brzdě dráhy a doba na adekvátní reakci řidiče se naopak zkracuje. Riziko úmrtí rapidně stoupá, jakmile nárazová rychlost vozidla překročí hranici 20 km/h. Při rychlosti 20 km/h je šance na přežití pro průměrného chodce 87 %, při rychlosti 40 km/h už jen 55 % a při hodnotě rychlosti přes 60 km/h šance na přežití dosahuje pouze přibližně 15 %. [7]

Zklidňující opatření v rámci celé obce nebo pouze na vjezdech do zastavěného území, jsou častým tématem vědeckých prací. Z těchto studií vzešly jednotlivé právní předpisy a normy zabývající se stavebním a provozním provedením těchto opatření v jednotlivých státech. V České republice se problematikou zklidňujících opatření zabývají normy ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací [9], které jsou základem technických podmínek (TP 132 [5] a TP 145 [8]) Ministerstva dopravy. Některé studie se například zaměřovaly na vliv jednotlivých zklidňujících opatření, na rychlost řidičů nebo adekvátní realizaci zklidňujícího opatření v daném místě. [11] Další ze studií se zabývala účinností



Obr. 2: Detail rozhodovacího stromu – faktory ovlivňující rychlost vozidel.

3.1.1 Ráz přilehlého okolí PK

Samotný základ stromu tvoří uvědomění si, kde již začíná souvislá zástavba a kde nikoliv. Velmi častým nedostatkem je neadekvátně umístěné SDZ IZ 4a,b „Obec, Konec obce“ v místě, kde není souvislá zástavba. Při výskytu tohoto nedostatku řidič není okolím PK psychologicky veden ke snížení svoji rychlosti.

3.1.2 Prostorové vedení PK v extravilánovém úseku před obcí

Druhým parametrem ovlivňujícím rychlost vozidla, je prostorové vedení komunikace v extravilánovém úseku před obcí. Tento faktor rozděluje rozhodovací strom do třech hlavních větví podle toho, zda prostorové vedení před obcí vede motorové vozidlo ke zpomalení, urychlení, popřípadě neovlivňuje jeho rychlost. Jedná se o primární faktor pro volbu realizace vjezdového opatření, jelikož má vliv na rychlost, kterou motorová vozidla do obce vjíždí a stanovuje tak míru nutnosti jejich zpomalení. V levé straně stromu se nachází větev pro PK mající zklidňující charakter. V těchto případech se předpokládá, že vozidla do intravilánového úseku vjíždějí vhodnou rychlostí a není tedy nutná realizace razantnějších opatření. V prostřední větvi se nachází prostorové vedení komunikace, které výrazně neovlivňuje rychlost a je proto předpokládáno, že většina přijíždějících vozidel nejvyšší dovolenou rychlost dodržuje. Nicméně zde hraje velkou roli lidský faktor a může dojít k překračování nejvyšší dovolené rychlosti určitým procentem řidičů. Z tohoto důvodu je v těchto případech doporučeno podpořit postupné zpomalení vozidel pomocí vjezdových opatření. Na pravé straně stromu se nachází větev určená urychlujícímu prostorovému vedení komunikace, u kterého je předpokládáno časté překračování nejvyšší dovolené rychlosti, a tedy nutnost zpomalení vozidel pomocí doplňujících opatření. Pro tyto komunikace se doporučují účinnější a razantnější vjezdová opatření, která jsou ovšem zároveň finančně a realizačně náročnější.

Přesné zařazení pozemních komunikací do kategorie je možné určit na základě radarového měření rychlosti projíždějících vozidel na vjezdu do intravilánového úseku. Pokud však taková data nejsou dostupná a z jakéhokoliv důvodu je není možné získat, lze kategorii určit podle následujícího popisu jednotlivých kategorií. Zklidňující PK nutí řidiče k výraznému zpomalení rychlosti. K tomu může vést například výskyt směrových oblouků o malých poloměrech, případně výrazné zúžení komunikace. PK neovlivňující rychlost svým prostorovým vedením nenabádá řidiče k překračování nejvyšší dovolené rychlosti, ale zároveň je ani nenutí k výraznému zpomalení. Do této kategorie můžeme řadit například PK s výskytem oblouků o větších poloměrech. Urychlující charakter PK vede řidiče k překračování nejvyšší dovolené rychlosti. Typickým příkladem takového charakteru je dlouhý přímý úsek PK před daným vjezdem. Urychlující vliv může mít i výrazný podélný sklon PK.

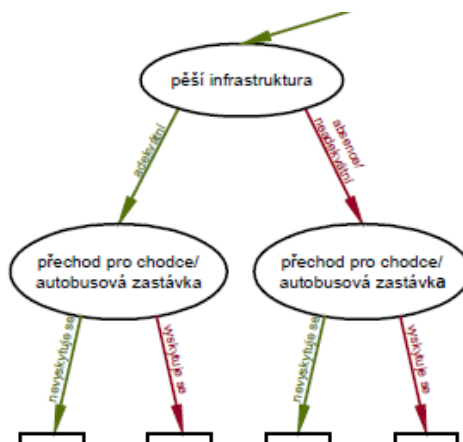
3.1.3 Charakter průtahu

Posledním faktorem ovlivňujícím rychlost motorových vozidel je charakter samotného průtahu. Tento faktor se větví do dalších třech podkategorií na základě toho, zda je charakter zklidňující, odpovídající či urychlující. Zklidňující charakter má PK na průtahu v případech, kdy je řidič nucen ke zpomalení rychlosti vozidla. K tomu může vést například přítomnost zklidňujících opatření jako je zúžení komunikace. V případech zklidňujícího charakteru se jedná o ideální situaci, která nevyžaduje žádná doplňující opatření. Odpovídající charakter znamená, že PK na průtahu odpovídá intravilánovému úseku, ale zároveň přímo neovlivňuje rychlost řidiče. Nevede ho prostorovým vedením ani k výrazné redukci rychlosti, ale ani k překračování nejvyšší dovolené rychlosti. V případě odpovídajícího charakteru mohou být doporučena zklidňující opatření zejména v případě výskytu rizikových úseků dále na průtahu. Typickým příkladem urychlujícího charakteru jsou velmi krátké průtahy obcí s přímým vedením PK, kde je možný průhled z jednoho začátku obce na druhý. Pokud řidič při vjezdu do obce dohlédne na její konec, často není ochoten kvůli takovému úseku zpomalit a projíždí tak intravilánovým úsekem stejnou rychlostí jako v extravilánu. Je-li charakter průtahu urychlující, je

doporučena realizace sanačního opatření v podobě realizace zklidňujících opatření dále na průtahu. Tato opatření zajistí, aby došlo ke snížení rizika překračování nejvyšší dovolené rychlosti v rámci celého průtahu. Konkrétní opatření v tomto případě nejsou blíže specifikována, jelikož nejsou předmětem rozhodovacího stromu.

3.2 Pravděpodobnost interakce mezi pěšími a motorovými účastníky provozu

Pro volbu zklidňujícího opatření je velmi důležitá i znalost výskytu a kvality pěší infrastruktury, přechodů pro chodce a autobusových zastávek. V rámci obce je vhodné provést BI PK se zaměřením zejména na pěší dopravu, která může objevit celou řadu dopravně-bezpečnostních deficitů. Přítomnost přechodů pro chodce a autobusových zastávek zvyšuje pravděpodobnost interakce mezi pěšími a motorovými vozidly. Jak je patrné z Obrázku 3, na následující úrovni rozhodovacího stromu jsou posuzovány faktory mající zásadní vliv na pravděpodobnost interakce mezi pěšími a motorovými účastníky provozu, kterými jsou provedení pěší infrastruktury a přítomnost autobusových zastávek či přechodů pro chodce.



Obr. 3: Detail rozhodovacího stromu – pravděpodobnost interakce mezi pěšími a motorovými účastníky provozu.

V rozhodovacím stromu je nejprve posouzeno provedení pěší infrastruktury na území intravilánového úseku. Jestliže se na průtahu nenachází adekvátní pěší infrastruktura, je jako součást finálního opatření doporučeno sanační opatření v podobě její realizace/nápravy. Pěší infrastruktura by měla být realizována ve všech souvisle zastavěných územích. Jelikož má adekvátní provedení pěší infrastruktury podstatný vliv na bezpečnost chodců, mělo by být toto sanační opatření realizováno s nejvyšší prioritou. Adekvátně provedená pěší infrastruktura nejen že zajistí chodcům prostor, kde se mohou bezpečně pohybovat, ale zároveň psychologicky vede řidiče motorových vozidel ke zpomalení.

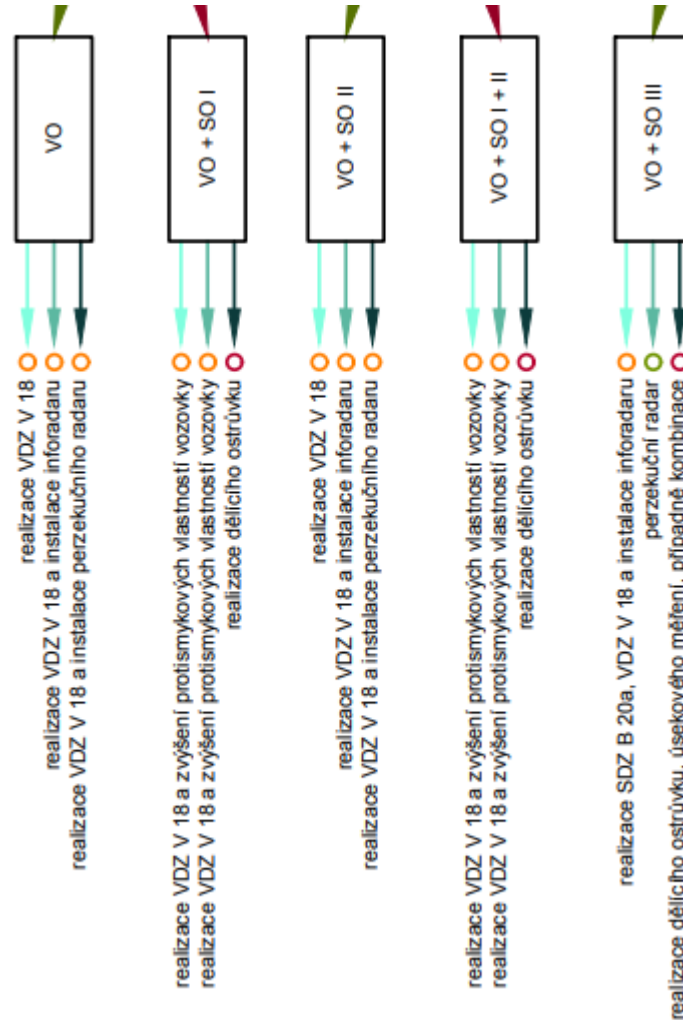
Druhý faktor v této části rozhodovacího stromu zohledňuje výskyt přechodů pro chodce a autobusových zastávek na průtahu. V případech, kdy se na průtahu vyskytují, je pravděpodobnost interakce mezi motorovými účastníky provozu a pěšími vyšší a je tedy žádoucí klást větší důraz na zpomalení projíždějících motorových vozidel pomocí účinnějších opatření. V těchto případech je jako součást finálních opatření navrženo sanační opatření v podobě realizace bezpečnostní inspekce PK. Jestliže jsou v rámci bezpečnostní inspekce identifikovány nedostatky týkající se autobusových zastávek a přechodů pro chodce, mělo by dojít k jejich neprodlené nápravě, aby bylo dosaženo adekvátní úrovně bezpečnosti. Pokud se přechody pro chodce nachází v blízkosti samotného vjezdu, je doporučena současně realizace úpravy protismykových vlastností povrchu vozovky.

3.3 Doporučené opatření

Tato část rozhodovacího stromu udává doporučení vhodných opatření na základě uvedených ovlivňujících faktorů. Nejsou navrhována pouze opatření z kategorie zklidňujících vjezdových opatření, kterými se tato práce zabývá, ale také doplňující sanační opatření, která jsou v určitých situacích účinnější. Jak je patrné z Obrázku 4, v grafu se vyskytují celkem 4 různá opatření: Vjezdová opatření (VO), Systematické opatření I (SO I), Systematické opatření II (SO II) a Systematické opatření III (SO III), avšak často dochází k jejich kombinaci, aby se docílilo dosažení adekvátní úrovně bezpečnosti.

Výsledná doporučená vjezdová opatření byla volena s přihlédnutím ke všem kombinacím uvedených faktorů ovlivňujících bezpečnost. Vjezdová opatření mohou být mírnějšího charakteru jako je zejména realizace SDZ či VDZ. V případě kombinací více rizikových faktorů však tato opatření nabývají formy vyžadující výrazné zpomalení vozidel pomocí fyzických a stavebně náročnějších opatření. První podkategorie sanačních opatření zahrnuje opatření v podobě realizace bezpečnostní inspekce PK, která by měla být realizována na průtazích, kde se vyskytují přechody pro chodce nebo autobusové zastávky. Druhé sanační opatření je navrhováno, pokud se na průtahu nenachází adekvátní pěší infrastruktura. Poslední sanační opatření je doporučení realizace zklidňujících opatření dále na průtahu. Toto sanační opatření se doporučuje v případě urychlujícího charakteru průtahu. Některé další příklady sanačních opatření jsou reprezentovány na Obrázku 4.

Při volbě opatření pro jednotlivé větve stromu bylo postupováno od krajních možností. V levých větvích stromu se nachází PK s parametry nevyžadující realizaci zklidňujících opatření. Ať už z důvodu adekvátní úrovně bezpečnosti provozu na PK či řešení pomocí jiných a vhodnějších sanačních opatření. V prostřední části stromu se nachází PK s parametry, u kterých je dostačující podpora zpomalení motorových vozidel pomocí mírnějších opatření jako je zejména realizace SDZ či VDZ. V pravé straně stromu se nachází nejrizikovější kombinace parametrů PK, které vyžadují výrazné zpomalení vozidel pomocí fyzických a stavebně náročnějších opatření.



Obr. 4: Detail rozhodovacího stromu – doporučené opatření.

V dolní části rozhodovacího stromu se nachází konkrétní opatření navrhované pro realizace za výše specifikovaných podmínek. Tato opatření jsou dělena do 3 kategorií dle náročnosti realizace tohoto opatření, viz Obrázek 5.

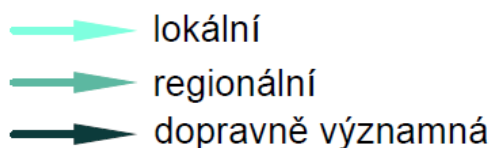
- jednoduché
- administrativní
- složité

Obr. 5: Náročnost realizace řešení.

3.4 Významnost komunikace

Posledním stanoveným kritériem při volbě adekvátního opatření pro zklidnění dopravy je dopravní význam komunikace. Na základě významnosti dané komunikace lze stanovit vhodnost konkrétních opatření. Pro lokální komunikaci s nižšími intenzitami provozu bude navržena realizace investičně i stavebně méně náročnějšího opatření. Pokud se naopak bude jednat o dopravně významnější komunikace s velkým podílem tranzitní dopravy, budou navrhovaná řešení investičně i realizačně náročnější. Dopravní význam PK není možné přesně určit pouze na základě denních intenzit. Intenzity, které odpovídají lokální komunikaci v jednom okrese, mohou v jiném okrese už představovat

význam okresní. Významnost je rozdělena do třech podkategorií, kde v závorce je pro lepší orientaci uvedena přibližná maximální hodnota RPDI (roční průměr denních intenzit), na PK lokálního významu (3 000 voz/den), okresního významu (7 000 voz/den) a komunikace dopravně významné. Mezi dopravně významné komunikace jsou řazeny všechny komunikace I. třídy a silnice II. třídy s vyššími intenzitami provozu. Významnost komunikace je znázorněna v rozhodovacím stromě pomocí barevných šipek, viz. Obrázek 6.



Obr. 6: Dopravní význam komunikace.

4 DISKUZE

Na základě sestavené metodiky by bylo vhodné realizovat větší množství statistického zaznamenávání rychlostí vozidel vjíždějící do obcí, kde se nachází kombinace řešení odpovídající výsledkům vytvořeného rozhodovacího stromu. Výsledný rozhodovací strom vychází pouze z měření rychlosti na pozemních komunikacích I. třídy v rámci Středočeského kraje. Z tohoto důvodu by byla vhodná komparace výsledků i s jinak významnými komunikacemi, a to v ideálním případě po celé České republice, aby byla zahrnuta veškerá potenciální místní specifika. Rovněž je v plánu rozšíření vědeckého projektu o analýzu efektu nově realizovaného zklidnění dopravy. Získaná data o vjezdových rychlostech před aplikací navrhovaných opatření pro zklidnění dopravy a po jejich realizaci by mohla vést k zjištění efektivnosti jednotlivých opatření vůči jiným nebo jejich ekonomické náročnosti. Při získávání těchto dat by bylo však nutné stanovit adekvátní časovou prodlevu mezi měřeními, protože nově vzniklé opatření může mít pouze vliv, který se v průběhu dnů či měsíců může vytrácet. Toto případné postupné snižování efektu zklidňujícího opatření, by mohlo být jedním z dalších cílů rozvinutí problematiky zklidňování dopravy.

5 ZÁVĚR

V současné době je kladen velký důraz na bezpečnost dopravy, protože statistiky dopravní nehodovosti jsou stále alarmující. Nejzranitelnějšími účastníky dopravního provozu na pozemních komunikacích jsou chodci a cyklisté, proto je nezbytné na tuto skupinu klást zvýšený důraz. [13] Cyklisté a chodci dohromady za rok 2019 tvořily téměř jednu čtvrtinu z celkového počtu usmrčených osob při dopravních nehodách v České republice. Přitom byli účastníky pouze necelých 7 % všech dopravních nehod. [10] V rámci odborného projektu bylo cíleno na výběr adekvátní úpravy komunikace, aby splňovala zejména prvek samovysvětlitelnosti, ale i odpustitelnosti. Návrhy úprav komunikace se vztahovaly zejména k začátku obcí. Toto vymezení bylo provedeno z důvodu, že vjezd do obce je jedno z nejvíce kritických míst, kde řidiči opakovaně nedodržují nejvyšší povolenou rychlost. [14] Dodržování nejvyšší povolené rychlosti je zásadní v rámci prevence vzniku dopravních nehod, resp. při snaze o docílení co nejméně závažných důsledků dopravních nehod. [4]

Výsledkem projektu je vytvořený nástroj pro výběr vhodného vjezdového opatření. Motivací pro tvorbu takového nástroje byla skutečnost, že v současné době neexistuje žádný nástroj, který by při posuzování přechodů mezi extravilánovým a intravilánovým úsekem sloužil řešitelskému týmu jako pomůcka při volbě vhodného opatření. Hlavním pilířem pro vytvoření nástroje bylo stanovení faktorů ovlivňující rychlost vozidla na vjezdu do obce, ale i v ní. Byly definovány tři hlavní faktory ovlivňující rychlost vozidla: ráz přílehlého okolí PK, prostorové vedení PK v extravilánovém úseku před obcí a charakter průtahu. Tyto faktory mohou negativně přispívat k nedodržování nejvyšší povolené rychlosti, ale mohou mít i pozitivní vliv. Velmi důležitým aspektem při volbě adekvátních opatření pro zvýšení bezpečnosti na průtazích silnic obcemi je znalost současného stavu infrastruktury. Konkrétně se jedná o výskyt a kvalitu provedení pěší infrastruktury včetně přechodů pro chodce, autobusových zastávek nebo také znalost již použitých opatření pro zklidnění dopravy. V neposlední řadě je žádoucí nezanedbat vliv významnosti komunikace. Významnost komunikace hraje také vliv na výběr konkrétního opatření s ohledem na ekonomickou náročnost daného opatření.

Vytvořený nástroj je založen na mechanismu rozhodovacího stromu, a to především pro jeho výhody jako je přehlednost a snadná interpretace. Tento rozhodovací strom byl sestaven na základě výše zmíněných faktorů ovlivňující bezpečnost dopravy v rámci průtahu silnic obcemi. Limitem rozhodovacího stromu je určitá míra subjektivity při rozhodování o faktorech ovlivňující výběr konkrétních opatření. Míra subjektivity by šla snížit například vytvořením matematického vzorce na základě přesných číselných hodnot parametrů komunikace. Avšak matematický model by měl za následek zhoršení jednoduchosti a časové náročnosti při práci s rozhodovacím stromem. Přínosem využívání nástroje pro výběr vhodného vjezdového opatření není pouze snaha zjednodušit práci při výběru opatření pro zklidnění dopravy, ale i docílení jednotného přístupu při řešení dané problematiky. Vytvořený rozhodovací nástroj byl úspěšně využit v rámci návrhu a následně realizace vjezdových opatření na průtazích silnic I. třídy na území Středočeského kraje.

Literatura

- [1] STRAKA, J.; PELEŠKOVÁ, J.: *Ročenka Nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice v roce 2021*. Ředitelství služby dopravní policie Policejního prezidia České republiky.
- [2] Staff Working Paper, *EU Road Safety Policy Framework 2021-2030 – Next steps towards “Vision Zero”* [online] 2020 [cit. 17.4.2023]. Dostupné z WWW: <https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2021-0211_EN.html>
- [3] Ministerstvo dopravy, *Oddělení BESIP: Strategie BESIP 2021-2030*. [online] 2020 [cit. 17.4.2023]. Dostupné z WWW: <<https://besip.cz/Besip/media/Besip/data/web/Strategie-BESIP-2021-2030.pdf>>
- [4] HUGH, B.: *Research: Risk of death for pedestrians, cyclists increases dramatically as motor vehicle speed increases 20-40 mph*, 2020 [online] Dostupné z WWW: <<https://mobikefed.org/2020/10/research-risk-death-pedestrians-cyclists-increases-dramatically-motor-vehicle-speed>>
- [5] TP 132. *Zásady návrhu dopravního zklidňování na místních komunikacích*, Ministerstvo dopravy, 2000.
- [6] STRÁNSKÁ, M. *Principy návrhu zklidňujících opatření ve vztahu k charakteru pozemní komunikace* [online]. Praha, 2021 [cit. 17.4.2023]. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní. Ing. Bc Karel Kocián, Ph.D., Ing. Tomáš Kohout.
- [7] ELVIK R.; VAA T.: *The Handbook of Road Safety Measures*. Elsevier. 2004. ISBN 0–08–044091–6.
- [8] TP 145. *Zásady pro navrhování úprav průtahů silnicí obcemi*. Ministerstvo dopravy, 2001.
- [9] ČSN 73 6110 – *Projektování místních komunikací*, Praha, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2006.
- [10] STRAKA, J.; PELEŠKOVÁ, J.: *Ročenka Nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice v roce 2019*. Ředitelství služby dopravní policie Policejního prezidia České republiky.
- [11] VAITKUS, A.; ČYGAS, D.; JASIUNIENE, V.; JATEKIENE, L.; ANDRIEJAUSKAS, T.; SKRODENIS, D.; RATKEVIČIUTE, K.; *Traffic calming measures: An evaluation of the effect on driving speed*. 2017, 1-10. ISSN 03535320. Dostupné z: doi:10.7307/ptt.v29i3.2265
- [12] SOLOWCZUK, A.; KACPRZAK, D.: *Synergy effect of factors characterising village transition zones on speed reduction*. 2021, 1-22. ISSN 19961073. Dostupné z: doi:10.3390/en14248474
- [13] Centrum dopravního výzkumu. *Fatální nehody chodců a cyklistů klesají v EU velmi pozvolně* [online]. 2020 [cit. 17.4.2023]. Dostupné z WWW: <<https://www.cdv.cz/file/tz-fatalni-nehody-chodcu-a-cyklistu-klesaji-v-eu-velmi-pozvolne/>>
- [14] Síť – Optimalizace úrovně BESIP v místě vjezdu do intravilánu na silnicích I. třídy č. 4, 6J, 6H, 7, 16, 16H, 18, 18H, 19, 27, 61 a 66 na území Středočeského kraje. Praha, 2021.

Recenzoval

Michal Belák, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, odborný asistent, Purkyňova 464/118 Brno, +420 541 148 913, michal.belak@vut.cz

MĚŘENÍ ÚROVNĚ OXIDACE PNEUMATIKY VE VZTAHU K JEJÍMU STÁŘÍ

MEASURING THE OXIDATION LEVEL OF A TYRE IN RELATION TO ITS AGE

Ing. David Jelínek¹

Abstrakt

Tento článek pojednává o možnosti určení míry oxidace v závislosti na stáří pneumatiky. V úvodu je definován rozdíl mezi časovým a provozním stářím pneumatiky, jelikož k oxidaci pryžového materiálu pneumatiky dochází až na počátku jejího provozního stáří. Dále je popsán princip oxidace a jaké okolní podmínky mají na průběh oxidace vliv. Jako hlavní vliv pak lze jmenovat vliv teploty, což se využívá při procesu urychleného umělého stárnutí materiálu. Důležitost zkoumání vlivu stáří pneumatiky je pak vysvětlena na změnách mechanických vlastnostech zoxidované pryže. Dále je v textu popsána metoda chemické analýzy FTIR, která je založena na principu infračervené spektroskopie. Zapomocí této metody a vyhodnocení výsledků pomocí metody analýzy hlavních komponent byly určeny absorpční pásy, které se typicky vyskytují u zoxidované pryže. Závěrem byla zkoumána závislost míry oxidace na provozním i časovém stáří pneumatiky. Výsledný základ databáze bude dále v rámci výzkumné činnosti autora tohoto článku rozšířen a zpřesněn tak, aby bylo možné následně databázi využít pro vytvoření vhodné a dostupné metodiky pro znaleckou činnost v ČR.

Abstract

This article describes the possibility of measuring the oxidation rate depending on the age of the tyre. In the introduction, the difference between the time and service age of a tyre is defined, since the oxidation of the rubber material of a tyre occurs at the beginning of its service age. The principle of oxidation and the environmental conditions that influence the oxidation process are then described. Temperature is the main influence, which is used, for example, in the process of accelerated artificial ageing of rubber material. The importance of investigating the effect of tyre age is then explained by the changes in the mechanical properties of the oxidised rubber. Furthermore, the FTIR chemical analysis method, which is based on the principle of infrared spectroscopy, is described. Using this method and the evaluation of the results by principal component analysis, the absorption bands typically found in oxidised rubber have been identified. Finally, the dependence of the oxidation rate on the service and time age of the tyre was analysed. The resulting database base will be further expanded and clarified within the research activities of the author of this paper so that the database can be subsequently used to create a suitable and accessible methodology for expert activity in the Czech Republic.

Klíčová slova

Stárnutí pryže, oxidace, FTIR analýza, pneumatiky, PCA analýza, materiálové vlastnosti

Keywords

Rubber ageing, oxidation, FTIR analysis, tyre, PCA analysis, rubber material properties

1 ÚVOD

Pneumatiky, jakožto prvek vozidla, zajišťují při standartním pohybu vozidla interakci systému vozidlo-vozovka a přenáší síly a energii. Interakce systému vozidlo-vozovka je obousměrná. Vozovka skrze pneumatiky na vozidlo přenáší energii např. ve formě vibrací způsobených přejetím nerovností, zatímco pneumatika zprostředkovává přenos sil potřebných pro pohyb vozidla, například sílu hnací, brzdou, nebo boční při zatáčení. Schopnost pneumatik přenášet tyto síly je závislá na jejich stavu.

Faktory, které mají vliv na stav pneumatiky uvedl např. ve své knize Vlk [1]. Mezi tyto faktory lze zařadit mechanické opotřebení, chemickou degradaci způsobenou činností a stárnutím pryžového materiálu. Ačkoliv v reálném provozu působí kombinace těchto faktorů, je pro řádné pochopení a možnost kvantifikace nutné tyto faktory rozdělit a zkoumat zvlášť.

Výrobci pneumatik uvádějí, že časová životnost pneumatiky je určena hranicí 5 až 6 let provozu. Není však výjimkou, že se v provozu na pozemních komunikacích vyskytují vozidla s pneumatikami staršími. Takto staré pneumatiky nemusí nutně porušovat doporučení, jelikož výrobci dále uvádějí, že při správném skladování nových (nepoužitých) pneumatik nedochází k procesu stárnutí, a tedy je možné předpokládat, že 5 let staré pneumatiky, které

¹ David Jelínek, Ing., Ústav soudního inženýrství VUT v Brně, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno – Královo Pole, david.jelinek@vut.cz

doposud nebyly v provozu, budou mít stejné vlastnosti, jako pneumatiky nové. Tato skutečnost, spolu se skutečností, že proces stárnutí může být ovlivněn provozem či skladováním, stěžují jednoznačnou identifikaci stáří pneumatiky, a tedy i doporučenou hranici, po kterou by mohla být v provozu. Je tedy nutné rozlišovat stáří pneumatiky, jako dobu od její výroby (zjistitelné z DOT kódu) a provozní stáří pneumatiky, jako dobu od prvotního využití pneumatiky. Proto tento článek pojednává o jedné z možností, jak je možné změřit a vyhodnotit míru oxidace pneumatiky za předpokladu, že její skutečné stáří je obdobné stáří provoznímu.

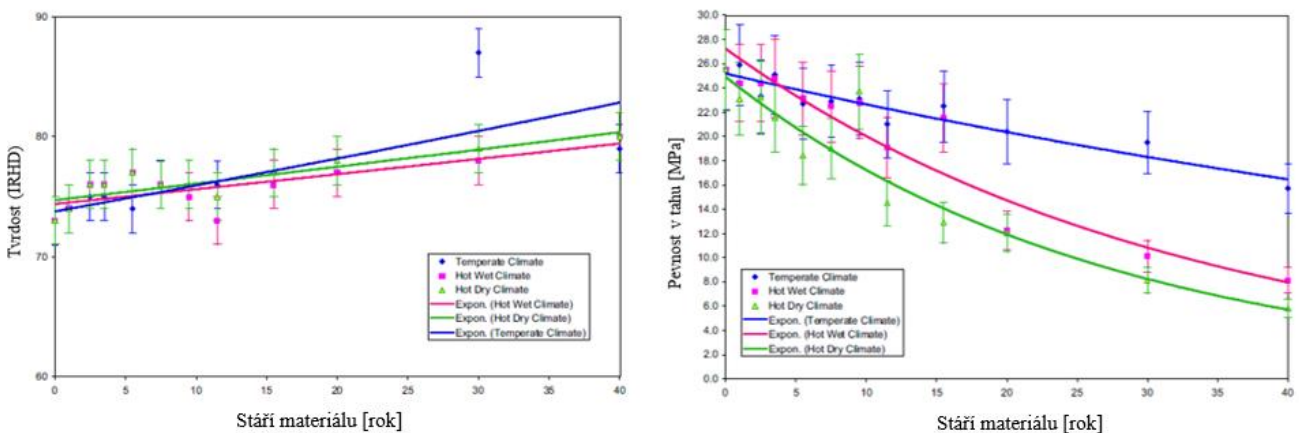
2 SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

2.1 Princip stárnutí pryžového materiálu

Stárnutí neboli zteření materiálu pneumatiky je proces založen na principu oxidace, kdy dochází k narušování polymerního řetězce a následnému navázání atomů kyslíku na volné chemické vazby. Tento děj je nevratný a přirozený, tedy podléhá mu všechny pryžové komponenty, pneumatiky nevyjímaje. Průběh oxidace je ovlivňován třemi faktory – množstvím kyslíku, nebo agresivnějšího ozonu působícího na povrch pneumatiky, působení UV záření a okolní teplota. Jako zásadní je považován vliv teploty, jak uvedli Brown a kol. ve své publikaci [2]. Tohoto zjištění se využívá při aplikaci urychleného stárnutí pryže, kdy je dle Bauera a kol. [3] možné vystárnout pneumatiku na úroveň 6letého provozního stáří pneumatiky používané ve Phoenixu již za 7-10 týdnů. S ohledem na výše uvedené skutečnosti je patrné, že průběh oxidace materiálu pneumatik bude rozdílný i pro podnebné pásy, ve kterých probíhá jejich provoz.

2.2 Změny mechanických vlastností

Narušení polymerního řetězce pryžového materiálu pneumatiky kyslíkem vede ke změně mechanických vlastností materiálu. Autoři Brown a Butler [4] zkoumali změnu materiálových vlastností uskladněných pneumatik po dobu 40let. Na obr. 1 jsou z této publikace uvedeny grafy změn vybraných materiálových vlastností. Tato změna mechanických vlastností pak může mít za následek odlišné charakteristické vlastnosti pneumatik, tedy lze předpokládat, že bude ovlivněn i přenos sil a energií v soustavě vozidlo-vozovka. Do jaké míry jsou ovlivněny jízdní vlastnosti vozidla v závislosti na provozním stáří pneumatiky, tedy na změnách mechanických vlastností nebylo doposud veřejně publikováno.



Obr. 1: Změny vybraných materiálových vlastností pneumatik v průběhu 40 let [4] - editováno

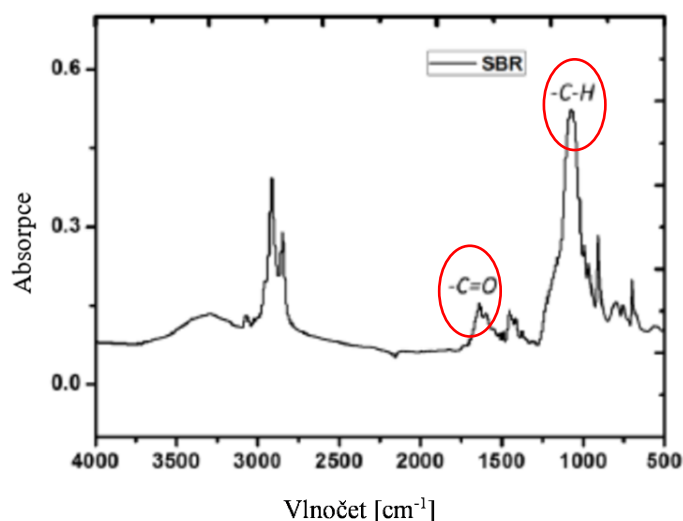
3 METODA MĚŘENÍ A INTERPRETACE VÝSLEDKŮ

3.1 Chemická analýza FTIR

Pro možnost zhodnocení míry oxidace pryžového materiálu pneumatiky byla zvolena chemická analýza metodou FTIR. Ta oproti analýzám materiálových vlastností využívá pouze malý vzorek (řádově jednotky mm), čímž nedojde k znehodnocení pneumatiky a ani nebude výrazně narušena její životnost. Tímto způsobem je tedy možné zajistit dostatečné množství vzorků bez výrazné ekonomické, či ekologické zátěže výzkumu.

Metoda FTIR je založena na principu infračervené spektroskopie, která je určena pro identifikaci a strukturální charakterizaci organických sloučenin a identifikaci anorganických látek. Při měření dochází k absorpci infračerveného záření o různých vlnových délkách při průchodu materiálem, při níž dochází ke změnám rotačně vibračních energetických stavů molekuly v závislosti na změnách dipólového momentu molekuly. Analytickým výstupem této metody je závislost absorpce na vlnočetě neboli převrácené hodnotě vlnové délky. Jednotlivé absorpční pásy pro různé hodnoty vlnočetě jsou specifické pro dané typy molekul, respektive vazeb v molekulách. [5],[6] Na obr. 2 je pro ilustraci znázorněn výstup FTIR

analýzy pryžového materiálu. V průběhu oxidace, jak již bylo uvedeno v kap. 2.1 tohoto článku, dochází k narušení polymerního řetězce a navázání atomu kyslíku. Tato změna je reprezentována nahrazením části řetězce $-C=C$ částí řetězce $-C=O$ a současně dochází i k eliminaci vazeb $-C-H$. Na obrázku níže jsou pak vyznačeny absorpční pásy, specifické právě pro změny vyvolané oxidací částí polymerního řetězce. Relativní stupeň oxidace se pak vypočítá, jako poměr hodnot absorpce pro absorpční pás $-C=O$ a $-C-H$. [7]



Obr. 2: Ilustrační graf FTIR analýzy [7] – editováno

Pro měření FTIR analýzy bylo využito zařízení iS50 FTIR spectrometer od firmy Thermo Fischer Scientific. Všechna měření byla provedena z povrchu měřeného vzorku při pokojové teplotě s využitím zabudovaného diamantového krystalu s jednou reflexí se zeslabenou odrazivostí (ATR). Měření bylo provedeno celkově na 30 vzorcích o velikosti cca 5x5x2 mm odebraných z povrchů celkem 10 letních pneumatik různého časového stáří, které by mělo v rámci jednoho roku odpovídat i stáří provoznímu, a výrobce, přičemž byly tyto vzorky testovány jak ze strany vnější (povrch pneumatiky), tak ze strany vnitřní. Soupis jednotlivých pneumatik je uveden níže v tab. 1. Výsledné závislosti absorpce na vlnočtu pak byly pro každou pneumatiku (ze 3 vzorků) zprůměrovány tak, aby bylo možné vyhodnotit stupeň oxidace pro jednotlivé pneumatiky.

Tab. 1: Zkoumaný vzorek pneumatik

Pořadové číslo	Výrobce	Typ	Index	DOT
1	Dunlop	Sport Maxx RT	225/50 R17 94Y	0515
2	Dunlop	Sport Maxx RT2*MO	245/45 R18 100Y	1818
3	Pirelli	Scorpion	225/55 R18 98H	4520
4	Pirelli	Cinturato P7	205/55 R16 91V	1218
5	Barum	Brillantis 2	195/65 R15 91H	4415
6	Continental	Premium Contact 6	235/55 R18 100V	0621
7	Dunlop	SP Sport Fastresponse	225/45 R17 91W	3013
8	Michelin	Pilosport4	225/45 R17 91Y	2519
9	Continental	Premium Contact 6	235/45 R18 98Y	0922
10	Semperit	Speed-life	195/60 R15 88V	0418

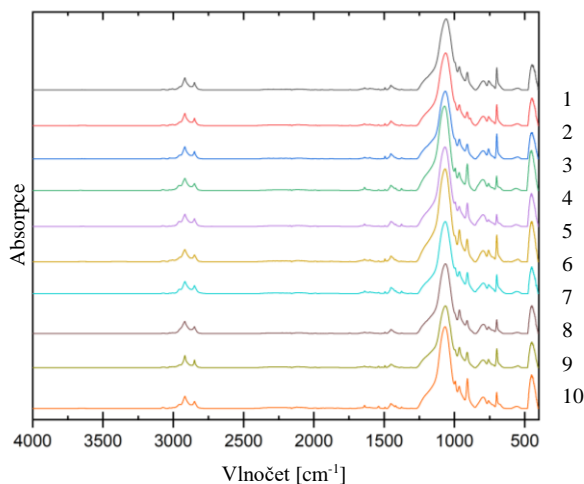
3.2 Analýza hlavních komponent

Výsledky celospektrální analýzy byly porovnány za pomoci analýzy hlavních komponent (PCA) s využitím standartního vícerozměrného principu. K tomuto vyhodnocení byl využit program napsaný v softwaru MATLAB od firmy MathWorks a který vzniknul na České akademii věd, na Ústavu vědeckých přístrojů.

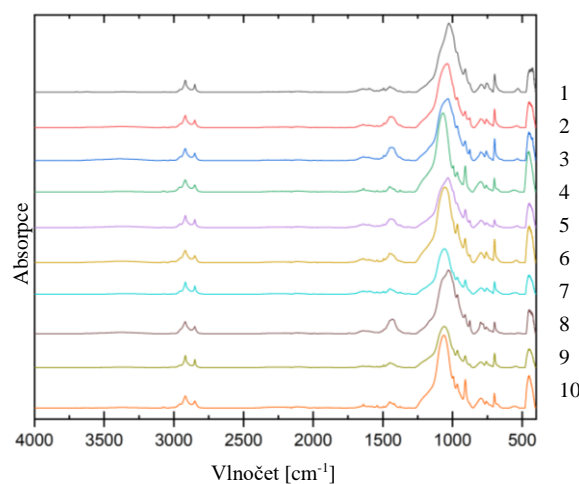
3.3 Interpretace výsledků

3.3.1 Výsledky FTIR analýzy

Z porovnání, viz obr. 3 a obr. 4, FTIR analýz provedených na vzorcích z vnitřní strany a vnější strany nejsou zcela jednoznačně patrné změny v chemickém složení pryžového materiálu. Lze předpokládat, že změny v absorpčních pásech by měli odpovídat především změnám způsobeným oxidací materiálu, jelikož vnější vrstva byla v kontaktu s atmosférickým kyslíkem. Pro možnost lepší rozlišitelnosti byly výsledky jednotlivých měření zpracovány pomocí metody PCA.



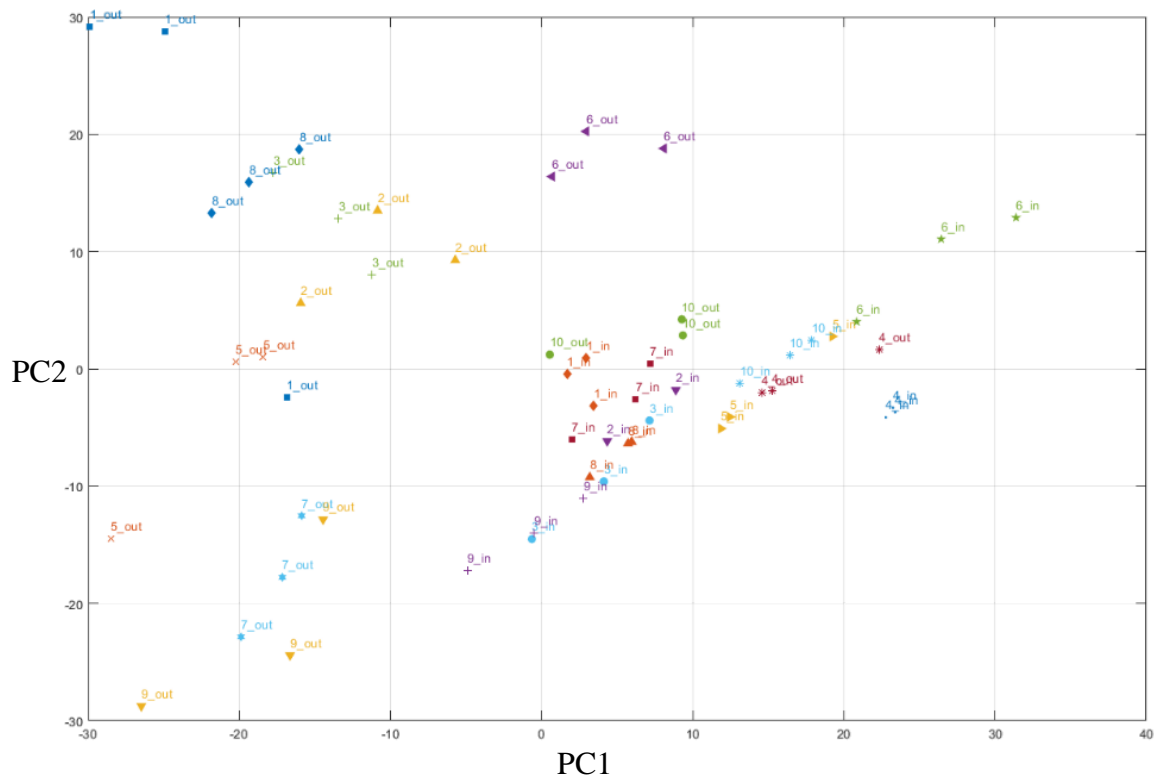
Obr. 3: Výsledky FTIR analýzy vnitřní strany vzorků



Obr. 4: Porovnání FTIR analýzy vnější strany vzorků

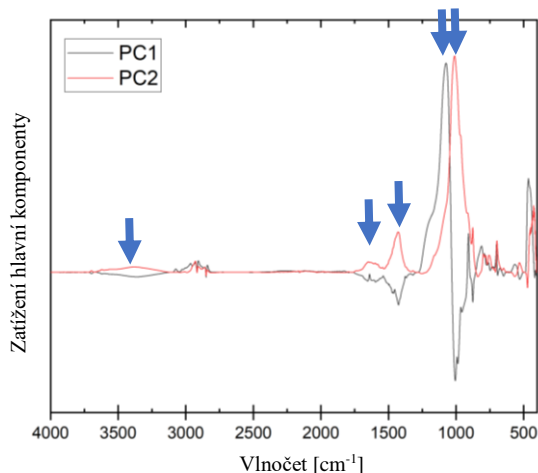
3.3.2 Výsledky PCA analýzy

Při aplikaci analýzy PCA je soubor původních proměnných (závislost absorpce na vlnočtu) přerazen do nového souboru proměnných (hlavní komponenty), který je vypočten jako specifická lineární kombinace původních proměnných se stejným celkovým rozptylem, ale s různým rozložením informací mezi těmito proměnnými. Zobrazení výsledků PCA pro dvě hlavní komponenty, které pokrývají nejvyšší relativní rozptyl (PC1 a PC2), je uvedeno na obr. 5 (s označením IN vnitřní a OUT vnější strany vzorku).



Obr. 5: Výsledky PCA pro dvě hlavní komponenty

Z vykreslení PCA je zřetelné, že hlavní komponenta PC1 lépe vyznačuje rozdíly mezi vnitřní a vnější vrstvou vzorku, jelikož hodnoty hlavní komponenty PC1 jsou pro všechny vzorky pneumatiky nižší pro vnější stranu vzorku než pro vnitřní. Lze tedy předpokládat, že tato hlavní komponenta bude obsahovat informaci o změně polymerního řetězce ke které došlo vlivem oxidace materiálu. Hlavní komponenta PC2 pak dostatečně nereflektuje závislost její změny na straně vzorku, na které byla analýza FTIR provedena. Pro možnost identifikace absorpčních pásem, jejichž původní data jsou obsažena v jednotlivých hlavních komponentách, bylo vykresleno spektrální zatížení hlavních komponent. Toto spektrální zatížení je uvedeno na obr. 6.

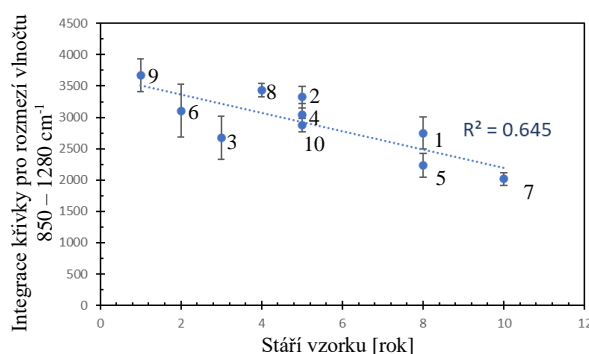


Obr. 6: Spektrální zatížení hlavních komponent PC1 a PC2

Z grafu spektrálního zatížení hlavních komponent jsou patrné absorpční pásy s vysokou mírou zatížení pro hlavní komponentu PC1. Pro další vyhodnocení výsledků tedy budou využity oblasti označeny šipkami v obr. 6. Při srovnání grafu spektrálního zatížení hlavních komponent, uvedeném na obr. 6, s grafem, jenž uvedl Guo, viz obr. 2, je zřejmé, že oblast, která zhodnocuje oxidaci pryžového materiálu se vyskytuje v oblasti pro vlnové 850-1750 cm^{-1} .

3.3.3 Zhodnocení míry oxidace ve vztahu k časovému stáří

Pro zhodnocení míry oxidace bylo provedeno vyhodnocení poměrů absorpcí pro absorpční pásy specifické výskytem kyslíku v polymerním řetězci. Toto zhodnocení však nevykazovalo relevantní výsledky. Jako nejrelevantnější výsledek s konečným rozptylem 0,645 (směrodatnou odchylkou 0,8) vycházela integrace pod křivkou v rozmezí hodnot vlnové od 850 cm^{-1} do 1280 cm^{-1} . Tento způsob vyhodnocení je založen na skutečnosti, že ve zmíněném rozmezí by měl být identifikován metodou FTIR výskyt vazeb -C-H, které jsou v průběhu oxidace eliminovány, a současně se tato oblast absorpčního pásu vykazuje vysokou mírou zatížení pro hlavní komponentu PC1. Toto vyhodnocení pak nejvíce odpovídá hypotéze, že časové a provozní stáří pneumatiky je shodné, tedy že pneumatiky byly uvedeny do provozu ve stejný rok, jako je jejich rok výroby.



Obr. 7: Hodnoty stupně oxidace v závislosti na časovém stáří vzorku

4 ZÁVĚR

V rámci specifického výzkumu autora tohoto článku byla provedena chemická analýza vzorků pneumatik za účelem určení míry oxidace jejich pryžového materiálu. Celkem 30 vzorků bylo odebráno z povrchu deseti pneumatik různého typu, od různých výrobců, a především pak s různým časovým stářím, které by mělo, v rámci jednoho roku, odpovídat i stáří provoznímu. Při provedení chemické analýzy FTIR na dvou stranách odebraného vzorku, přičemž jedna strana byla vystavena procesu oxidace, nebylo možné určit jednoznačnou změnu v chemickém složení polymerního řetězce pneumatik. Proto byla provedena analýza metodou PCA, na základě, které byly určeny absorpční pásy, které

vykazovaly vysokou míru zatížení hlavní komponenty, tedy jsou pro zkoumané vzorky ve vztahu ke stáří pneumatiky nejvíce rozdílné.

Jako nejrelevantnějším výsledkem se jevila integrace křivky absorpce na vlnočtu pro hodnoty v rozsahu od 850 do 1280 cm^{-1} , které jsou typické pro výskyt -C-H vazeb. Tyto vazby v průběhu oxidace ubývají, obdobně, jako vazby -C=C. Ačkoliv byla vyvinuta snaha o eliminaci zkreslení výstupních dat tím, že byly využity vzorky pneumatik, u kterých byla známa jejich historie, alespoň doté míry, že jejich časové a provozní stáří je stejné, nebylo možné eliminovat zkreslení vlivem různého skladování pneumatik a odolnosti vůči oxidaci způsobenou rozdílnými směsí využívající různé výrobci pneumatik.

Aplikováním výše popsané metody bude dále rozšířena databáze pro zhodnocení stupně oxidace v závislosti na časovém a provozním stáří pneumatiky. Rozšířením této databáze bude možné eliminovat nežádoucí vlivy, jako například způsob provozu pneumatik, které výrazně ovlivňují relevantnost výsledků. Vzniklá a odzkoušená databáze pak bude sloužit jako podklad pro další výzkumnou činnost autora. Mezi kladené cíle patří vyvinutí metodiky dostupné pro znaleckou činnost v ČR a dále pro možnost realizace umělého urychleného stárnutí pneumatik a vyhodnocení vlivu provozního stáří pneumatik na jízdní vlastnosti vozidel.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl v rámci projektu Specifického VŠ výzkumu s názvem „Zhodnocení stavu oxidace pryžového materiálu pneumatik ve vztahu k jejich DOT kódu“ (No. ÚSI-J-23-8293) a řešeném na Ústavu soudního inženýrství VUT v Brně.

Literatura

- [1] VLK, F. *Podvozky motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství prof. Ing. František Vlk, Dr.Sc., 2006. ISBN 80-239-6464-X
- [2] BROWN, R.P., M.J. FORREST a G. SOULAGNET. *Long-Term and Accelerated Aeging Tests on Rubbers*. Rapra Technology Limited, 2000. ISBN 1-85957-185-9.
- [3] BAUER, David R. a Kevin R. ELLWOOD, BALDWIN, John M., ed. *Rubber aging in tires. Part 2: Accelerated oven aging tests*. In: CELINA, Mathew. *Polymer Degradation and Stability*. 92. USA, 2007, s. 110-117. ISSN 0141-3910. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2006.08.014>
- [4] BROWN, R.P. a T. BUTLER. *Natural Aeging of Rubber: Changes in Physical Properties Over 40 Years*. United Kingdom: Rapra Technology Limited, 2000. ISBN 1-85957-209-X.
- [5] MARCO, Y., S. COLLOCH, P. Y. LE GAC a N. AIT HOCINE, LE SAUX, V., ed. *Accelerated ageing of polychloroprene for marine applications*. In: HEINRICH et al. *Constitutive Models for Rubber VI*. London, UK: Taylor & Francis Group, 2010, s. 3-8. ISBN 978-0-415-56327-7. Dostupné z: doi: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/vutbrno/detail.action?docID=565911>
- [6] PREŠEROVÁ, J. *Infračervená a Ramanova spektroskopie v analýze biologicky aktivních látek v potravinách*. Olomouc, 2014. Disertační práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce Petr Barták.
- [7] GUO, Xufeng. *Evaluating the thermal-mechanical coupling effect on rubber aging: A Combined experimental and modeling approach*. Akron, USA, 2020. Diplomová práce. The Graduate Faculty of The University of Akron. Vedoucí práce Yalin Dong.

Recenzoval

Ing. et Ing. Bc. Martin Bilík, Ph.D., Ústav soudního inženýrství VUT v Brně, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno – Královo Pole, odborný asistent, +420 541 148 908, martin.bilik@vut.cz

PŘÍSTUP K DETEKCÍM ÚTOKŮ NA SYSTÉM TACHOGRAFU

APPROACH TO TACHOGRAPH SYSTEM ATTACKS

Ondřej Koutník¹

Abstrakt

Tachograf je elektronické záznamové zařízení, které je zavedené a částečně i specifikované nařízením Evropské unie. I přes nastavené bezpečnostní a provozní mechanismy dochází u digitálních tachografů 1. generace k nelegálním zásahům do funkcí systému, a to s cílem ovlivnit činnost tachografu ve prospěch řidiče (prodloužení stanovených zákonných limitů pro dobu řízení bez provedení záznamu, což pro dopravce znamená lepší finanční parametry provozu, případně i širší organizační možnosti přeprav). Manipulovány bývají vstupy do tachografu, a to jednak vstupy ze snímače pohybu vozidla, a jednak vstupy z CAN sběrnice, na kterou je tachograf připojený. Článek se zaměřuje na obecné postupy využitelné pro znalecké zkoumání za účelem odhalení neoprávněného zásahu do činnosti systému tachografu.

Abstract

Tachograph is an electronic recording device, which is set and partly specified by Regulation of European Union. Despite security and operational mechanisms, there are illegal attacks in functions of digital tachograph systems of first generation with the purpose of affecting tachograph in favour of driver (prolonging driving time limits set by law without being recorded, which imply better financial parameters of business, or improved scope in transport organisation). There are manipulations in a level of inputs to tachograph both in a motion sensor and CAN communication where the tachograph is connected. The article is focused on general approach usable in forensic investigation related to detections of tachograph attacks.

Klíčová slova

CAN sběrnice; doba řízení; tachograf; nákladní vozidla;

Keywords

CAN bus; driving time; tachograph; trucks

1 ÚVOD

Dodržování dob řízení, přestávek a odpočinku přímo souvisí s mírou únavy řidiče a tato pak má klíčový vliv na bezpečnost provozu v silniční nákladní dopravě. Z tohoto důvodu je problematika přestávek a odpočinku řešena na úrovni jak tuzemských, tak i evropských právních předpisů. Pro zajištění kontrolovatelnosti dodržování těchto předpisů jsou řadu let ve vozidlech instalovány záznamová zařízení, tzv. tachografy (Obr. 1), které slouží pro sledování časových úseků řízení, přestávek a odpočinku řidiče. Záznam z tohoto zařízení pak slouží jako podklad při silniční kontrole. Podle způsobu záznamu informací rozlišujeme tachografy analogové a digitální. Z hlediska vývoje se digitální tachografy dělí na 1. a 2. generaci. Druhá generace dále rozlišuje první a druhou verzi. Běžně se 2. generace v praxi označuje jako „inteligentní“ nebo „smart“ tachograf. V provozu jsou dnes používány obě generace digitálních tachografů. V mezinárodní dopravě jsou však již známy termíny, kdy bude povinné mít instalovaný výhradně tachograf 2. generace 2. verze.

¹ Ondřej Koutník, Ing., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464, 612 00 Brno, 233823@vutbr.cz



Obr. 1: Vozidlová jednotka tachografu Stoneridge, šipkami jsou znázorněny otvory pro demontáž [1]

Ve vozidlech pro vnitrostátní dopravu se však stále budou používat tachografy 1. generace, s menší mírou zabezpečení proti manipulaci. V praxi pak dochází k nelegálním úpravám těchto systémů, které mají za cíl umožnit řidiči řídit po delší časový interval, než je povoleno, a díky manipulaci je doba řízení zaznamenávána, jako interval, kdy řidič čerpal odpočinek. Tachografy 1. generace získávají informaci o pohybu ze dvou zdrojů, ze snímače o pohybu vozidla a z CAN sběrnice vozidla (existují však i výjimky). Tato sběrnice je pak jedním z cílů nelegálních úprav, jejichž odhalení vyžaduje vyšší nároky na techniku a čas a další zdroje. Autor se tak dále v textu zaměřuje přístupy v oblasti detekcí s digitálním tachografem 1. generace.

2 OBECNÝ PRINCIP ÚTOKU

Za účelem zjištění vhodných postupů pro znalecké zkoumání autor analyzoval v obecné rovině proces útoku na technické systémy v oblasti vestavěných systémů. V tomto procesu útoku lze identifikovat etapy představující vývoj manipulace na systém tachografu. Ty se mohou lišit v závislosti na některých parametrech, např. na konkrétním útoku, subjektu vyvíjející manipulaci a dalších. Identifikované etapy jsou:

- analýza nákladů a přínosů uživatele při použití manipulace tachografu, finanční hodnocení
- identifikace systému (architektura, zabezpečení...),
- identifikace slabých míst systému (penetrační testy...),
- identifikace kontrolní praxe (legislativní a procesní rešerše kontroly),
- tvorba architektury HW/SW vybavení zařízení pro provedení útoku,
- výroba SW/HW zařízení pro provedení útoku,
- tvorba distribuční sítě/procesu
- instalace zařízení do funkčního prostředí (vozidla).

Systém tachografu, resp. jeho parametry, jsou specifikovány řadou dokumentů, z nichž útočník při identifikaci systému pravděpodobně vyhází:

- předpisy: Příloha I nařízení 165/2014, příloha IB nařízení 3821/85, příloha IC nařízení 799/2016,
- normy ISO (např. 16 844, 11 898),
- normy NIST. BSI (problematika šifrování),
- volitelné parametry výrobců tachografu nebo vozidel,
- Common criteria (CC) EAL 4 +ATE_DPT.2 +AVA_VAN.5.

Z uvedených dokumentů může také útočník vycházet při analýze zranitelnosti systému (vulnerability). I přesto že systém tachografu splňuje bezpečnostní kritéria Common Criteria EAL 4+, stále se v praxi objevují nová technická provedení útoku. Obecně při analýze bezpečnosti, mechanismu a prostředí útoku je také nutné zohlednit i jeho finanční stránku z pohledu útočníka, resp. porovnat náklady na překonání bezpečnostních mechanismů a možných přínosů pro uživatele (dopravce, řidiče) a jejich vnímání hodnoty tohoto zařízení.

Obecně pro manipulaci systému tachografu je nezbytné ovlivnit:

1. vnitřní algoritmus systému, nebo
2. vstupující informace do systému (resp. jeho algoritmu).

Z praxe je již známo, že první způsob manipulace vstupů do digitálního tachografu 1. generace spočíval v útoku na vstupní datový kanál tachografu – snímač pohybu na Hallově principu byl ovlivněn magnetickým polem – umístění magnetu do blízkosti snímače. Při zavedení povinnosti druhého nezávislého zdroje informací o pohybu vozidla se k útoku na snímač pohybu (první zdroj informací o pohybu vozidla) přidal ještě nezbytný útok na CAN sběrnici, po které přichází informace z druhého nezávislého zdroje (nejčastěji systém ABS). Snímač pohybu se zároveň stal po povinných úpravách odolným

na působení magnetického pole a další útoky tak již směřují na úpravu elektroniky tohoto snímače. Cílem útoku je ovlivnit, aby tachograf nedostával správné informace o rychlosti vozidla. Přijímaná informace tachografu ze všech využívaných zdrojů musí být nulová.

Instalace manipulace do vozidla probíhá výhradně úmyslně a probíhá na impuls dopravce (provozovatele vozidla) nebo řidiče. U těchto instalací je již nezbytná hlubší znalost elektroniky vozidla, z čehož lze vyvodit, že instalaci provádějí odborně vzdělané osoby (technici, elektro specialisté...). Instalace se provádí v částech vozidla, které nejsou na první pohled viditelné (pod plastové kryty, zařízení osvětlení...) a obvykle jsou hůře dostupné. Při odhalení konkrétního způsobu manipulace kontrolními složkami se výrobci těchto manipulačních zařízení snaží o úpravu a vylepšení technického provedení manipulace. Samotná tvorba HW nebo SW pro účely útoku probíhá v neveřejném režimu a stejně tak je neveřejná i distribuce těchto prvků (až na výjimečné případy). V ČR je výroba postihována na základě § 83a, odst. 1, písmena l) a odst. 11) písmena b) zákona 56/2001 Sb. pokutou do 5 000 000 Kč.

2.1 Obecné zkoumání útoku na CAN

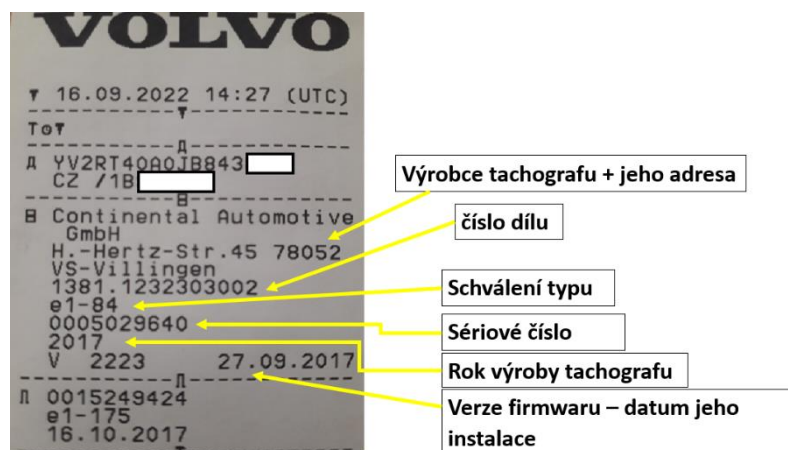
V případě systémů tachografů se znalci nejčastěji mohou setkat se dvěma typy úkolů. Prvním je určit, zda nalezené přídavné zařízení umožňuje manipulovat s daty zaznamenávanými tachografem, případně, zda umožňuje ovlivnit činnost systému tachografu. Druhým typem úkolu bývá analýza dat z tachografu a posouzení souvislostí manipulace s příčinami vzniku posuzované dopravní nehody.

Podstatou odhalení a identifikaci manipulace s využitím CAN útoku může být zkoumání systému tachografu, zaměřené na nalezení stavů, jejichž atributy nejsou v praxi obvyklé (přerušování napájení v noční době, absence jakýchkoliv porušení, přesně se opakující délka časových intervalů např. doby řízení). Přitom je nezbytné využít kontextu systémů aparmetrů vozidla. Při odhalování manipulací systému tachografu lze aplikovat i prvky z oblasti testování hardware, přičemž se simuluje chování systému tachografu v množině zvolených situací (volba situací závisí na konkrétním případě, např. se simuluje chování tachografu při jízdě vozidla, nebo při posílání konkrétních zpráv z relevantních systémů vozidla). Tyto simulace zohledňují také charakteristiky manipulačního prvku (fyzické zapojení, parametry součástek...). Při následné analýze manipulačního zařízení se také nabízí související metody reverzního inženýrství, protože detekce potenciálního manipulačního zařízení nemá k dispozici veřejné technické specifikace, nebo referenční manuály.

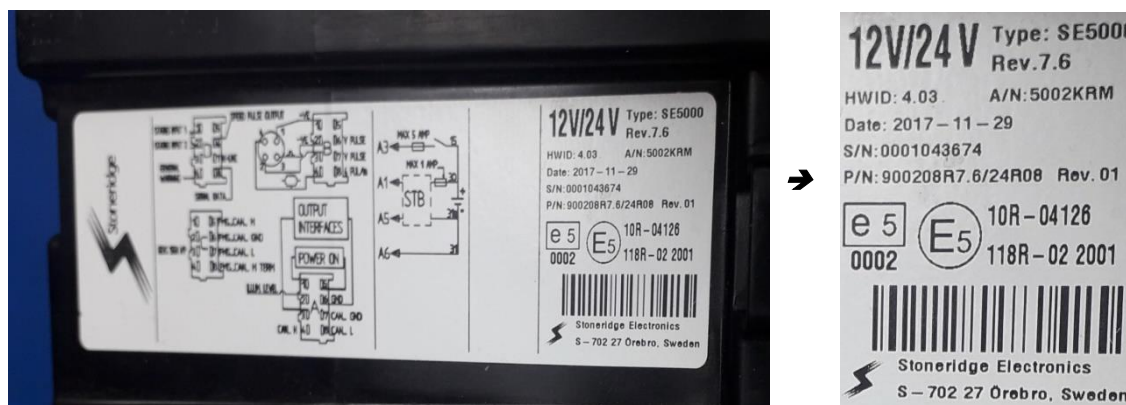
Při znaleckém zkoumání CAN útoku na systém tachografu lze postup z pohledu techniky rozdělit do následujících kroků [s využitím 2]:

- příprava: identifikace prvků a jejich vazeb na systém tachografu,
- zkoumání: kontrola funkcionalit prvků a komunikačních kanálů (sběr dat z tachografu a dalších jednotek při provedení testovací jízdy/ vyčtení diagnostických pamětí),
- analýza dat: vyhodnocení dat a identifikace souvislostí,
- dokumentace měření.

Identifikace prvků vozidla a jejich vazeb na systém tachografu zahrnuje identifikaci funkčních celků, využitých rozhraní a dalších elektronických zapojení, zjištění přítomnosti dalších systémů (např. jednotka systému správy vozového parku). U jednotky tachografu lze k identifikaci využít výtisk technických dat (Obr. 2), nebo označení jednotky na jejím těle (Obr.3). V případě souvislostí s další elektronikou (např. v případě dopravních nehod) je vhodné zaznamenat i identifikační prvky SW dalších jednotek a dalších relevantních prvků vozidla (s využitím např. autodiagnostických nástrojů s příslušnými funkcionalitami nebo obdobnými čtečkami). Ze zjištěných informací lze dále určit postup pro další zkoumání (testovací, aktivační postupy).



Obr. 2: Výtisk z tachografu VDO Continental a popis vybraných údajů



Obr. 3: Štítek tachografu Stoneridge, vpravo zvětšené údaje

Před samotným sběrem dat z paměti tachografu je nezbytné provést ohledání s cílem nalezení znaků značící možné narušení věrohodnosti dat (např. vrypy nebo další pokusy značící intruzi do systému tachografu, přítomnost plomb a platného metrologického ověření). Detekce přítomné manipulace na tachograf s využitím útoku na CAN může dále vyžadovat i analýzu dalších systémů vozidla a spočívá kromě stažení dat z tachografu (i karty řidiče), ve stažení diagnostických informací z dalších relevantních funkčních celků ve vozidle, a to za účelem zjištění znaků mající možnou souvislost s manipulací s tachografem. Pro získání případných indicií lze využít i výtisky tiskárny tachografu, případně pro analýzu dat z tachografu existuje i vyhodnocovací software (např. INELO Tachoscan...). Ten však funguje jako jen interpretační nástroj a měl by sloužit jen jako pomocný prvek s nutným dalším manuálním vyhodnocením. Algoritmus programu je proprietární a nemá žádné schválení autoritou, které by garantovalo bezchybnost výstupů. Znalci při své činnosti nezbytně potřebují aktuální znalosti o elektronické soustavě vozidla a způsobu správného provozování tachografu (proces metrologického ověření, aktivace...).

V případě indicií, které značí nestandardní situace je nezbytné všechny vyhodnotit ve vzájemných souvislostech a případně zahájit důkladnější zkoumání vozidla (demontáž plastových částí, dotazy na řidiče...). Zkoumání systému tachografu na detailní úrovni se tedy neprovádí standardně, ale až při detekci podezřelých stavů systému/vozidla na základě analýzy v aplikační úrovni (záznamy chyb, událostí a závad v tachografu).

2.2 Závěr

Systém tachografu je povinnou součástí většiny nákladních vozidel a jeho nelegální manipulace negativně ovlivňuje pravdivost tachografem tvořeného záznamu. U digitálních tachografů 1. generace je při manipulaci ovlivněna CAN sběrnice, na kterou je tachograf připojen. Samotná detekce a analýza manipulačního zařízení vyžaduje znalosti vazeb na další funkční celky a je složitou disciplínou, která musí zahrnovat pečlivý systémový přístup.

Zkoumání manipulací s tachografem nemá mezi odborníky ze znalecké ani kontrolní praxe příliš rozšířené postupy a know-how, přestože může mít vliv na bezpečnost provozu a mít souvislost se vznikem dopravní nehody. Pro aplikaci účinných metod detekce a analýzy manipulací s tachografem je nezbytná úzká spolupráce multidisciplinárního výzkumu, znalců v praxi i kontrolních složek v dopravě. Společně tak mohou významně přispět k určení aktuální úrovně útočících prvků. Spolupráce s výrobcí tachografu je (alespoň ze zkušeností autora) velice omezená. Velkou výzvou při této činnosti je neustále držet technický pokrok s útočnými na tachograf a udržet systémový nadhled na související prvky vozidla.

Rozšiřující část příspěvku zahrnující další informace k tématu z práce autora je neveřejná a bude poskytnuta pouze znalcům, a to na vyžádání u autora příspěvku.

3 LITERATURA

- [1] Digital Tachograph SE5000: Control Manual. Místo vydání: Stoneridge Electronics;. 2005. Počet stran. 9000-101537_01R01. Part Number 6800-902
- [2] S. Kiltz, T. Hoppe and J. Dittmann, "A new forensic model and its application to the collection, extraction and long term storage of screen content off a memory dump," *2009 16th International Conference on Digital Signal Processing*, Santorini, Greece, 2009, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICDSP.2009.5201189.
- [3] Cho K.-T., Shin K.G.Fingerprinting electronic control units for vehicle intrusion detection 25th USENIX Security Symposium (USENIX Security 16), USENIX Association, Austin, TX (2016), pp. 911-927, dostupné z: <https://www.usenix.org/conference/usenixsecurity16/technical-sessions/presentation/cho>

- [4] M. Müter, A. Groll and F. C. Freiling, "A structured approach to anomaly detection for in-vehicle networks," *2010 Sixth International Conference on Information Assurance and Security*, Atlanta, GA, USA, 2010, pp. 92-98, doi: 10.1109/ISIAS.2010.5604050

Recenzoval

Ing. et Ing. Bc. Martin Bilík, Ph.D., Ústav soudního inženýrství VUT v Brně, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno
– Královo Pole, odborný asistent, +420 541 148 908, martin.bilik@vut.cz

ANALÝZA NOČNÍCH ODHADŮ RYCHLOSTÍ VOZIDEL

ANALYSIS OF VEHICLE SPEED ESTIMATES AT NIGHT

Martin Rak^{1,2}, Robert Zůvala³

Abstrakt

Svěddecké výpovědi účastníků a svědků dopravních nehod jsou jedním z možných zdrojů informací pro analýzu dopravních nehod. Nicméně, odhady rychlosti, které jsou v těchto výpovědích uvedeny, jsou subjektivní a neodpovídají vždy skutečnosti. Pro účinné využití těchto odhadů je důležité identifikovat faktory, které ovlivňují vnímání rychlosti vozidel lidmi. Například vliv místních podmínek, typu vozidla, povětrnostních podmínek, viditelnosti, věku a řídičských zkušeností. Tento příspěvek se zaměřuje na získání přesných odhadů rychlosti vozidel v nočních podmínkách. K tomu byla provedena série nočních měření, kdy byly porovnávány odhady rychlosti vozidel, které byly poskytnuty respondenty, s jejich skutečnými rychlostmi. U těchto odhadů byly vyhodnoceny vlivy vybraných faktorů a byl sestaven regresní model pro presumpci odchylky od skutečné rychlosti.

Abstract

Eyewitness testimonies of participants and witnesses of traffic accidents are one of the possible sources of information for the traffic accident analysis. However, the speed estimates given in these statements are subjective and do not always correspond to reality. To use these estimates effectively, it is important to identify the factors that influence people's perception of vehicle speed. For example, the influence of local conditions, vehicle type, weather conditions, visibility, age and driving experience. This paper focuses on obtaining accurate estimates of vehicle speed in night-time conditions. For this purpose, a series of night-time measurements were made by comparing the estimates of vehicle speeds provided by respondents with the actual vehicle speeds. For these estimates, the effects of selected factors were evaluated, and a regression model was constructed to presume the deviation from the actual speed.

Klíčová slova

Vnímání rychlosti; vozidlo; chodec; vnímání; rychlost; noc

Keywords

Speed perception; vehicle; pedestrian; perception; speed; night

1 ÚVOD

Svěddecké výpovědi účastníků a svědků dopravních nehod jsou jedním z podkladů, které je možné využít pro analýzu dopravních nehod. Nicméně, odhady rychlosti uvedené v těchto výpovědích jsou subjektivní a neodpovídají vždy skutečným hodnotám. Pro správné využití těchto odhadů je potřeba zjistit a kvantifikovat podstatné faktory, které ovlivňují vnímání rychlosti vozidla člověkem, a tedy i zmíněné výpovědi.

Existuje mnoho studií, které zkoumají vliv vnímání rychlosti vozidel na přesnost svědeckých výpovědí. Vnímání rychlosti vozidel má vliv na pozici svědka v době nehody, typ vozidla, parametry silniční komunikace, viditelnost a povětrnostní podmínky. Řidiči podhodnocují rychlost vozidel, když řídí vozidla s vysokým posedem, jako jsou vozidla typu SUV. Zjištěno bylo také, že mladí řidiči byli v odhadech rychlosti vozidla přesnější než starší a zkušenější řidiči. Výzkum ukázal, že v mlze mají řidiči tendenci zrychlovat a podhodnocovat rychlost vozidel až o 20 km/h. Stejně tak v případě zhoršených podmínek způsobených hustým deštěm. Další okolnosti, které ovlivňují vnímání rychlosti vozidel, jsou například věk nebo řídičské zkušenosti.[1],[3],[5],[6]

Tento příspěvek je zaměřen na odhady rychlosti vozidel svědky dopravních nehod, konkrétně v noci. Za tímto účelem bylo navrženo provedení série nočních měření. Od respondentů byly získány odhady rychlosti vozidel běžného provozu, u kterých byla měřena jejich skutečná rychlost.

¹ Martin Rak, Ing., VUT, ÚSI, Purkyňova 464/118, 612 00, Brno – Královo Pole, Česká republika, martin.rak@vut.cz

² Martin Rak, Ing., CDV, Líšeňská 33a, 636 00 Brno, martin.rak@cdv.cz

³ Robert Zůvala, Mgr., CDV, Líšeňská 33a, 636 00 Brno, robert.zuvala@cdv.cz

2 METODA MĚŘENÍ

Měření probíhalo ve dvou dnech, při astronomické noci, v extravilánu, při srovnatelných povětrnostních podmínkách na stejném místě. Zúčastnilo se ho 10 respondentů z toho 5 mužů a 5 žen ve věku od 18 do 31 let. Úkolem respondentů bylo odhadnout a následně zapsat rychlosti projíždějících vozidel běžného provozu. Bylo tak získáno 1593 nočních odhadů rychlostí vozidel. Při prvním měření byli respondenti rozmístěni tak, že směr jejich pohledu k místu, ve kterém odhadovali rychlost projíždějících vozidel, svíral s komunikací úhel přibližně 90 stupňů. Druhý den měření byl tento úhel 30°. V obou dnech byla vzdálenost respondentů od měřeného/odhadovaného místa cca 15 m. Skutečná rychlost projíždějících vozidel byla zaznamenávána pomocí silničního rychloměru RAMER 10. U měřených vozidel byl také zaznamenáván typ karoserie.

3 VYHODNOCENÍ

3.1 Jednotlivé faktory

Získané odhady byly vyhodnoceny a byla zjištěna jejich závislost na následujících faktorech:

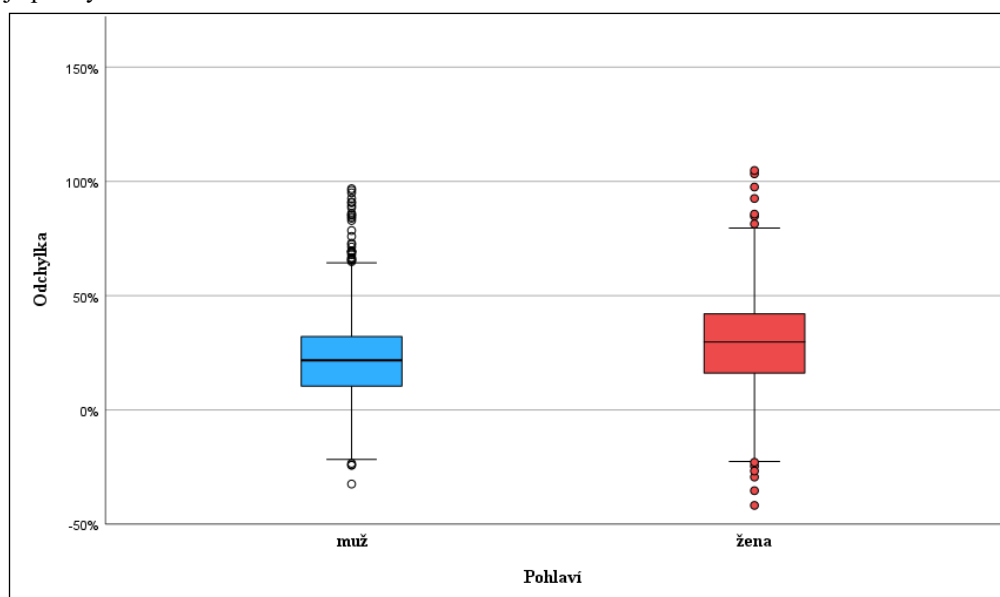
- Pohlaví respondentů,
- Přítomnost oční vady,
- Úhel pozorování,
- Omezení sluchu,
- Typ karoserie odhadovaného vozidla,
- Délka vlastnictví řidičského průkazu.

Pro vyhodnocení rozdílů mezi dvěma nezávislými skupinami byl použit Mann-Whitneyův pořadový test. Pro jednotlivé faktory byla vypočtena p -hodnota (také označovaná anglicky p -value nebo jako signifikance, dále jen p), což je číselná hodnota používaná při statistickém testování hypotéz. Byla stanovena hladina významnosti (95 %), poté byla pomocí statistického programu (SPSS) spočítána p -hodnota a porovnána s hladinou významnosti. Pokud byla vypočítaná p -hodnota menší než 0,05, byla nulová hypotéza (tedy že zkoumaný faktor má vliv na odhady rychlostí) zhodnocena jako věrohodná.

Následně byl vytvořen regresní model pro presumpci odchylky odhadované od skutečné rychlosti v procentech v závislosti na zadaných veličinách.

3.1.1 Pohlaví respondentů

Ve skupině respondentů byly zastoupeny obě pohlaví, tedy 4 muži a 6 žen. Rozdíl odchylek odhadů od skutečných rychlostí vozidel je patrný z **Graf 1**.

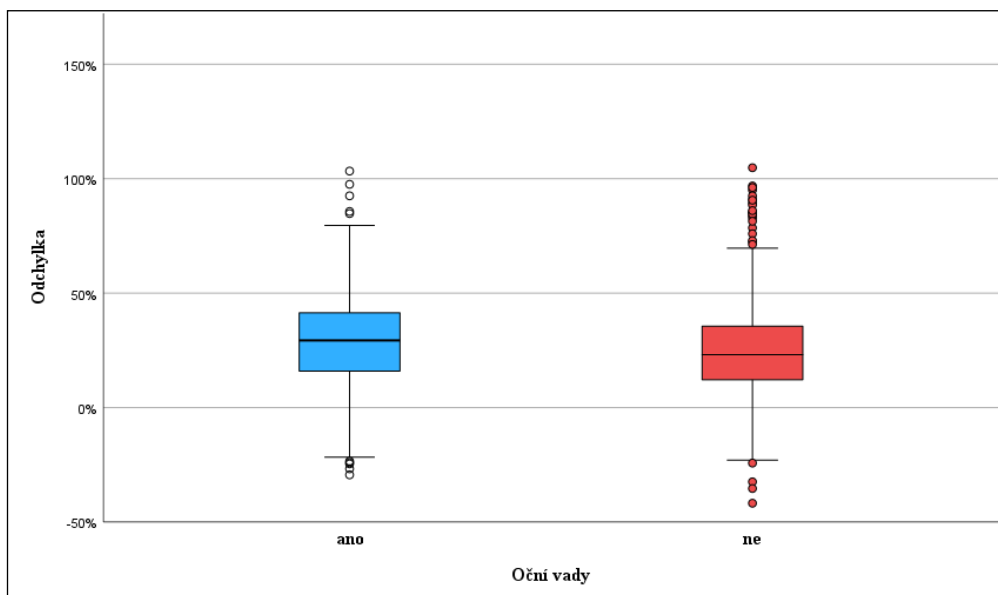


Graf 1: Krabicový graf porovnání rozptylu odhadů dle pohlaví

Odchylka odhadované rychlosti od reálné rychlosti se statisticky významně liší v závislosti na pohlaví ($p < 0,05$). Ženy v průměru více nadhodnocovaly rychlosti vozidel, průměrně o 29,4 %, než muži, kteří rychlosti nadhodnocovali v průměru o 23,1 %.

3.1.2 Oční vada

Mezi respondenty bylo pět osob s oční vadou a pět respondentů nemělo žádnou oční vadu. Všichni respondenti s oční vadou měli během měření odpovídající korekci zraku v podobě buď dioptrických brýlí nebo kontaktních čoček. V **Graf 2** jsou vyobrazeny odchylky odhadů v závislosti na přítomnosti oční vady.

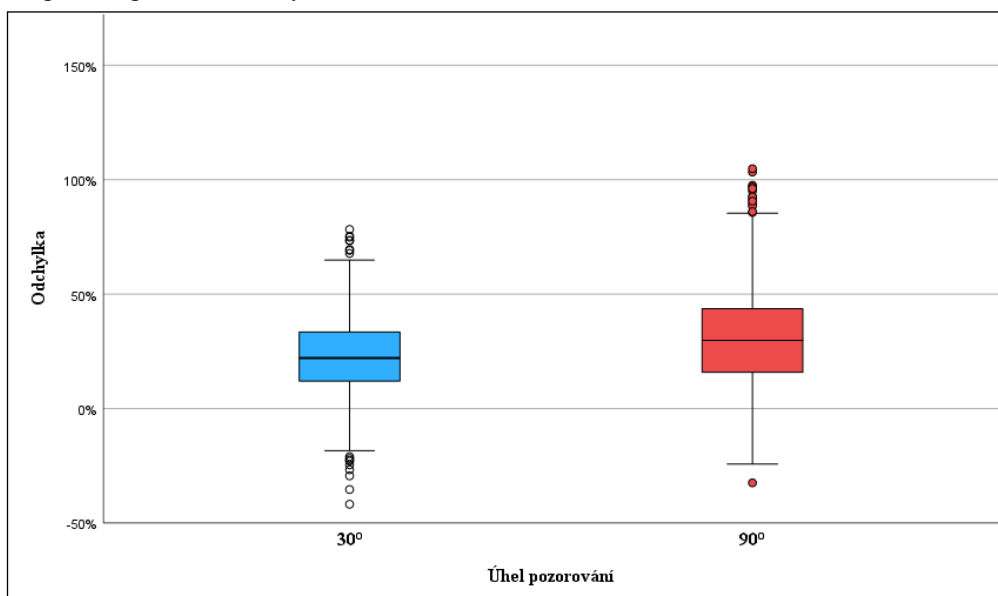


Graf 2: Krabicový graf porovnání rozptylu odhadů dle oční vady

Odchylka odhadované rychlosti od reálné rychlosti se statisticky významně liší v závislosti na oční vadě ($p < 0,05$). Odhady rychlostí od osob s oční vadou byly nadhodnoceny v průměru o 29,17 % a u respondentů bez sledovaných očních vad byly odhady rychlostí nadhodnoceny v průměru o 24,6 %.

3.1.3 Úhel pozorování

První den měření byli respondenti rozestaveni tak, aby místo, ve kterém měli odhadovat rychlosti projíždějících vozidel, viděli kolmo vzhledem k vozovce. Druhý den měření byl tento úhel přibližně 30°. V obou případech byli respondenti od měřeného místa vzdáleni přibližně 15 m. V **Graf 3** jsou pro srovnání zobrazeny odchylky odhadů od skutečných rychlostí pro oba pozorovací úhly.

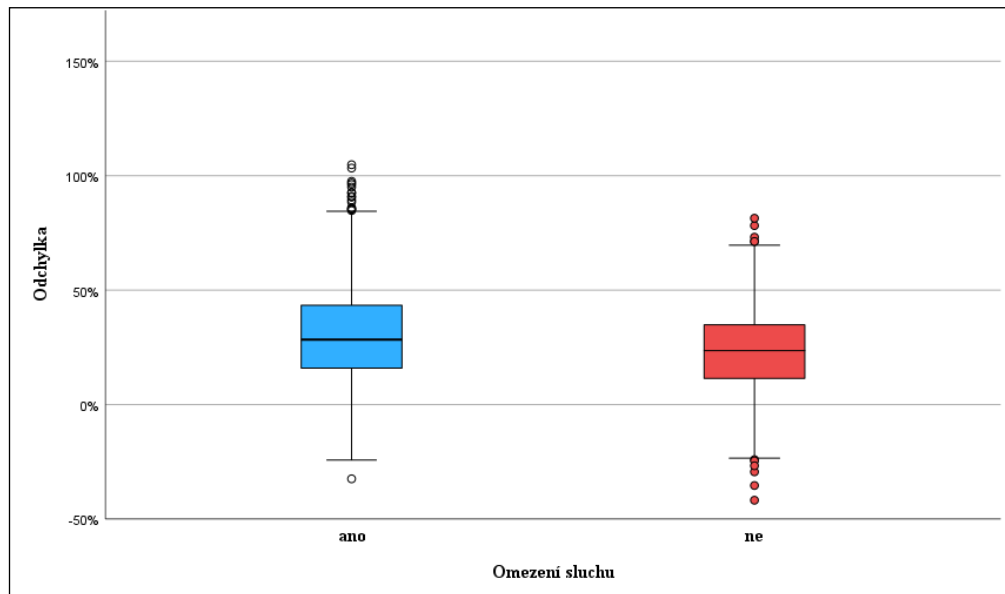


Graf 3: Krabicový graf porovnání rozptylu odhadů dle pozorovacího úhlu

Odchylka odhadované rychlosti od reálné rychlosti se statisticky významně liší v závislosti na úhlu pozorování ($p < 0,05$). Hodnoty odchylky jsou při úhlu 90° vyšší než při 30°. V případě pozorovacího úhlu 30° byly rychlosti vozidel nadhodnocovány v průměru o 22,7 %, při 90° byly rychlosti nadhodnocovány v průměru o 30,5 %.

3.1.4 Omezení sluchu

Polovina respondentů měla během měření nasazena sluchátka, ve kterých hrála hudba tak, aby neslyšeli zvuk projíždějících vozidel. Jejich sluch byl tak omezen a odhady rychlostí nebyly ovlivněny aerodynamickým hlukem, hlukem motoru ani hlukem od pneumatik vozidel. Rozdíl v odchylnkách odhadů od skutečných rychlostí je patrný z **Graf 4**.

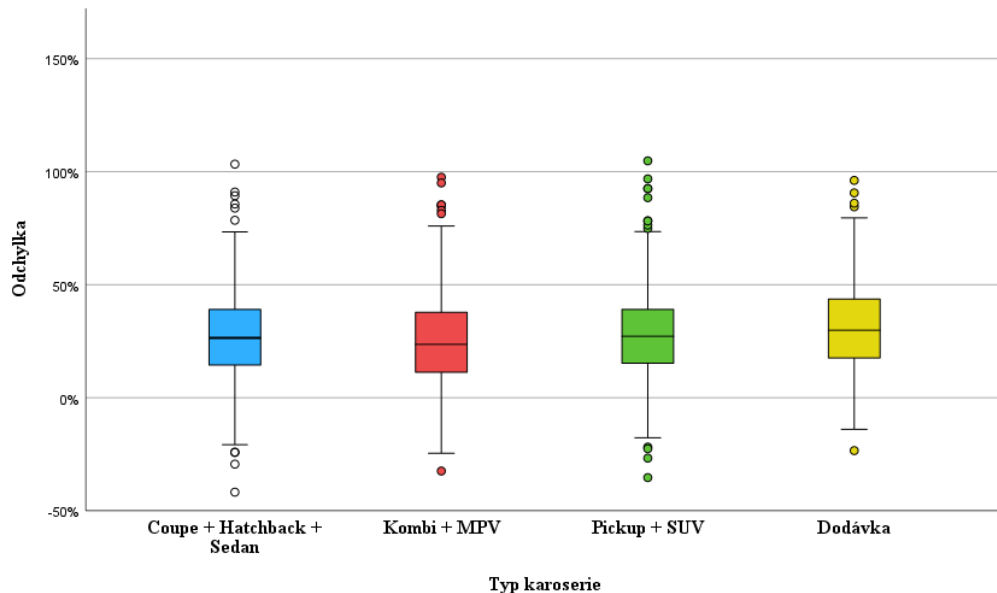


Graf 4: Krabicový graf porovnání rozptylu odhadů dle omezení sluchu

Odchylka odhadované rychlosti od reálné rychlosti se statisticky významně liší v závislosti na omezení sluchu ($p < 0,05$). Hodnoty odchylnky jsou při omezení sluchu vyšší než bez omezení sluchu (30,3 % vs 22,8 %).

3.1.5 Typ karoserie

U odhadů rychlostí byl také zaznamenán typ karoserie jednotlivých vozidel. Aby mohly být odchylnky odhadů od skutečných rychlostí statisticky vyhodnoceny, byly kvůli rozdílnému početnímu zastoupení vybrané typy karoserií sjednoceny do skupin s ohledem na podobnost velikosti vozidel. **Graf 5** zobrazuje odchylnky odhadů od skutečných rychlostí u takto zvolených skupin.



Graf 5: Krabicový graf porovnání odhadů dle typu karoserie

Rychlosti vozidel ze skupiny Kupé+Hatchback+Sedan byly nadhodnocovány v průměru o 27,1 %, ze skupiny Kombi+MPV v průměru o 24,7 %, Pickup+SUV v průměru o 28,0 % a skupiny Dodávka v průměru o 31,8 %.

3.2 Model pro noční odhady rychlosti vozidel

Na základě výše vyhodnocených faktorů, jež měly vliv na vnímání rychlosti vozidel, byl vytvořen regresní model pro noční odhady vozidel. Do modelu byly zahrnuty statisticky významné parametry ($p < 0,05$), tedy pohlaví respondentů, přítomnost oční vady, omezení sluchu, pozorovací úhel, typ karoserie a věk respondenta. V tabulce č. 1 jsou výsledky tohoto modelu a v tabulce č. 2 jsou odhadované parametry.

Tab. 1: Vliv jednotlivých faktorů

	F	Sig.
Intercept	220,194	0,000
Pohlaví	22,196	0,000
Omezení sluchu	132,758	0,000
Typ karoserie	5,661	0,001
Oční vada	41,740	0,000
Úhel pozorování	83,581	0,000
Věk	52,743	0,000

Koeficient determinace $R^2 = 0,2$

Tab. 2: Odhadované parametry

Parametr	B	Std. Error	Sig.	95 % Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
Intercept	48,016	3,558	0,000	41,036	54,996
Pohlaví = muž	-6,818	1,447	0,000	-9,656	-3,979
Pohlaví = žena	0 ^a	-	-	-	-
Omezení sluchu = ano	13,402	1,163	0,000	11,121	15,684
Omezení sluchu = ne	0 ^a	-	-	-	-
Typ karoserie = Kupé+Hatchback+Sedan	-0,852	1,919	0,657	-4,616	2,912
Typ karoserie = Kombi+MPV	-4,943	1,859	0,008	-8,590	-1,297
Typ karoserie = Pickup+SUV	-1,796	1,981	0,365	-5,682	2,091
Typ karoserie = Dodávka	0 ^a	-	-	-	-
Oční vada = ano	8,242	1,276	0,000	5,739	10,744
Oční vada = ne	0 ^a	-	-	-	-
Úhel pozorování = 30°	-9,087	0,994	0,000	-11,037	-7,138
Úhel pozorování = 90°	0 ^a	-	-	-	-
Věk	-0,883	0,122	0,000	-1,121	-0,644

B – regresní koeficient, Sig. – statistická významnost

Výsledný model lze přepsat následovně:

$$\begin{aligned}
 & \text{procentuální odchylka odhadu od skutečnosti} \\
 & = 48,016 \\
 & + \begin{cases} -6,818 \text{ pro pohlaví} = \text{muž} \\ 0 \text{ pro pohlaví} = \text{žena} \end{cases} \\
 & + \begin{cases} 13,402 \text{ pro omezení sluchu} = \text{ano} \\ 0 \text{ pro omezení sluchu} = \text{ne} \end{cases} \\
 & + \begin{cases} 8,242 \text{ pro oční vada} = \text{ano} \\ 0 \text{ pro oční vada} = \text{ne} \end{cases} \\
 & + \begin{cases} -9,087 \text{ pro pozorovací úhel} = 30^\circ \\ 0 \text{ pro pozorovací úhel} = 90^\circ \end{cases} \\
 & + \begin{cases} -0,852 \text{ pro typ karoserie} = \text{Kupé} + \text{Hatchback} + \text{Sedan} \\ -4,843 \text{ pro typ karoserie} = \text{Kombi} + \text{MPV} \\ -1,796 \text{ pro typ karoserie} = \text{Pickup} + \text{SUV} \\ 0 \text{ pro typ karoserie} = \text{Dodávka} \end{cases} \\
 & + (-0,883) \cdot \text{Věk}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Koeficient determinace regresního modelu R^2 je 0,2. Výsledná kvalita tohoto modelu je tedy relativně nízká. Proto se jeví jako vhodné navázat na dosavadní studii rozšířením databáze o více sledovaných relevantních faktorů, zvýšit početní zastoupení jednotlivých skupin a samozřejmě celkový počet získaných odhadů.

4 ZÁVĚR

V této studii byly vyhodnoceny odhady rychlostí vozidel v noci z pohledu svědků dopravní nehody. Na vnímání rychlosti měly vliv faktory vztahující se k osobám, které rychlost odhadovali, konkrétně pohlaví, přítomnost oční vady, omezení sluchového vjemu a řídičské zkušenosti. Další faktory, které měli významný vliv na odchylky odhadů od skutečných rychlostí jsou typ karoserie vozidla, u kterého byla odhadovaná rychlost a pozorovací úhel.

Celkově tak bylo vyhodnoceno 1593 odhadů rychlostí vozidel běžného provozu v noci. Celkově byly rychlosti vozidel nadhodnocovány v průměru o 26,8 %, což je výrazně vyšší hodnota, než jaká byla zjištěna v předchozí studii zaměřené na vnímání rychlosti vozidel ve dne, kdy byla zjištěna průměrná odchylka 3,4 % [4].

Z dílčího vyhodnocení jednotlivých vlivů lze usuzovat následující závěry:

- Ženy nadhodnocovali rychlost vozidel v průměru s odchylkou 29,4 % od skutečné rychlosti, tedy více než muži, kteří nadhodnocovali rychlosti s odchylkou 23,1 %,
- Respondenti s oční vadou nadhodnocovali rychlosti vozidel v průměru o 29,17 % a respondenti bez oční vady v průměru o 24,6 %.
- Při odhadování rychlosti vozidel z úhlu 90° byly rychlosti vozidel nadhodnocovány v průměru s odchylkou 30,5 %, což bylo výrazně více než při pozorování z úhlu 30° , kdy byly rychlosti nadhodnocovány s průměrnou odchylkou 22,7 %,
- Respondenti, kteří měli omezený sluchový vjem, více nadhodnocovali rychlosti vozidel s odchylkou 30,3 %, zatímco u respondentů bez omezeného sluchu byla odchylka 22,8 %,
- Z vyhodnocení závislosti typu karoserie vozidla na odhad rychlosti vyplynulo, že nejméně nadhodnocovanou skupinou vozidel byly vozidla s typem karoserie Kombi a MPV, kde průměrná odchylka od skutečné rychlosti byla 24,7 %,
- Nejvíce nadhodnocovanou skupinou vozidel byla vozidla v kategorii dodávek, jejichž rychlost byla nadhodnocována v průměru o 31,8 %,
- Bylo zjištěno, že s rostoucí délkou vlastnictví řídičského průkazu u jednotlivých respondentů klesala průměrná odchylka odhadů od skutečných rychlostí.

Následně byl sestaven regresní model, pomocí kterého lze s určitou mírou jistoty ($R^2=0,2$) předpovědět odchylku odhadu od skutečnosti na základě výše vyhodnocených faktorů jako proměnných. Pro zlepšení vytvořeného modelu je v budoucích studiích třeba jej rozšířit o více sledovaných vlivů, jako například typ komunikace, její směrové a výškové řešení nebo okolí.

Literatura

- [1] APASNORE, Peter; ISMAIL, Karim; KASSIM, Ali. Bicycle-vehicle interactions at mid-sections of mixed traffic streets: Examining passing distance and bicycle comfort perception. *Accident Analysis & Prevention*, 2017, 106: 141-148.
- [2] BRADÁČ, Albert a kol. *Soudní inženýrství*. Brno : CERM Akademické nakladatelství, s.r.o.. 1999. 725 s. ISBN 80-7204-133-9 (dotisk)
- [3] HURWITZ, David S.; KNODLER, Michael A.; DULASKI, Daniel M. Speed perception fidelity in a driving simulator environment. In: *Proceedings of the driving simulator conference North America*. 2005. p. 343-352.
- [4] RAK, Martin. Vnímání rychlosti vozidla chodcem. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/120323>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znaleství ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel. Vedoucí práce Martin Bilík.
- [5] RUDIN-BROWN, Christina M. Vehicle height affects drivers' speed perception: Implications for rollover risk. *Transportation research record*, 2004, 1899.1: 84-89.
- [6] WU, Changxu, et al. An investigation of perceived vehicle speed from a driver's perspective. *PLoS one*, 2017, 12.10

Recenzoval

Ing. Albert Bradáč, Ph.D., Ústav soudního inženýrství VUT v Brně, zástupce vedoucího OAN, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno – Královo Pole, +420 541 148 911, Albert.Bradac@vut.cz

VLIV NASTAVENÍ GEOMETRIE PŘEDNÍ NÁPRAVY NÁKLADNÍHO VOZIDLA NA OPOTŘEBENÍ PNEUMATIK A SPOTŘEBU PALIVA

INFLUENCE OF VEHICLE GEOMETRY ON TIRE DURABILITY AND FUEL CONSUMPTION

Vladimír Sláma¹

Abstrakt

Tento příspěvek je zaměřen na vliv nesprávně nastavené geometrie přední nápravy na opotřebení běhounu pneumatiky a spotřebu nákladního vozidla. Příspěvek se zaměřuje na sbíhavost, jako na klíčový parametr nastavení přední nápravy. Testování proběhlo na třech totožných tahačích DAF XF s rozdílně nastavenou geometrií. Geometrie jednoho vozidla byla nastavena dle požadavků výrobce, tedy 1-2 mm / 1 m, u druhého vozidla 4 mm / 1 m a u třetího vozidla 7 mm / 1 m. Předpokladem je zvýšené opotřebení běhounu pneumatik vlivem vyšší sbíhavosti a rovněž vyšší spotřeba paliva. Kromě opotřebení pneumatik a spotřeby paliva se příspěvek zaměřuje i na ekonomickou stránku dané problematiky. Aby byla zajištěna věrohodnost výsledků, testování probíhalo dlouhodobě při komerčním provozu na pozemních komunikacích.

Abstract

This paper focuses on the effect of incorrectly adjusted front axle alignment on tyre tread wear and truck fuel consumption. The paper focuses on toe-in as a key parameter of front axle alignment. Testing was carried out on three identical DAF XF tractors with different toe-in settings. The geometry of one vehicle was set according to the manufacturer's requirements, i.e. 1-2 mm / 1 m, for the second vehicle 4 mm / 1 m and for the third vehicle 7 mm / 1 m. The assumption is increased tread wear and also higher fuel consumption due to higher toe-in. In addition to tyre wear and fuel consumption, the paper also focuses on the economic side of the issue. In order to ensure the credibility of the results, testing was carried out over a long period of time in commercial road use.

Klíčová slova

geometrie nápravy, nákladní vozidla, spotřeba pohonných hmot, opotřebení pneumatik nákladních vozidel, životnost pneumatik

Keywords

vehicle geometry, trucks, fuel consumption, tire wear, tread wear, tire

1 ÚVOD A CÍL MĚŘENÍ

Pneumatiky jsou klíčovým prvkem, který hraje roli v bezpečnosti provozu silničních vozidel. Je to jediný prvek, který zajišťuje přímý styk vozidla a vozovky. Přenáší příčné i podélné síly a svislé zatížení. Stav pneumatik proto přímo ovlivňuje, jak bezpečný bude pohyb vozidla a je proto třeba dbát na jejich údržbu a rovněž přihlížet a brát do úvahy faktory ovlivňující jejich životnost. Nesprávné nastavení může vést k nerovnoměrnému a zvýšenému opotřebení a rovněž je možná zvýšená spotřeba paliva. Tyto dopady poté mohou mít i ekonomické důsledky. Cílem je vyhodnotit, do jaké míry se nesprávně nastavená sbíhavost podílí na zvýšeném opotřebení a zvýšené spotřebě. Testy opotřebení pneumatik jsou uskutečněny v reálném provozu a jde o testy dlouhodobé.

2 POPIS MĚŘENÍ

Jízdní testy, získávání dat z nich a jejich vyhodnocení bylo možné díky spolupráci více subjektů. Vozidla, která byla používána pro sérii jízdních testů byla součástí fleetu společnosti JAPO - transport s. r. o. Pneumatiky byly dodány společností Continental Barum, s. r. o. Plánování, nastavení, pomoc s měřením a konzultace probíhaly s panem Alešem Langerem z této společnosti. S nastavením a měřením geometrie pomohla společnost AD TECHNIK, s. r. o. Měření a testování probíhalo v roce 2021 a první polovině roku 2022.

¹ Vladimír Sláma, Ing., VUT, ÚSI, Purkyňova 464/118, Medlánky, 61200, Brno, Česká republika, Vladimir.Slama@vutbr.cz

2.1 Popis zkušebních vozidel a řidičů

Aby bylo možné dosáhnout porovnatelných výsledků, pro jízdní zkoušky byla zvolena tři nákladní vozidla z Fleetu společnosti JAPO - transport s. r. o. Na vozidla byl požadavek, aby nebyla úplně nová, aby byla konstrukčně shodná (jde o stejná vozidla) a aby jezdila srovnatelné trasy. Společnost JAPO - transport s. r. o. se specializuje na přepravy mezi ČR a Itálií a lze říci, že vozidla jezdí po srovnatelných trasách. Všechna vozidla byla značky DAF, model XF 460 FT. Jde o tahače návěsů a provozovány jsou s návěsy značky Schmitz.

Na opotřebení pneumatik, má nemalý vliv i jízdní styl daného řidiče, proto byli vybráni řidiči s dlouholetou praxí. Řidič 1 měl 48 let a 26 let pracoval jako řidič nákladních vozidel. Řidič 2 měl 51 let a 16 let pracoval jako řidič nákladních vozidel. Řidič 3 měl 50 let, 16 let pracuje jako řidič nákladních vozidel přímo pro společnost JAPO - transport s. r. o. a dříve byl zaměstnán jako řidič u Armády České republiky.



Obr. 1: Zkušební tahače DAF XF 460 společnosti JAPO - transport s. r. o.

2.2 Zkušební pneumatiky

Na všechna tři vozidla byly nasazeny přední pneumatiky Barum BF 200 R o rozměru 315/60 R22.5, hmotnostní index 125/148, rychlostní index L. Jde o pneumatiky silniční, hodící se pro dálkový dálniční provoz i regionální cesty. Životnost těchto pneumatik je za ideálních podmínek více než 250 000 kilometrů. Nové pneumatiky měly hloubku dezénových drážek 13 mm.



Obr. 2: Zkušební pneumatiky Barum BF 200 R.

2.3 Nastavení geometrie

Úskalím celého měření už ve fázi příprav bylo právě nastavení geometrie. Při použití tří vozidel se došlo k závěru, že vhodné bude mít jedno referenční vozidlo s geometrií nastavenou správně dle výrobce. Životnost pneumatik v takovém případě, pokud nedojde k fyzickému poškození pneumatik by měla být 100 %. U dalších dvou vozidel bylo cílem snížení životnosti o přibližně 50 % a 70 %. U všech vozidel se budeme zabývat pouze vlivem sbíhavosti. Nastavení sbíhavosti vozidel tedy bylo následující:

Tab. 1: Nastavení sbíhavosti jednotlivých tahačů

	Nastavení sbíhavosti
Vozidlo 1	7 mm / 1 m (nejvyšší sbíhavost)
Vozidlo 2	4 mm / 1 m (střední sbíhavost)
Vozidlo 3	1-2 mm / 1 m (standardní sbíhavost)

2.4 Měřicí zařízení

Jako měřicí zařízení posloužily hloubkoměr Fieldmann FDAM 0201, běžně používaný k měření hloubky dezénu a Translogik TL-G1 kombinující hloubkoměr s pružinou a tlakoměr. Translogik TL-G1 je zařízení používané společností Continental na kontrolu fleetových vozidel.

Hlavní rozdíl mezi posuvným měřidlem vzorku a Translogik TL-G1 je v tom, že posuvné měřidlo neklade žádný odpor vůči pneumatice, je citlivé na správný úhel měření a výsledky se nechají snadno zkreslit. Oproti tomu Translogik TL-G1 má v sobě pružinu, která na místo měření mírně tlačí silou přibližně 6 N, jak je uvedeno v tabulce. Pneumatika se tedy v místě měření lehce poddá, což umožňuje měřit s konzistentnějšími výsledky v průběhu různých měření. Při měření posuvným měřidlem se poddajnost pneumatiky v úvahu nebere a o kolik se hrot posuvného měřidla při měření posune, tolik ukáže na displeji. [3]



Obr. 3: Měřicí zařízení Fieldmann FDAM 0201. [4]



Obr. 4: Měřicí zařízení Translogik TL-G1. [3]

3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

3.1 Vliv na opotřebení pneumatik

Na 3 vozidlech s různě nastavenou sbíhavostí jsme sesbírali data v celkem 19 měřeních. Část byla sesbírána pomocí posuvného hloubkoměru Fieldmann, část byla nasbírána pomocí měřicího zařízení Translogik TL-G1 společnosti Continental. Data byla zanášena do systému společnosti Continental. Jedná se o interní software Fleet Check Tool, který umožňuje posílání získaných dat z měřidla pomocí aplikace v telefonu rovnou do systému. Systém pak umožňuje kontrolu současného stavu, predikci zbývajících nájezdu a další funkce. Data byla následně ze systému exportována a zpracována pomocí MS Excel.

Do systému Fleet Check Tool lze data zadávat i manuálně, proto dílčí měření posuvným měřidlem Fieldmann byla do systému zanášena také. Systém Fleet Check Tool provádí odhad a výpočet předpokládané životnosti na základě dosavadního průběhu opotřebení. Trend opotřebení není v průběhu životnosti pneumatiky zcela lineární. Ze začátku má pneumatika tendenci se opotřebovávat rychleji. Později se rychlost opotřebení zpomaluje a na konci své životnosti je pneumatika nejodolnější vůči opotřebení. Predikce životnosti lze ve zjednodušené formě určit lineárně. Pro přesnější odhad je lépe počítat s parabolickým průběhem a zpomalujícím se opotřebováním tak, jak to dělá systém Fleet Check Tool. Systém Fleet Check Tool do opotřebení 50 % vzorku pouze hrubě odhaduje, jaká bude životnost pneumatiky. Se zvyšujícím se opotřebováním, blížícím se k 70 %, a s přesnějšími daty se predikce životnosti zpřesňuje. Díky dalším získaným datům a díky výpočtovému modelu systému Fleet Check Tool můžeme zpřesnit predikci životnosti pneumatiky a rovněž validovat předpokládané životnosti z první etapy testování. [1]

3.1.1 Vozidlo 1 (7 mm / 1 m)

Vozidlo 1 s nejvyšší sbíhavostí již od začátku vykazovalo nejvyšší rychlost opotřebení (až 0,76 mm za 10 000 km). Po 66 139 km najetých se sbíhavostí 7 mm / 1 m došlo k přílišnému opotřebování ramen běhounu a ukončení jízdních testů na tomto vozidle.



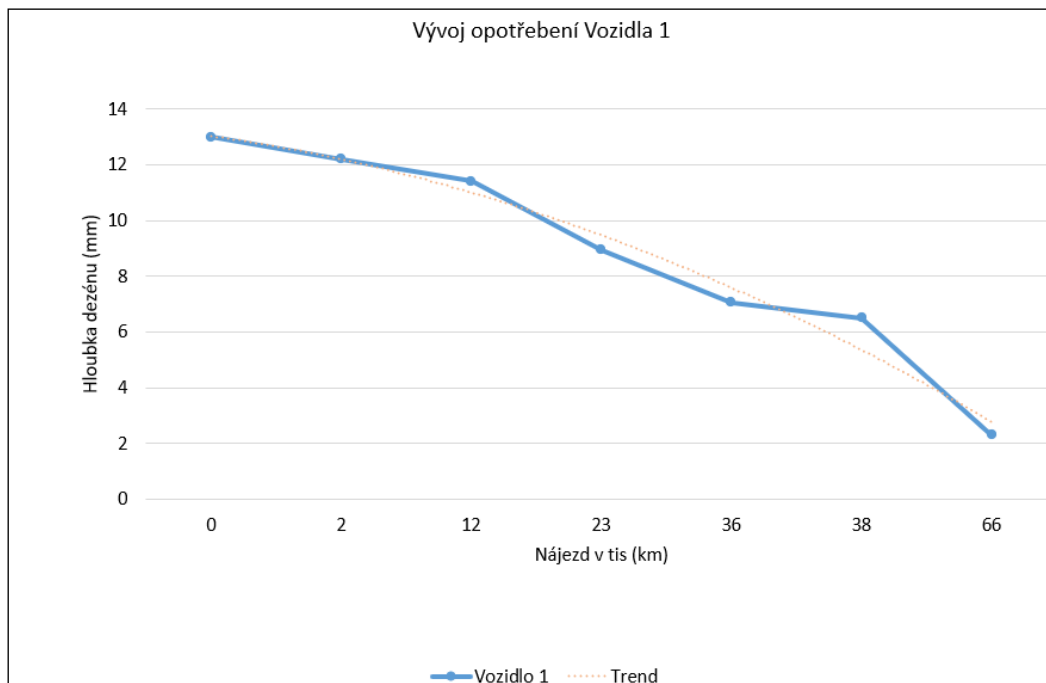
Obr. 5: Fotografie běhounu pneumatik po seřízení sbíhavosti a po ujetí 30 000 km. [2]



Obr. 6: Opotřebení pravé přední pneumatiky po 66 139 km. Je viditelný odhalený první nárazník.



Obr. 7: Opotřebení levé přední pneumatiky po 66 139 km. Je viditelné silné asymetrické opotřebení v oblasti vnějšího ramene.



Graf 1: Vývoj opotřebení Vozidla 1 s největší sbíhavostí.

3.1.2 Vozidlo 2 (4 mm / 1 m)

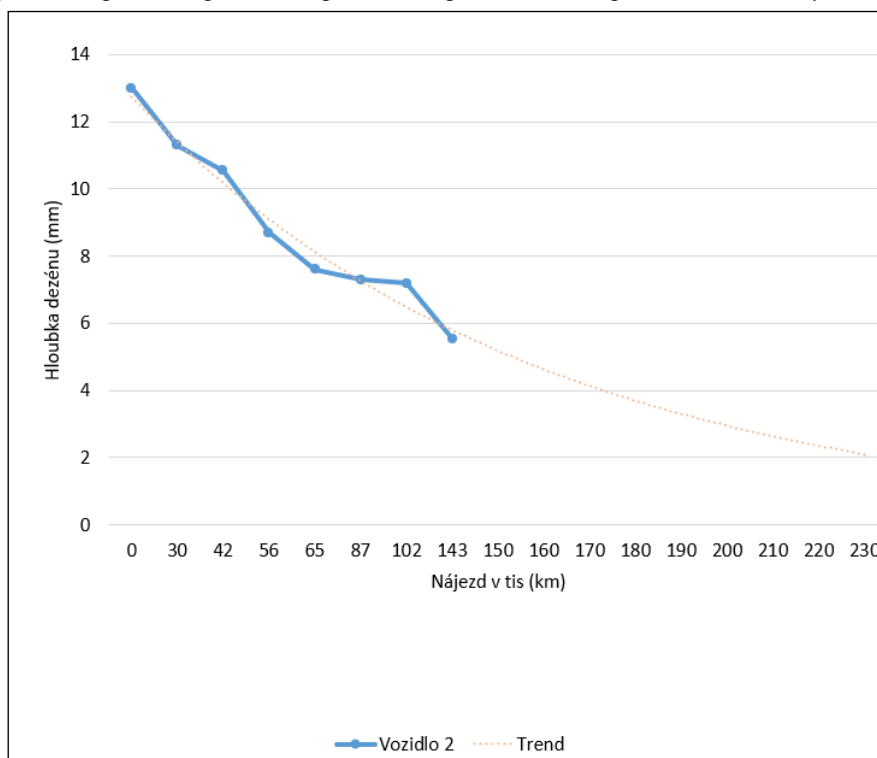
Vozidlo 2 se sbíhavostí 4 mm / 1 m bylo sledováno 143 367 km. Pneumatiky byly sundány ve stavu ještě neopotřebovaném, a to z důvodu ucházejícího ventilu. Vozidlo 2 tak dále pokračovalo s jinými pneumatikami a v rámci měření se již nepodařilo nechat tyto pneumatiky nasadit zpět na toto vozidlo.

Jako v případě Vozidla 1 je viditelné asymetrické opotřebení. V tomto případě ovšem vykazuje jiný charakter, neboť se zde sešly dva různé faktory, tedy nízký tlak a zvýšená sbíhavost. Na levé fotografii je vidět začínající zvýšené opotřebení vnějšího ramene. Na pravé fotografii je detail opotřebení typu river wear, které se objevilo na vnitřním rameni. Rovněž je zde vidět nižší opotřebení středových figur na běhounu, které potvrzuje dlouhodobější jízdu s nižším než předepsaným tlakem.

Dle metriky Fleet Check Tool se pneumatiky ke dni 3. 4. 2022 nachází v přibližně 65 % životnosti (35 % ještě zbývá) a předpokládaný nájezd činí celkově 221 000 km.



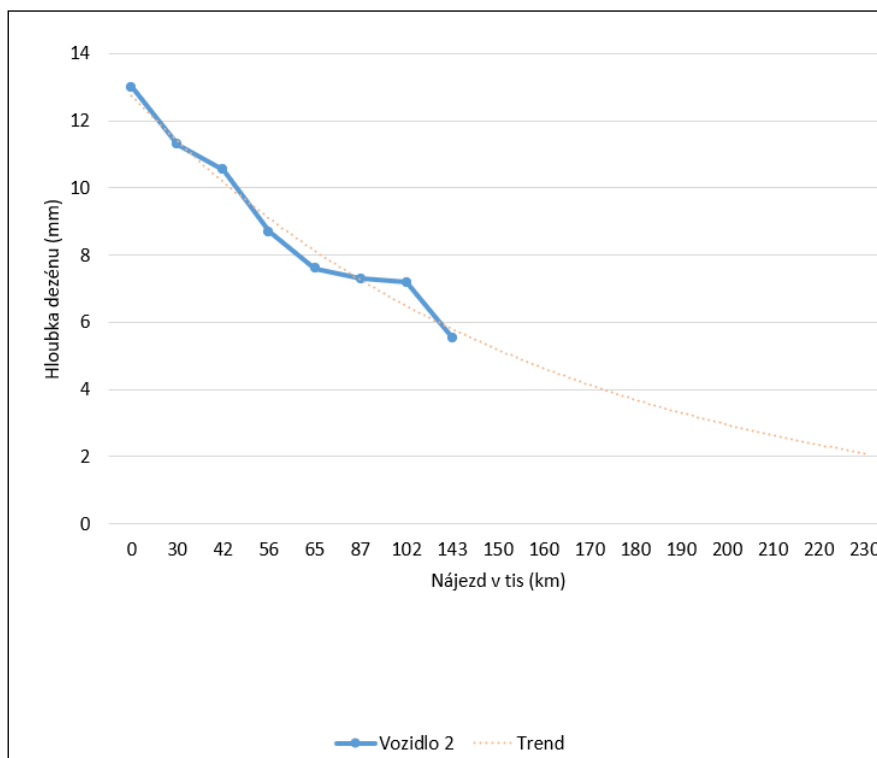
Obr. 8: Opotřebení předních pneumatik po sundání po 143 367 km provozu s mírně zvýšenou sbíhavostí



Graf 2: Vývoj opotřebení Vozidla 2 se střední sbíhavostí.

3.1.3 Vozidlo 3 (1-2 mm / 1 m)

Vozidlo 3 vykazovalo v první etapě nejmenší rychlost opotřebení běhounu, jelikož sbíhavost by zde měla být nastavena dle předpisu výrobce. Poslední měření Vozidla 3 proběhlo při nájezdu pneumatik 132 194 km. Dle Fleet Check Tool byly přední pneumatiky opotřebený z 51 % (49 % životnosti ještě zbývalo) a celkový předpokládaný nájezd má být dle metriky Fleet Check Tool 257 945 km. Původní předpokládaná životnost předních pneumatik je 250 000 a více. Data tak ukazují, že testované pneumatiky Barum jsou skutečně schopné původní životnosti, pokud je sbíhavost nastavena správně. Je nutné ovšem vzít v úvahu, že přesnější odhad životnosti je až při vyšším opotřebení, jelikož není jisté, zda do rychlosti opotřebení nevejdou ještě další faktory, jako je zatížení, jízdní profil apod.



Graf 3: Vývoj opotřebení Vozidla 3 se standardní sbíhavostí.

3.2 Vliv na spotřebu paliva

Spotřeba paliva byla v průběhu celého testování měřena a vyhodnocována telematikou ve vozidlech DAF. Data jsou dále procesována systémem EchoTrack společnosti Auris CZ s. r. o. na měsíční bázi. Mezi sledované hodnoty patří:

- Řidiči, kteří vozidlo řídili (vyhodnocováno dle dat z tachografu).
- Celkový čas jízdy.
- Celkový čas stání.
- Počet zastávek / 100 km.
- Čas volnoběhu.
- Ujetá vzdálenost.
- Průměrná spotřeba
- Podíl nízké, střední a vysoké zátěže a průměrná spotřeba v těchto pásmech.
- Podíl jízdy na tempomat.
- Průměrná rychlost.
- Podíl překročení rychlosti.
- Podíl překročení otáček.
- Zatížení motoru.
- Podíl jízdy na nejvyšší převod.
- Podíl volných dojezdů.
- Podíl jízdy s plynovým pedálem na maximum.
- Počet brzdění na 100 km.
- Počet kritických brzdění.
- Vypočítané skóre eko jízdy.

Posouzení vlivu geometrie na opotřebení netriviální problém s velkým množstvím proměnných parametrů, jako je zatížení, tlak pneumatik, jízdní profil, jízdní styl řidiče a další. Pro získaná data byla zavržena metrika na základě porovnání aritmetických průměrů, neboť se jeví jako nedostatečná. Zjištění vlivu nesprávně nastavené geometrie na spotřebu paliva bylo provedeno u jednoho vozidla, a to u toho s největší nastavenou sbíhavostí. U vozidla se středně

nastavenou sbíhavostí telematika nefungovala správně a u vozidla se správně nastavenou sbíhavostí by nebylo co zjišťovat. Porovnávat spotřeby vozidel mezi sebou je bezpředmětné, neboť trasy, zatížení, nájezd i řidiči jsou rozdílní.

Zvolen byl proto výběr konkrétních měsíců z období, kdy vozidlo jezdilo ještě s běžně nastavenou geometrií a z období provozu s vysokou sbíhavostí. Mezi těmito měsíci bylo možné nalézt navzájem takové, kde bylo vozidlo provozováno s podobným poměrem zatížení. V rámci získaných dat se podařilo nalézt z celkových 7 měsíců provozu s vysokou sbíhavostí 3 takové, které měly podobné rozdělení zatížení a alespoň řádově srovnatelný měsíční nájezd. U těchto nalezených měsíců se podařilo prokázat, že v období s vysokou sbíhavostí se spotřeba zvýšila v prvním případě o 0,8 l / 100 km, ve druhém případě o 0,3 l / 100 km a ve třetím případě o 1,2 l / 100 km. To je v průměru zvýšení o 0,76 l / 100 km paliva. Průměrná spotřeba paliva Vozidla 1 dle všech dostupných dat činí 29,6 l / 100 km. Zvýšení o 0,76 l / 100 km znamená zvýšení o 2,56 %.

Pro zpřesnění výsledků by bylo potřeba provést více jízdních testů, a to na pravidelné trase. Ze získaných dat lze ovšem s vysokou mírou jistoty konstatovat, že nesprávně nastavená geometrie vliv na spotřebu paliva má a zvyšuje ji v průměru o 2,56 %. Je zřejmé, že jízdni styl, celkové zatížení, profil trasy a povětrnostní podmínky se na celkové spotřebě budou podílet výrazně znatelněji.

3.3 Vliv na bezpečnost provozu

Vliv nastavení geometrie na jízdni vlastnosti budeme posuzovat na základě výpovědi řidičů, kteří svá vozidla každodenně řídí a znají. Nejzajímavější zjištění jsou ta z rozhovoru s řidičem Vozidla 1. Řidič má toto vozidlo přiděleno od začátku jeho provozu, má s ním tedy najeto již více než 800 000 km. Zjišťovány byly okolnosti konstatování, že pneumatiky je třeba vyměnit pro jejich vysoké opotřebení a subjektivní hodnocení toho, jak se s vozidlem jezdilo.

Dle tvrzení řidiče Vozidla 1 bylo toto vozidlo řiditelné stejně před změnou sbíhavosti, po nastavení vysoké sbíhavosti i po návratu geometrie zpět do normálu. Nebyl poznat žádný rozdíl. Vozidlo netáhlo na žádnou stranu, ani nebyly znatelné vyšší jízdni odpory a ani se nijak nesnížil komfort. Pneumatiky na konci životnosti řidič zpozoroval namátkou, když kola byla vytočena, a tak bylo dobře vidět na běhoun.

Vliv na bezpečnost lze dovodit z toho, jak rychle se mohou pneumatiky opotřebit. Pokud se stav pneumatik sleduje alespoň na týdenní bázi, lze opotřebení, kdy se na běhounu odhalí nárazník, včas odhalit dříve, než bude pneumatika natolik poškozena, že by mohlo dojít k defektu. Ani při vysoké sbíhavosti se přední pneumatiky neopotřebí na mez konce životnosti například za běžný turnus řidiče v mezinárodní nákladní dopravě. Zároveň je velmi pravděpodobné, že pokud by sbíhavost byla velmi vysoká, a to takovým způsobem, že by se pneumatiky opotřebovaly ještě vyšším tempem nebo vyloženě náhle, tak by to již na jízdni vlastnostech vozidla muselo být s největší pravděpodobností poznat. Při velmi vysoké sbíhavosti vzniká nadměrné tření a je pravděpodobná i vyšší hlučnost při provozu a zvýšené jízdni odpory. Taková velmi vysoká sbíhavost by mohla být viditelná i pouhým okem. Pokud uvažujeme řidiče, který při náznaku opotřebené pneumatiky vozidlo odstaví a nebude ho dále provozovat, pak lze říct, že velká sbíhavost nemá přímý akutní dopad na bezpečnost silničního provozu. Pokud se ovšem zanedbají pravidelné kontroly, může už opotřebená pneumatika představovat riziko, a to zejména při dálničním provozu. Pokud se podíváme na další parametry geometrie, vážný dopad na bezpečnost může mít asymetrická geometrie, kdy vozidlo má tendenci táhnout na stranu. Zejména pokud vozidlo táhne ke středu vozovky, jde o velmi nebezpečnou situaci.

Celkově lze z uvedených informací konstatovat, že geometrie přední nápravy do jisté míry nemusí mít přímo vliv na jízdni vlastnosti, pokud se bavíme o sbíhavosti. Další parametry geometrie mohou mít dopad na jízdni vlastnosti vyšší, ale vždy záleží na míře nesprávného nastavení daného parametru.

3.4 Vliv na ekonomiku provozu

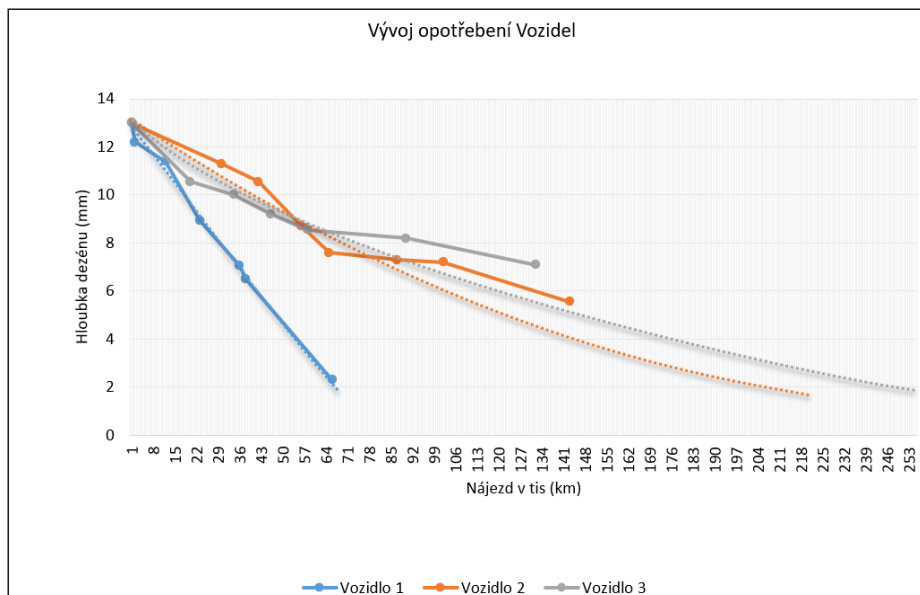
Uvažujme modelovou situaci, kdy porovnááme náklady na provoz u vozidla s nesprávně nastavenou (větší) sbíhavostí přední nápravy a u vozidla s běžně nastavenou sbíhavostí. v modelové situaci uvažujeme nájezd 250 000 km, což je prokázána životnost předních pneumatik při provozu se správně nastavenou geometrií. Hranice 250 000 km je také často u těžkých nákladních vozidel uvažována jako čtvrtina předpokládané životnosti (společnosti se často vozidel zbavují při nájezdu kolem 1 000 000 km).

Pokud se spotřeba průměrně zvýší o 0,76 l / 100 km, pak to na 250 000 km znamená, že nákladní vozidlo spotřebuje o 1 900 litrů paliva více. Při současné ceně pohonných hmot 33 Kč / l (ke dni 28. 4. 2023) znamená 1 900 litrů paliva navíc náklady ve výši 62 700 Kč. Dále je potřeba započítat cenu pneumatik, která dle portálu e-agropneu.cz činí 14 974 Kč s DPH za 1 kus Barum BF 200 R. Při správném nastavení geometrie nám na 250 000 km bude stačit jedna sada pneumatik. Pokud počítáme náklady navíc, tak při životnosti 66 000 km u vozidla s vysokou sbíhavostí budeme potřebovat 4 sady předních pneumatik. Z toho 3 sady pneumatik jsou navíc, což činí vícenáklad ve výši 89 844 Kč s DPH. Náklady na výměnu pneumatik mohou být ve výši 600 Kč s DPH za 1 kolo. Tři výměny dvou předních pneumatik budou stát 3600 Kč s DPH navíc. Dohromady vysoká sbíhavost na přední nápravě může stát až 156 144 Kč s DPH.

Vícenáklady ve výši 156 144 Kč s DPH na 250 000 km provozu lze vyjádřit též v nákladech na 1 km, kdy zvýšená sbíhavost může zvýšit cenu na 1 km až o 0,62 Kč.

4 ZÁVĚR

Bylo prokázáno, že sbíhavost má zásadní vliv na opotřebení běhounu předních pneumatik. Životnost se u jedné sady pneumatik snížila na přibližně 26 % dosažitelné životnosti dané pneumatiky. U druhé sady pneumatik došlo ke snížení na 84 % dosažitelné životnosti. Třetí sada pneumatik, umístěná na vozidle se správnou geometrií se opotřebovávala dle předpokladů a dosažitelnou životností by tato sada byla schopna naplnit. **Graf** znázorňuje vývoj opotřebení předních pneumatik u všech vozidel a přibližný trend budoucího vývoje.



Graf 4: Graf vývoje opotřebení u všech vozidel.

Dále bylo prokázáno, že nadměrná sbíhavost má vliv i na spotřebu paliva, zvyšuje ji. Podle získaných dat a navržené metriky bylo prokázáno zvýšení spotřeby v průměru o 0,76 l paliva na 100 km. Což je při průměrné spotřebě 29,6 litrů zvýšení o 2,56 %. Vliv je poměrně malý ve srovnání s ostatními vlivy, jako je zatížení vozidla, jízdní styl a profil trasy, ale při dlouhodobějším provozu se i takové zvýšení projeví negativně.

Na modelové situaci jsme při nájezdu 250 000 km analyzovali vícenáklady pro vozidlo s vysokou sbíhavostí, které činí 156 144 Kč navíc oproti vozidlu se sbíhavostí dle požadavků výrobce. To činí zvýšené náklady ve výši 0,62 Kč / km.

Literatura

- [1] SLÁMA, Vladimír. *Vliv nastavení geometrie podvozku nákladního vozidla na opotřebení běhounu pneumatiky a spotřebu paliva*. Brno, 2022. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/135640>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znalectví ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel. Vedoucí práce Ing. et Ing. Bc. Martin Bilík, Ph.D.
- [2] FUCHSOVÁ, Kateřina. *Vliv nastavení geometrie vozidla na opotřebení běhounu pneumatiky*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/127916>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znalectví ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel. Vedoucí práce Martin Bilík
- [3] *TL-G1 Product specification: RMS Omega Technologies* [online], [cit. 2023-04-20] Dostupné z: http://rmsomega.com/wp-content/uploads/2018/02/TLG1_Probe_ENG_v01.pdf
- [4] *Fieldmann FDAM 0201*: [tsbohemia.cz](https://www.tsbohemia.cz) [online], [cit. 2023-04-20] Dostupné z: https://www.tsbohemia.cz/fieldmann-fdam-0201_d316829.html

Recenzoval

Michal Belák, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, odborný asistent, Purkyňova 464/118 Brno, +420 541 148 913, michal.belak@vut.cz

HODNOCENÍ BEZPEČNOSTI NA PŘECHODECH PRO CHODCE V DOBĚ SNÍŽENÉ VIDITELNOSTI

EVALUATION OF SAFETY AT PEDESTRIAN CROSSINGS IN REDUCED VISIBILITY

Gabriela Zikánová¹, Tomáš Blodek², Pavel Vrtal³

Abstrakt

Jedním z důležitých faktorů ovlivňující bezpečnost silničního provozu za snížené viditelnosti je především osvětlení dopravního prostoru, neboť schopnost rozlišovat objekty, ale i rychlost jejich vnímání je závislá na míře osvětlení a také na kontrastu vnímaných prvků. Konkrétně přechody pro chodce jsou velmi kritickým místem vzniku dopravní nehody při překonávání vozovky za snížené viditelnosti. Dlouhodobé výsledky šetření dopravních nehod evidovaných v době snížené viditelnosti ukazují, že na výskyt nočních nehod má vliv nejen technický stav komunikací, technický stav vozidel, chování řidičů, povětrnostní podmínky, ale ve významné míře také viditelnost v nočním dopravním prostoru komunikace. Tento článek představuje metodu vyhodnocení světelných podmínek na přechodech pro chodce za snížené viditelnosti.

Abstract

One of the important factors influencing road safety in reduced visibility is the illumination of the traffic area as the ability to distinguish objects and the speed of their perception depends on the level of illumination and the contrast of the perceived elements. In particular pedestrian crossings are a very critical location for traffic accidents when crossing the road in reduced visibility. Long-term results of investigations of traffic accidents registered that during periods of reduced visibility the occurrence of night accidents is influenced not only by the technical condition of roads, the technical condition of vehicles, driver behaviour, weather conditions but also to a significant extent by visibility in the night road area. The following article presents a method for evaluating the luminance analysis at pedestrian crossings in reduced visibility.

Klíčová slova

bezpečnostní inspekce pozemní komunikace; noční bezpečnostní inspekce pozemní komunikace; osvětlení dopravního prostoru; jasová analýza; bezpečnost chodců; přechod pro chodce

Keywords

Road Safety Inspection; Night Road Safety Inspection; Road Lighting; Luminance Analysis; Pedestrian Safety; Pedestrian Crossing

1 ÚVOD

V současné době je problematika bezpečnosti na pozemních komunikacích velmi časté téma, neboť s rozvojem dopravy a se zvyšujícím se počtem silničních motorových vozidel roste také nutnost řešit problematiku bezpečnosti v dopravě. Pro zamezení růstu počtu dopravních nehod, snižování jejich následků a zároveň pro zvyšování bezpečnosti na pozemních komunikacích byla vyvinuta řada nástrojů, jejichž cílem je dosáhnout zvýšení bezpečnosti na pozemních komunikacích. Jedním z těchto nástrojů je Bezpečnostní inspekce pozemní komunikace (dále jen „BI PK“), která se zabývá silničním provozem za denních podmínek. Problematikou bezpečnosti za snížené viditelnosti se zabývá noční bezpečnostní inspekce pozemní komunikace (dále jen „noční BI PK“). [7][2][3][4]

Noční BI PK je systematická, pravidelná a formální prohlídka stávajících PK za snížené viditelnosti. Cílem zhotovitelského týmu je u noční BI PK vyhodnocení rizikových faktorů na posuzovaném úseku, ověření viditelnosti na komunikacích v intravilánu a v extravilánu spolu s výskytem veřejného osvětlení či bez veřejného osvětlení (dále jen „VO“). Základní funkcí VO je zabezpečení viditelnostních podmínek pro řidiče vozidel, bezpečný pohyb a orientace chodců především v intravilánových úsecích. Vlivem chybně provedeného VO vznikají v dopravním prostoru významné kontrastní stíny ovlivňující vnímání nočního dopravního prostoru zejména pro řidiče vozidel. Z tohoto lze vyvodit závěr, že VO obecně ovlivňuje bezpečnost nočního dopravního prostoru. [7][2][3][4][5]

¹ Gabriela Zikánová, Bc., ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav soudního znaleství v dopravě, Konviktská 20, 110 00 Praha, zikangab@fd.cvut.cz

² Tomáš Blodek, Bc., ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav soudního znaleství v dopravě, Konviktská 20, 110 00 Praha, blodetom@fd.cvut.cz

³ Pavel Vrtal, Ing., ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav soudního znaleství v dopravě, Konviktská 20, 110 00 Praha, vrtal@fd.cvut.cz

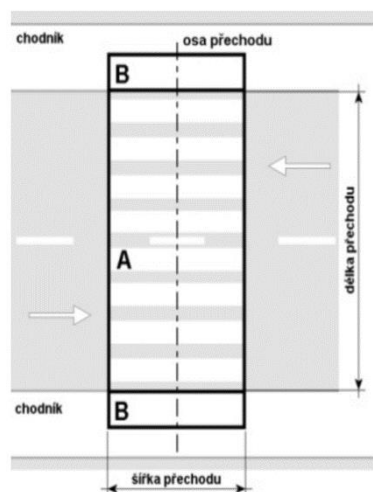
Jednou z měřících metod ověřující světelné podmínky za snížené viditelnosti je jasová analýza, jež umožňuje plošné měření a následné analyzování rozložení jasu na osvětlovaných plochách či světelných zdrojích. Cílem tohoto článku je představení metody vyhodnocení světelných podmínek na přechodech pro chodce, neboť v těchto místech nejčastěji dochází ke křížení motorové dopravy s nejzranitelnějšími účastníky silničního provozu.

2 SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

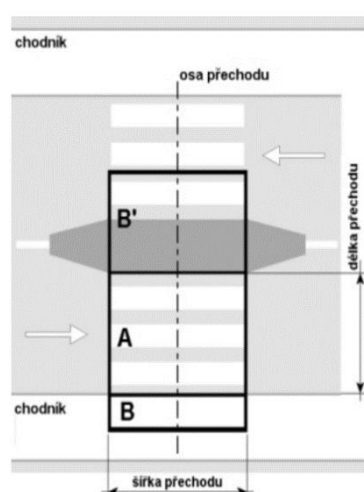
Navzdory slabšímu provozu jsou nehody na silnicích za snížené viditelnosti častější a závažnější než ve dne. Téměř 50 % smrtelných nehod se stane za tmy, ačkoli noční provoz představuje pouze 25 % všech ujetých kilometrů. Více než 80 % smyslových vjemů, které zaznamenáváme, je závislých na našich očích. Nepříznivé zrakové podmínky snižují množství informací, které je schopen účastník silničního provozu vnímat, což může přispět ke vzniku rizikových situací. Lidské oko nepracuje ve tmě tak dobře jako za světla, proto se snižuje zraková ostrost a schopnost rozlišovat barvy, hůře se odhadují vzdálenosti a vidění je značně zhoršeno oslněním. Adekvátní VO tak přispívá k větší bezpečnosti v noci, protože napomáhá nebo dokonce umožňuje minimalizovat negativní vliv zhoršené viditelnosti. [6]

Noční BI PK je specificky zaměřena na rozbor světelných podmínek (osvětlenost, jasové poměry) v dopravním prostoru a jeho bezprostředním okolí, přičemž je sledována především viditelnost chodců. [4]

Přechod pro chodce je dispozičně rozdělen do několika částí, přičemž každá z těchto částí má rozdílné požadavky na osvětlení. Základní prostor přechodu pro chodce (A) určuje úsek, který se nachází přímo v místě přecházení vozovky. Neproloužený doplňkový (B) prostor vymezuje úsek, který je vstupem na přechod pro chodce na chodníkové ploše. Prodloužený doplňkový prostor (B') se vymezuje v případech, jestliže je směr jízdy rozdělen na levý a pravý jízdní pruh pomocí dopravního ostrůvku. Obrázek 1 a Obrázek 2 znázorňují výše uvedené prostory přechodu pro chodce. Vyznačené oblasti platí pro levý směr jízdy. Pro opačný směr jízdy je situace analogická. [7][8]

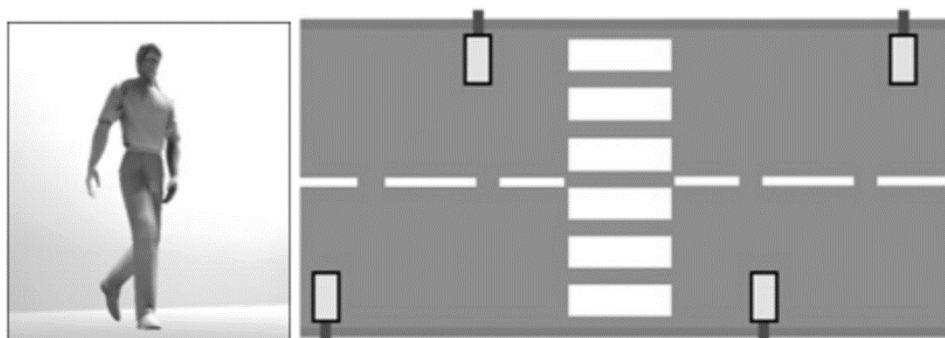


Obr. 1: Přechod pro chodce. [8]



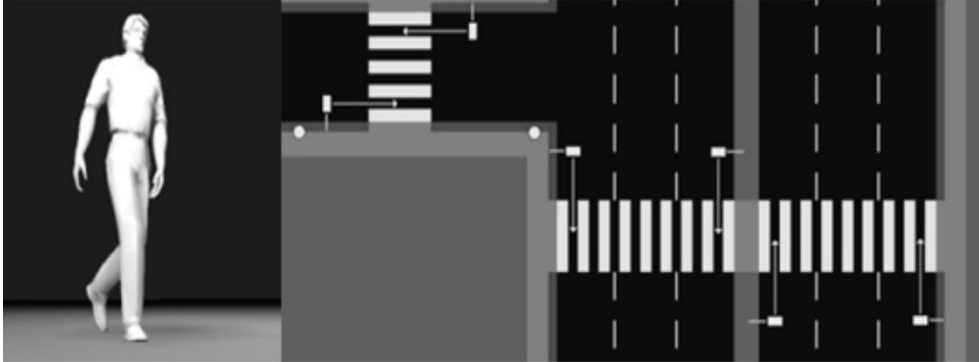
Obr. 2: Přechod pro chodce s ochranným ostrůvkem. [8]

Existují dva způsoby, jak zviditelnit chodce na přechodu pro chodce pomocí osvětlení a zvýšit tím jeho postřehnutelnost řidičem v době snížené viditelnosti. První možnost spočívá v dosažení tzv. negativního kontrastu (Obrázek 3). V tomto případě není nutné zřizovat doplňkové osvětlení, neboť světelný zdroj umístěný za přechodem pro chodce zvyšuje jas vozovky a tím se silueta chodce projevuje jako tmavá na světlém pozadí. Osvětlení přechodu pro chodce s negativním kontrastem se využívá tam, kde není komunikace osvětlena veřejným osvětlením. [4][7]



Obr. 3: Negativní kontrast a způsob, jak negativního kontrastu dosáhnout. [7]

Druhou možností je tzv. pozitivní kontrast (Obrázek 4), což znamená, že je chodec vnímán jako světlá silueta na tmavém pozadí. Tohoto principu je dosaženo přisvětlením před přechodem pro chodce z pohledu přijíždějícího vozidla. Přisvětlení je realizováno pomocí světelných zdrojů umístěných obvykle 1 až 2 metry od přechodu pro chodce, aby bylo dosaženo požadovaného vertikálního nasvětlení chodců. Tato vzdálenost se může lišit v závislosti na konkrétním typu světelného zdroje, proto je vždy nutné provést světelně-technický výpočet. [4][7]



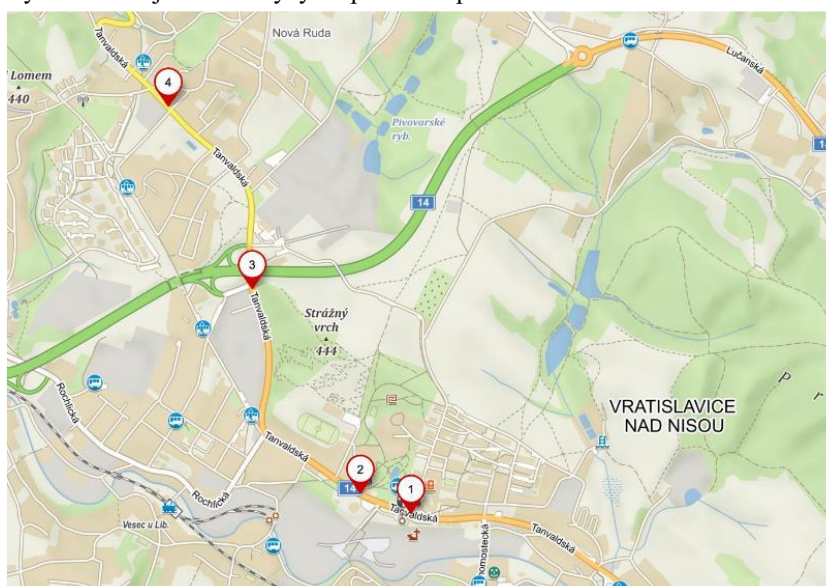
Obr. 4: Pozitivní kontrast a způsob, jak pozitivního kontrastu dosáhnout. [7]

3 METODA

Následně je uvedena metoda zvoleného postupu pro ověření světelných podmínek na přechodech pro chodce za použití jasové analýzy. Nejprve proběhlo statistické vyhodnocení nehodovosti na přechodech pro chodce v Libereckém kraji, a to v časovém období 2020 až 2022 vždy od 1.1. do 31.12. daného roku. K analýze nehodovosti byly nastaveny následující okrajové podmínky:

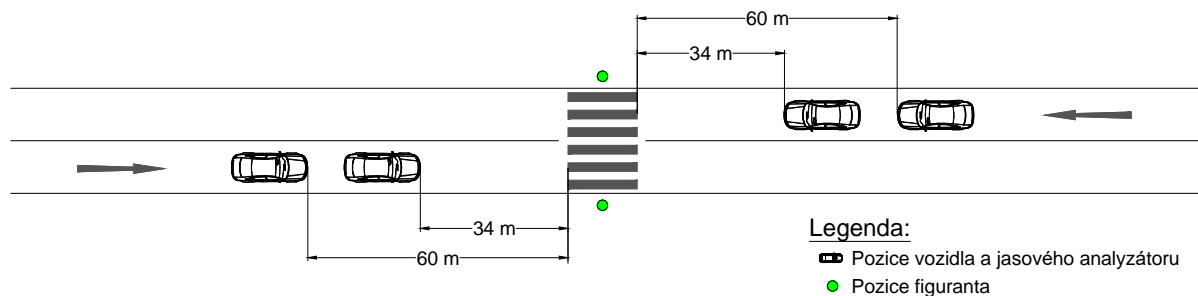
- druh nehody: srážka s chodcem;
- druh pozemní komunikace: silnice I. třídy;
- hlavní příčiny nehody: chodci na vyznačeném přechodu;
- viditelnost: v noci.

Za tříleté sledované období se v Libereckém kraji stalo celkem 5 nehod s následky na zdraví na přechodech pro chodce, kdy zraněním podleli dva chodci. Z tohoto důvodu byly vytipovány čtyři rizikové přechody pro chodce v městském obvodu Liberec – Vratislavice nad Nisou na silnici I/14 a I/14J (Obrázek 5), kde byla provedena lokální prohlídka za snížené viditelnosti spolu s vyhodnocením jasové analýzy. V rámci tohoto článku je pro názornou ukázkou uveden jeden příklad vyhodnocení jasové analýzy na přechodu pro chodce.



Obr. 5: Mapa analyzovaných přechodů pro chodce. [9]

Měření jasových podmínek se uskutečnilo v nočních hodinách v době astronomické noci (Slunce je hluboko pod obzorem a jeho světlo se již v zemské atmosféře nerozptyluje), při nezhoršených klimatických podmínkách, a to pomocí jasové kamery LDA-LumiDISP. Obrázek 6 znázorňuje schématické znázornění měření, kdy jas na přechodech pro chodce byl měřen z pozice pozorovatele ve vzdálenosti 60 m a následně 34 m (zábrazdná vzdálenost na rychlost 50 km/h) před osou přechodu, uprostřed odpovídajícího jízdního pásu a ve výšce 1,5 m nad vozovkou z obou jízdních směrů. Na přechod pro chodce byli situováni figuranti v tmavém oblečení, jejichž umístění bylo na obou stranách nástupních zón a současně v ose středu přechodu pro chodce. U automobilu byly aktivovány potkávací světlomety. Současně bylo nutné eliminovat veškeré parazitní zdroje světla (světlo ze světlometů ostatních, resp. protijedoucích automobilů), aby neovlivňovaly měření. [4][9]



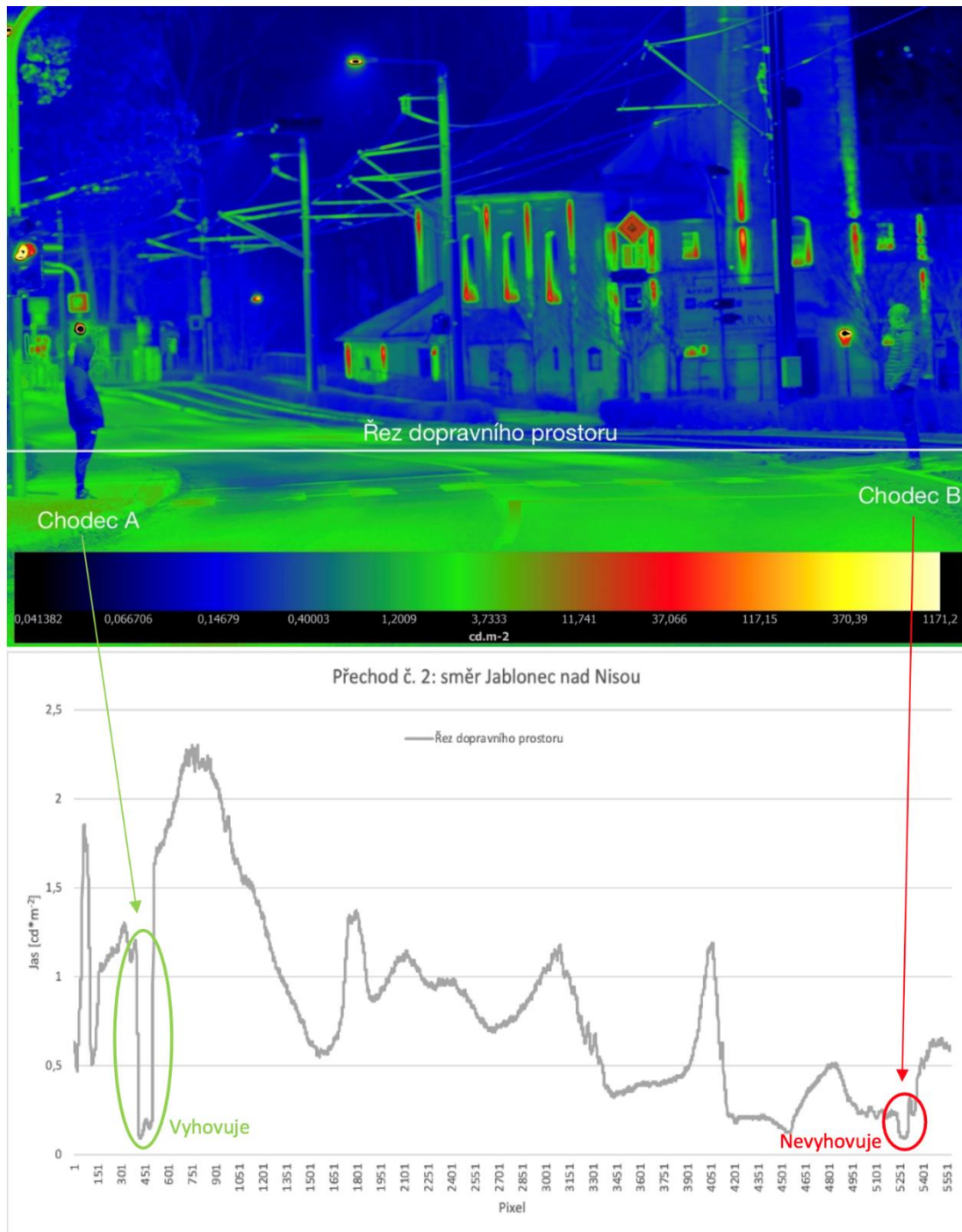
Obr. 6: Schématické znázornění měření jasové analýzy.

Před začátkem samotného měření byly nastaveny tři faktory ovlivňující expozici snímku, a to expoziční čas (doba, jak dlouho působí světlo na senzor), clonové číslo (průměr kruhového otvoru ve středu objektivu) a citlivost ISO (elektronicky řízená citlivost senzoru na světlo). Cílem bylo získat HDR fotografii, které se docílí vytvořením několika fotografií v různých expozicích, tím se pokryje celý dynamický rozsah jasů od malých po vysoké hodnoty. Z tohoto důvodu byla potřeba z každé pozice provést měření pro čtyři expoziční časy. Po celou dobu měření byly nastavené následující hodnoty: ISO 1600, clonové číslo $f/2.8$ a expoziční časy 1 s, 1/2 s, 1/10 s a 1/500 s. [10]

4 VYHODNOCENÍ

Cílem je ze čtyř digitálních fotografií za různých expozičních časů v softwarovém prostředí produktu LDA-LumiDISP vytvořit z každé měřené polohy výslednou fotografii HDR, kdy každý pixel nese informaci o jasu označeném L [cd/m^2]. Následně byl v programu vytvořen řez HDR fotografií dopravního prostoru v místě nohou figurantů, aby mohl být vykreslen průběh jasu daným místem. Z průběhu jasu bylo poté zjištěno, zda chodec vyhovuje, resp. jestli je poměr jasu ve sledované oblasti mezi chodcem a pozadím ve větším poměru než 1:3. [4]

Obrázek 7 reprezentuje příklad vyhodnocení jasové analýzy na přechodu pro chodce ve vzdálenosti 60 m. Nejprve je uvedena již zmiňovaná HDR fotografie, která následně pomocí šipek odkazuje na průběhy jasů v místě nohou figurantů. Z výsledků je patrné, že chodec A vyhovuje, resp. poměr jasu ve sledované oblasti mezi chodcem a pozadím je ve větším poměru než 1:3. V důsledku realizace VO je chodec A rozpoznatelný od svého okolí podle světelných kontrastů, resp. je zde dosaženo negativního kontrastu. Oproti tomu chodec B nevyhovuje a není postřehnutelný, tudíž není zajištěn kontrast, který je pro blížícího se řidiče nezbytný k rozpoznání chodce na přechodu pro chodce. Na základě tohoto zjištění bylo v tomto místě na pozici chodce B navržena realizace přívsvícení přechodu pro chodce, aby bylo dosaženo negativního kontrastu.



Obr. 7: Schéma vyhodnocení jasové analýzy na přechodu pro chodce.

5 DISKUZE

Obecné limity této měřicí metody jsou spatřovány především v době provádění. Měření je doporučeno provádět v době astronomické noci, kdy nastávají vhodné podmínky. Právě z důvodu realizace činností za snížené viditelnosti je nutno dbát na bezpečnost práce, neboť zde hrozí vznik rizikových situací.

Způsob měření byl pro konkrétní podmínky upraven a to tak, že pro potřeby vyhodnocení byl jas na přechodech pro chodce posouzen pouze z pozice pozorovatele ve vzdálenosti 60 m před osou přechodu, jak udává ČSN EN 13201-3. Standardně by mělo být uvažováno současně i vyhodnocení z pozice pozorovatele ve vzdálenosti 34 m před osou přechodu pro chodce. V rámci analyzovaných přechodů bylo dostačující uvažovat pouze vzdálenost 60 m, a to z důvodu, že výsledné hodnoty jasu byly pro obě měřené vzdálenosti obdobné. [4][11]

6 ZÁVĚR

V zájmu zajištění bezpečnosti dopravního prostoru je třeba aplikovat a kombinovat veškeré nástroje pro zamezení růstu dopravních nehod, snižování jejich následků nejen ve dne, ale i za snížené viditelnosti. Z analýzy nehodovosti vyplývá, že velká část dopravních nehod, která je evidována v nočních hodinách, je způsobena špatnými jasovými poměry a viditelností dopravního prostoru. Současně platí fakt, že noční dopravní prostor je významně rozdílný, neboť řidič vnímá přibližně 40 % prostoru, zatímco ve dne 100 %. [3]

Při navrhování přechodů pro chodce a řešení jejich osvětlení, je třeba tuto problematiku řešit z několika hledisek. Je třeba uvažovat nejen zákonné požadavky na samotný přechod pro chodce, ale také požadavky na jeho osvětlení, a to především z důvodu vyšší úrovně bezpečnosti za snížené viditelnosti. Veřejné osvětlení je ve většině případů zdrojem jasu na pozadí, tudíž na něm velmi závisí hodnota kontrastu mezi chodcem a pozadím. Současně musí být zajištěna odpovídající hodnota jasu na pozadí nejen před přechodem pro chodce, ale i za ním. [7]

Obdobný postup měření byl aplikován na všechny analyzované přechody pro chodce. Na základě výsledků jednotlivých měření byla ke každému přechodu pro chodce navržena sanační opatření vedoucí ke zvýšení bezpečnosti. Právě tato skutečnost představuje jeden z důvodů, aby byla na silniční síti realizována noční bezpečnostní inspekce PK, neboť jen takto dosaženo celospolečensky přijatelné úrovně bezpečnosti silničního provozu a naplnění cíle postupného snižování nehodovosti, ke kterému se ČR zavázala v rámci dokumentu tzv. „Bílé knihy“. [3][12]

Tato práce byla podpořena v rámci projektu VIZE 0 na základě soutěže MOJE VIZE NULA: Studenti pro bezpečné silnice.

Literatura

- [1] ELVIK R.; VAA T.: *The Handbook of Road Safety Measures*. Elsevier. 2004. ISBN 0–08–044091–6.
- [2] PIARC. *Road Safety Manual*. The World Road Association [online]. 2004 [cit. 2.4.2023]. Dostupné z WWW: <<https://roadsafety.piarc.org/en>>
- [3] Metodika provádění. *Bezpečnostní inspekce pozemních komunikací*. Brno, CDV, v.v.i., 2013.
- [4] Metodika provádění. *Noční bezpečnostní inspekce pozemních komunikací*. Ostrava, VŠB – TU Ostrava. 2020. ISBN: 978-80-248-4377-3
- [5] ŠACHL, J.; ŠACHL, J. (ml.); SCHMIDT, D.; MIČUNEK, T.; FRYDRÝN, M.: *Analýza nehod v silničním provozu 2*, Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT. 2010. ISBN 978-80-01-04638-8
- [6] Armas, J.; Laugis, J.: *Increase pedestrian safety by critical crossroads: Lighting measurements and analysis*. 2007. Paper presented at the 2007 European Conference on Power Electronics and Applications, EPE, doi:10.1109/EPE.2007.4417340
- [7] Baleja, R.; Bos, P.; Novak, T.; Sokansky, K.; Hanusek, T.: *Increasing of visibility on the pedestrian crossing by the additional lighting systems*. 2017. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 236(1) doi:10.1088/1757 899X/236/1/012099
- [8] Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací. *Kapitola 15: Osvětlení pozemních komunikací*. Ministerstvo dopravy, 2015.
- [9] Mapy.cz [online]. [cit. 21.4.2023]. Dostupné z WWW: <mapy.cz/>
- [10] NÁLEVKKA, L. *Software na vytvoření jasové mapy z digitální fotografie*. 2014. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická. Ing. Lubomír Musálek. Dostupné z WWW: <<https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/24869/F3-DP-2014-Nalevka-Lukas-prace.pdf?sequence=3&isAllowed=y>>
- [11] ČSN EN 13201-3. *Osvětlení pozemních komunikací – Část 3: Výpočet*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [12] Bílá kniha. *Plán jednotného evropského dopravního prostoru – vytvoření konkurenceschopného dopravního systému účinně využívajícího zdroje*. Brusel. 2014.

Recenzoval

Ing. Albert Bradáč, Ph.D., Ústav soudního inženýrství VUT v Brně, zástupce vedoucího OAN, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno – Královo Pole, +420 541 148 911, Albert.Bradac@vut.cz

VLIV TURISTIKY NA CENY BYTOVÝCH JEDNOTEK V ČESKÉM KRUMLOVĚ

THE INFLUENCE OF TOURISM ON THE PRICES OF RESIDENTIAL UNITS IN CZECH KRUMLOV

David Brandejs ¹

Abstrakt

Nejen v ekonomicky vyspělých zemích je s významnou částí národního hospodářství spojen cestovní ruch, který bývá také označován pojmy turistika a turismus, ale i některé méně ekonomicky vyspělé země z něho mohou prosperovat, a dokonce na něm být i závislé. Turismus a s ním spojené služby mají pozitivní vliv na ekonomiku a významně zvyšují tuzemský hrubý domácí produkt. Zvyšující se obliba v cestování, která se projevovala zejména před pandemií viru SARS-CoV-2 a v této pandemii se propadla téměř na minimum, se pomalu dostává do stavu před touto pandemií. V turisticky vyhledávané lokalitě se cestovní ruch, se zvyšujícím se počtem turistů, kteří zde mnohdy utratí velké množství finančních prostředků, projevuje rozvojem místního podnikání. Tím se snižuje nezaměstnanost a cestovní ruch přináší nové pracovní možnosti, včetně ekonomického růstu dané lokality. Cestovní ruch, ale může mít, v některých případech, i negativní následky.

Turisté mnohdy vyprodukují spoustu odpadků, znečistí okolí, způsobují hluk v destinaci, v souvislosti s přepravou vzniká znečištění ovzduší emisemi oxidu uhličitého. To vše je jen krátký výčet některých negativních důsledků cestovního ruchu. Tyto vlivy mohou mít také dopad nejen na místní podnikání, ekonomický růst, celou lokalitu, ale také mohou ovlivňovat i ceny nemovitých věcí.

Se zvyšující se medializací a všeobecným podvědomím o turisticky vyhledávané lokalitě, logicky stoupá i počet turistů, kteří určitou lokalitu navštíví. S tím se zvyšuje i zájem o nemovité věci v této lokalitě a v jejím okolí. Poptávka po rekreačních objektech, budovách pro obchod, služby a ubytovací zařízení z tohoto důvodu stoupá. Se zvyšující se poptávkou cena těchto nemovitých věcí také logicky stoupá. Již méně se ale sleduje tento vliv u jiných typů nemovitých věcí, zejména rezidenčních nemovitostí, kde může být vliv turistiky i zcela opačný.

Studie vyhodnocuje tento faktor, který může mít jak pozitivní, tak i negativní následek. K vyhodnocení jsou použity statistické metody. Zejména se jedná o nástroje analýzy závislosti, tedy korelační a regresní analýzu.

Abstract

In some countries, a significant part of the national economy is associated with tourism, which is also referred to as tourism. Tourism and related services have a positive effect on the economy and significantly increase gross domestic product. The growing popularity of travel in the sought-after locality is reflected in the development of local business, reduces unemployment and brings new job opportunities, including the economic growth of the locality. Tourism, in some cases, can also have negative consequences.

Tourists often produce a lot of garbage, pollute the surroundings, cause noise in the destination, and in connection with transportation, air pollution is caused by carbon dioxide emissions. All this is just a short list of some of the negative consequences of tourism. These influences can also have an impact not only on local business, economic growth, the entire location, but can also affect real estate prices.

With increasing media coverage and general subconscious awareness of a location sought after by tourists, the number of tourists who visit a certain location also increases logically. With this, the interest in real estate in this location and its surroundings also increases. The demand for recreational facilities, buildings for trade, services and accommodation is increasing for this reason. As the demand increases, the price of these properties also logically increases. However, this influence is less often observed for other types of real estate, especially residential real estate, where the impact of tourism can be quite the opposite.

The study evaluates this factor, which can have both positive and negative consequences. Statistical methods are used for evaluation. In particular, these are tools for dependency analysis, i.e. correlation and regression analysis.

Klíčová slova

Cestovní ruch; cena bytových jednotek; bytová jednotka; vlivy; analýza závislosti.

¹ David Brandejs, Ing., ÚSI VUT v Brně, Purkyňova 464/118, Brno; tel.: 541 148 938, e-mail: david.brandejs@vut.cz

Keywords

Tourism; price of housing units; housing unit; influences; dependency analysis.

1 ÚVOD

Velmi významnou, turisticky vyhledávanou lokalitou v Jihočeském kraji je město Český Krumlov. Město Český Krumlov se nachází 22 km jihozápadně od Českých Budějovic, v úpatí Blanského lesa, protéká jím řeka Vltava. Žije zde více než 12 500 obyvatel.

Český Krumlov je rozlohou sice malé, ale svým významem velké město. Zasaženo do údolí řeky Vltavy na úpatí Blanského lesa dává vyniknout kráse a imponantnosti majestátního hradu a zámku, který ze skalního ostrohu jako by dohlížel na plynoucí život pod ním. Jedinečná atmosféra města a rozsáhlý komplex památek vytvořili z Krumlova jedno z turisticky nejnavštěvovanějších míst v České republice. Křivolaké uličky, romantická zákoutí, sgrafitové fasády měšťanských domů, hospůdky, kavárny, středověké krčmy, neporušená příroda všude kolem – to vše je Český Krumlov. Historie je dodnes v podobě starobylých památek v Českém Krumlově přítomna na každém kroku. Rozlohou nevelké historické jádro města nabízí na 300 památkově chráněných objektů a dodnes je zde možné obdivovat um a výtvarný cit středověkých stavitelů. Dochovaný původní vzhled a výzdoba gotické, renesanční a barokní architektury jsou fascinující. Četné fresky mnohdy představují doslova obrazárnu starých mistrů pod širým nebem. Pozornosti nemůže uniknout druhý největší hradní a zámecký komplex v České republice, zapsaný rovněž na seznamu památek UNESCO, nejstarší barokní divadlo na světě nebo monumentální trojlodní gotický chrám sv. Víta. Český Krumlov však nežije pouze historií, ale s odstupem času se stalo významným centrem živé kultury a umění. [3]

Město celoročně nabízí pestrou paletu kulturních a uměleckých akcí: od výstav současných umělců, přes pěvecká vystoupení hvězd hudebního nebe či představení v rámci tradičních městských slavností, až po speciální noční prohlídky či prohlídky města z hladiny řeky Vltavy nebo posezení ve stylových gastronomických zařízeních. Obklopen neporušenou krásnou přírodou láká Český Krumlov všechny, kdo chtějí zažít něco nezapomenutelného. [3]

Počet ubytovaných návštěvníků, nejen na těchto kulturních a uměleckých akcích a festivalech, eviduje Český statistický úřad (dále jen „ČSÚ“). Nejen této databáze bylo využito pro vytvoření statistického modelování.



Obr. 1: město Český Krumlov (Zdroj: Vlastní zpracování)

2 POUŽITÉ METODY, ZDROJE A ANALÝZA DAT A

Základním a nejdůležitějším podkladem pro vyhodnocení cíle výzkumu jsou cenové údaje realizovaných prodejů bytových jednotek a statistické údaje z veřejné databáze Českého statistického úřadu o vývoji cestovního ruchu.

V rámci výzkumného projektu jsou zkoumána 4 katastrální území v Jihočeském kraji, která byla z hlediska turistiky vyhodnocena jako nejnavštěvovanější. Jedná se o již zde popsany Český Krumlov a dále o k.ú. Hluboká nad Vltavou, České Budějovice a Třeboň.

V tomto příspěvku je představena pouze dílčí část dosažených výsledků, a tím je katastrální území okresního města Český Krumlov. K vyhodnocení vlivu turistiky na ceny nemovitostí s rezidenční funkcí je použita, výzkumníky velmi oblíbená statistická metoda, analýza závislosti. Nejdůležitějšími nástroji analýzy závislosti, které byly ve studii použity, jsou korelační a regresní analýza. Výstupem korelační analýzy je korelační koeficient, který mezi dvěma proměnnými označuje míru jejich vzájemné korelace, ať již pozitivní nebo negativní. Pro vyhodnocení síly korelace je použit Pearsonův korelační koeficient.

Regresní analýza je jednou z nejčastěji používaných statistických metod, která dokáže prozkoumat, mezi dvěma proměnnými, jejich vzájemný vztah. K verifikaci výsledků jsou použity i výsledky Anovy, např. T – test. Tento jednoduchý T – test je používán pro stanovení statistické významnosti jednotlivých regresních parametrů a F – test, který slouží pro stanovení statistické významnosti celého regresního modelu.

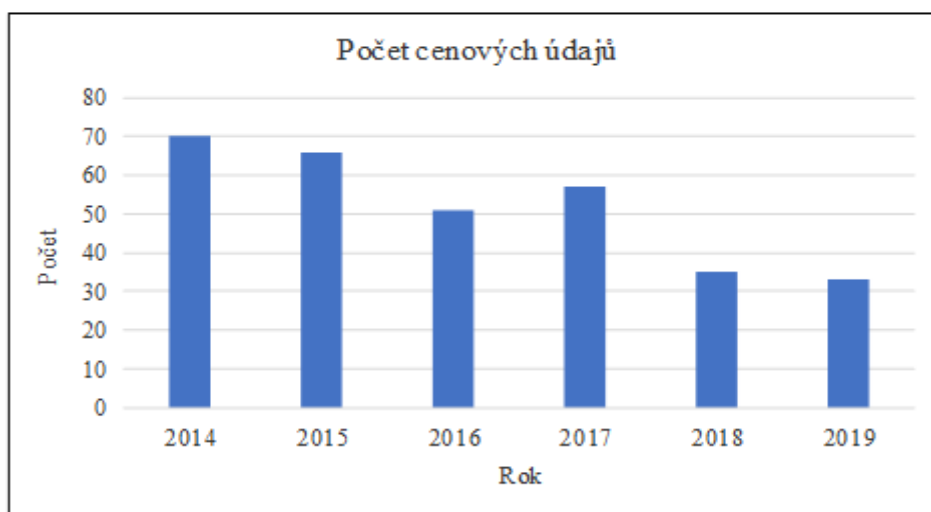
2.1 ANALÝZA DAT

V každém katastrálním území byla analyzována, v období let 2014–2020, data cenových údajů z uskutečněných prodejů. Tedy realizované prodejní ceny, které byly v každém roce, na základě podlahové plochy bytové jednotky, vyhodnoceny průměrem za 1 m² a následně otestovány společně s daty o vývoji turistiky v konkrétní lokalitě.

Statisticky významná abnormalita poklesu počtu návštěvníků (turistů) v letech 2020–2021, způsobená pandemií viru SARS-CoV-2, není z hlediska statistického posouzení do modelu vhodná a zcela by zkreslovala dosažené výsledky v regresní analýze. Z tohoto důvodu byla vyhodnocena celková data pouze v období let 2014 až 2019, včetně.

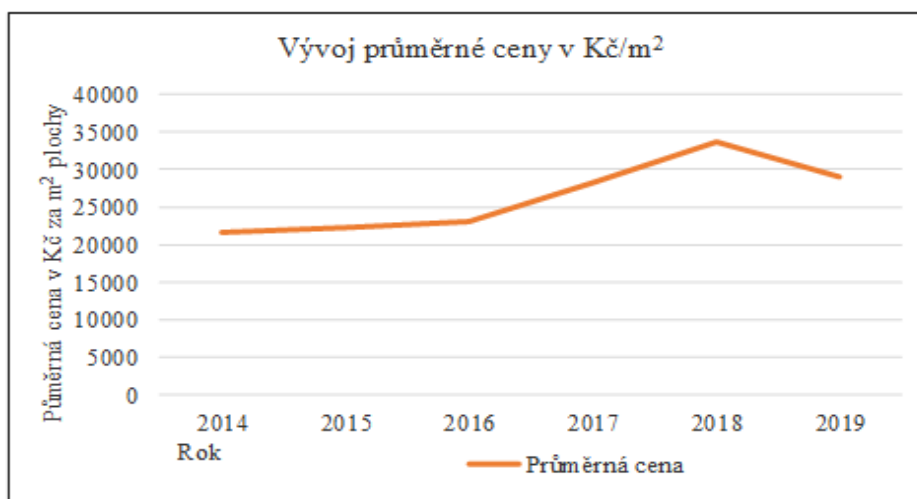
3 DATA A JEJICH VYHODNOCENÍ

Z databáze cenových údajů, vedené Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním, o realizovaných prodejkách bytových jednotek, byla vytvořena vlastní databáze, která obsahovala údaje o každé bytové jednotce. Zejména: číslo vkladu, datum vkladu, cenový údaj, číslo bytové jednotky, adresa, na které se bytová jednotka nachází, velikost bytové jednotky a případný převážený spoluvlastnický podíl. Počet získaných cenových údajů v každém roce je zachycen v následujícím grafu.



Graf. 1: Počet cenových údajů v katastru Český Krumlov (zdroj: Vlastní zpracování)

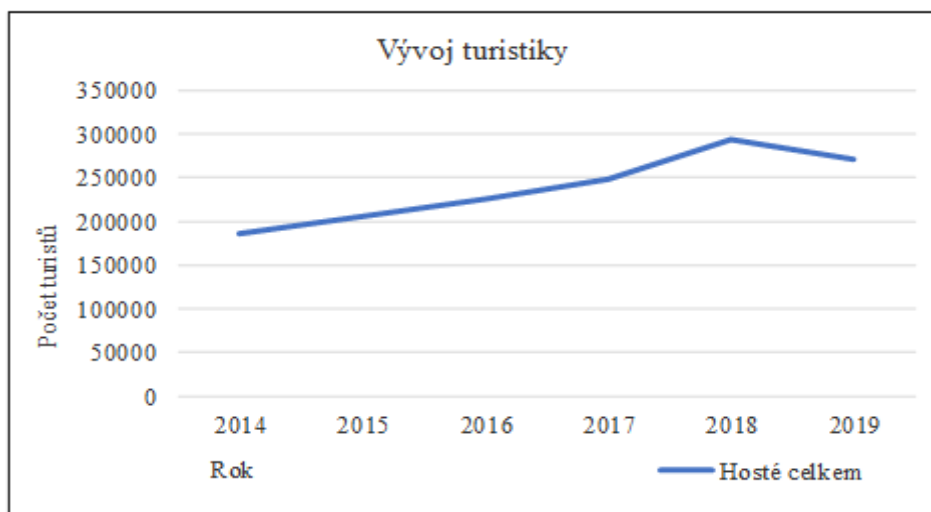
V dalším kroku byla databáze vyhodnocena a byla sestavena časová řada vývoje realizované ceny bytových jednotek v Kč/m² podlahové plochy v k.ú. Český Krumlov, v letech 2014-2019. Vývoj realizované ceny je zachycen v časové řadě v následujícím grafu.



Graf. 2: Vývoj ceny bytových jednotek (Zdroj: Vlastní zpracování)

Z grafu je patrný mírný růst cen bytových jednotek v letech 2015-2016, následný rychlejší růst v letech 2017-2018 a větší pokles v roce 2019.

V dalším kroku byla z veřejné databáze Českého statistického úřadu převzata data o vývoji cestovního ruchu. Konkrétně se jedná o databázi: „Hosté a přenocování v hromadných ubytovacích zařízeních – Hosté celkem.“ Vývoj počtu turistů, kteří lokalitu navštívili, je přehledně zachycen v následujícím grafu v časové řadě.



Graf 3: Vývoj počtu turistů (Zdroj: Vlastní zpracování)

Graf vyznačuje pozvolný, ale ne zcela lineární růst počtu turistů, kteří lokalitu navštívili v letech 2014-2018 a mírný pokles v roce 2019.

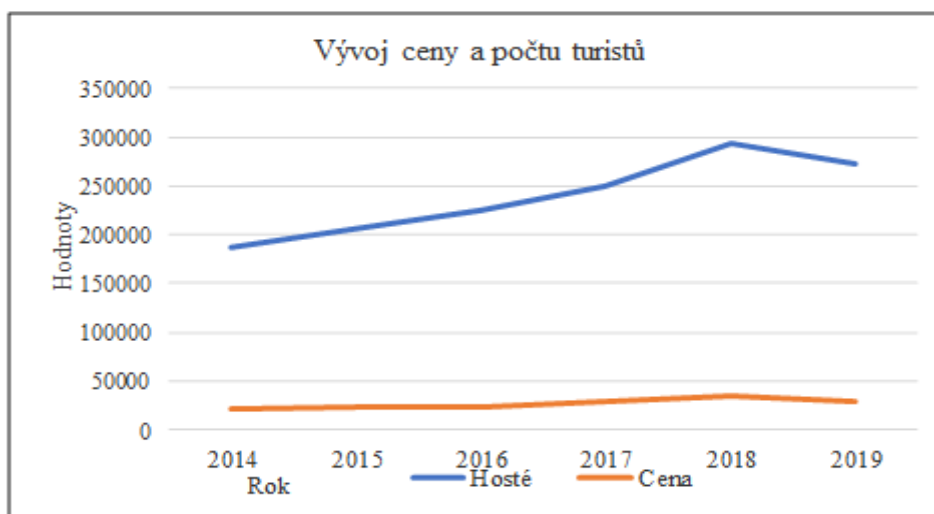
Kompletní výsledky vytvořených databází, k celkovému vyhodnocení popsanou statistickou metodou, zachycuje následující tabulka.

Tab. 1: Výsledky analýzy dat (Zdroj: Vlastní zpracování)

Výsledky analýzy dat ke statistickému testování						
Proměnné/Rok	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Počet turistů	186 544	205 865	225 375	248 781	293 644	271 648
Průměrná cena v Kč/m ²	21 636	22 325	23 140	28 269	33 738	29 035

4 ANALÝZA ZÁVISLOSTI

Pro vyhodnocení byly použity nástroje statistické analýzy závislosti. Časové řady vývoje počtu turistů, kteří lokalitu navštívili i realizované ceny bytových jednotek, jsou znázorněny v dalším grafu.

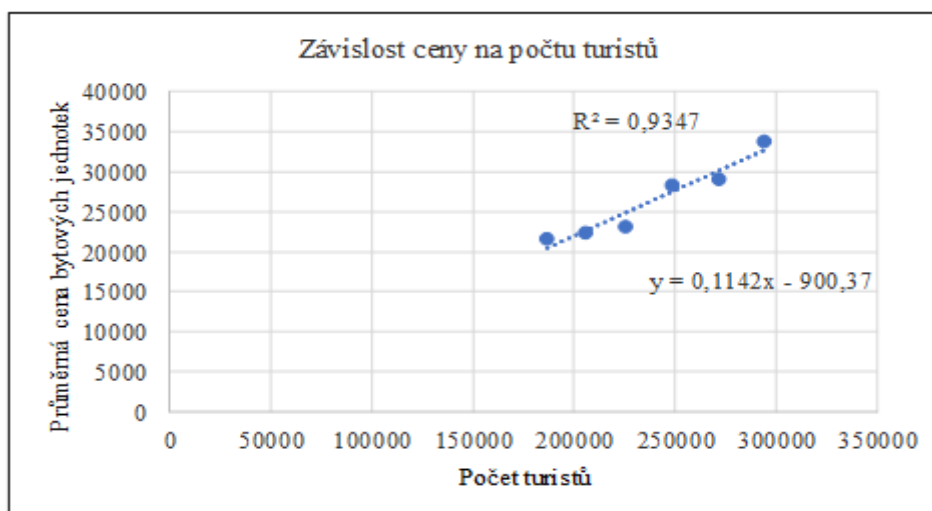


Graf 4: Vývoj cen a počtu turistů (Zdroj: Vlastní zpracování)

Z předchozí tabulky s hodnotami o počtu turistů a průměrné ceny bytových jednotek v časové řadě i z tohoto grafu je patrné, že v letech 2014-2018 cena bytových jednotek i počtu turistů korelativně stoupá a v roce 2019 obě proměnné klesají. Již zde je patrné, že spolu obě proměnné vzájemně korelují.

4.1 Korelační analýza

Pro stanovení síly korelace (síly závislosti) mezi závisle proměnou (realizovanou cenou bytových jednotek) a nezávisle proměnnou (počtem turistů, kteří lokalitu navštívili) je použit Pearsonův korelační koeficient. Závislost průměrné realizované ceny na počtu turistů ilustruje další bodový graf.



Graf 5: Závislost průměrné ceny na počtu turistů (Zdroj: Vlastní zpracování)

Z grafu je vizuálně patrný pozitivní vliv počtu turistů na ceny bytových jednotek neboli, se zvyšujícím se počtem turistů na ose x se zvyšuje i cena bytových jednotek na ose y. R^2 označuje míru vysvětlení vlivu turistiky na cenu nemovitostí v celém modelu = 93,47 %.

Vyhodnocení (výsledek) Pearsonova korelačního koeficientu zachycuje následující tabulka:

Tab. 2: Parsonův korelační koeficient (Zdroj: Vlastní zpracování)

	Turisté celkem	Průměrná cena v Kč/m ²
Turisté celkem	1	
Průměrná cena v Kč/m ²	0,966787	1

4.2 Vyloučení přirozeného růstu cen nemovitostí

Aby byly vyloučeny i ostatní vlivy, které by mohly toto zjištění ovlivnit, je nutné dále zkoumat i další faktor, kterým je zejména přirozená inflace bytových jednotek v Jihočeském kraji. K vyloučení tohoto vlivu je použit index cen bytových nemovitostí (House Price Index), který je opět převzatý z databáze ČSÚ.

Index cen bytových nemovitostí (House Price Index)

House Price Index (HPI), „Index cen bydlení“, je syntetický cenový index, který měří vývoj cenové hladiny všech bytových nemovitostí v ČR dle jednotné harmonizované normy EU. Jeho výhodou je proto mezinárodní srovnatelnost.

Hlavní koncepční metodické aspekty HPI jsou:

- Měří vývoj cen bytů a rodinných domů, včetně cen souvisejících pozemků,
- Jedná se o celkové nákupy domácností nezávisle na konečném využití bytové nemovitosti (tedy pro vlastní bydlení, ale i pro pronájem či investici),
- Zahrnuje nákupy mezi domácnostmi,
- Nákupy jiných sektorů, než domácností jsou vyloučeny,
- Jedná se o akvizice obydlí nezávisle na jejich předchozím majiteli; proto zahrnuje jak nové, tak starší (již dříve obývané) bytové nemovitosti,
- Důraz je kladen na náklady na pořízení nemovitosti samy o sobě, a to včetně souvisejících poplatků a daní, nikoli však na celkové náklady nezbytné k udržování těchto nemovitostí,

- Váhy odráží relativní proporce skutečných tržních transakcí, netržní ceny jsou vyloučeny,
- Je vyloučena svépomocná výstavba,
- Ceny pro výpočet indexů vychází ze skutečně zrealizovaných cen nemovitostí. [2]

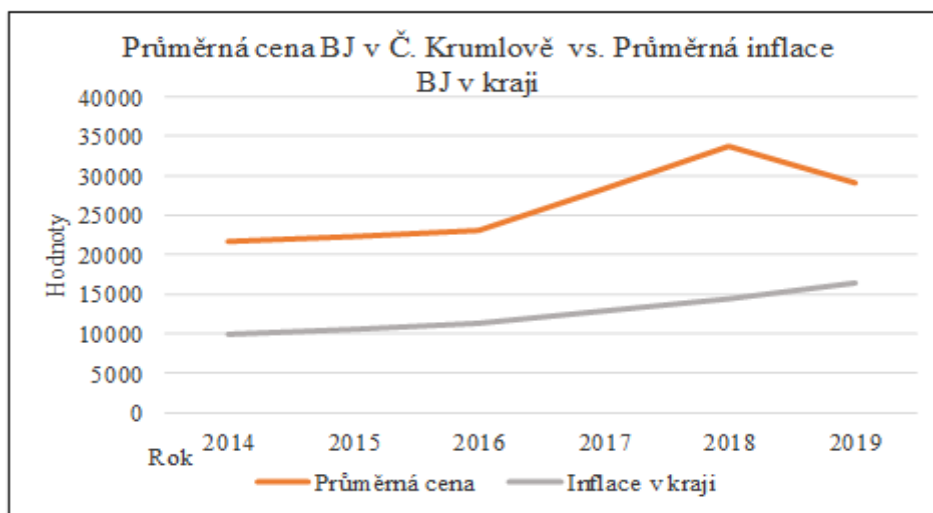
Vyhodnocení indexu cen nemovitostí

Pro vyhodnocení byla převzata databáze za Jihočeský kraj v letech 2014-2019, kde přirozený meziroční růst cen bytových jednotek v jednotlivých letech je vyhodnocen v % vyjádření a počáteční rok 2014 je v indexu nastaven hodnotou 2014=100. Vyhodnocení zachycuje následující tabulka.

Tab. 3: Přirozený růst cen (Zdroj: Vlastní zpracování)

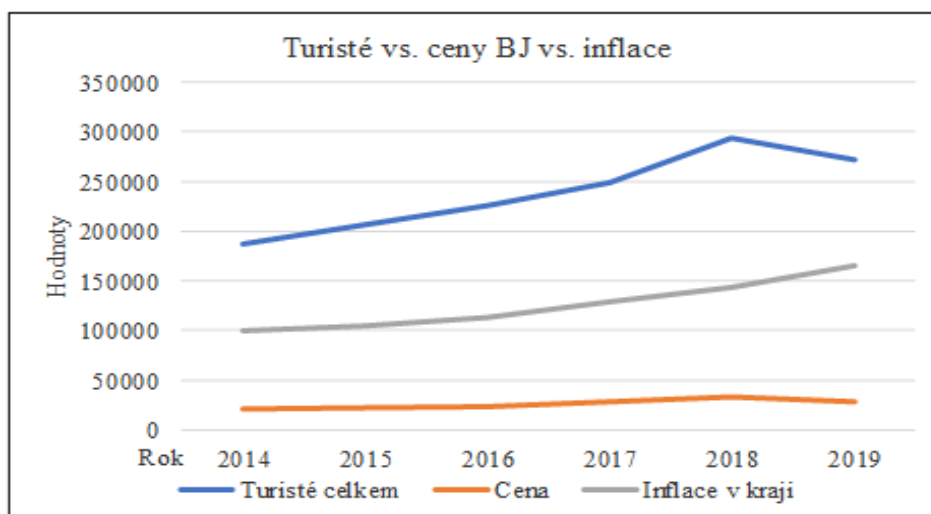
Přirozený růst cen BJ v Jihočeském kraji						
Rok	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Inflace %	0,00	5,30	8,20	15,40	15,00	21,00
Index	100,00	105,30	113,50	128,90	143,90	164,90

Následně byly tyto hodnoty přidány do grafu vývoje cen v Českém Krumlově a vzájemně porovnány. Aby byly tyto hodnoty v grafu viditelné a srovnatelné, byly vynásobeny hodnotou 100.



Graf 6: Průměrná cena versus přirozený růst cen (Zdroj: Vlastní zpracování)

Z grafu je patrné, že průměrný vývoj cen bytových jednotek v Českém Krumlově nekoreluje s přirozeným vývojem cen bytových jednotek v Jihočeském kraji. Z tohoto důvodu lze konstatovat, že vliv přirozeného růstu cen neboli také inflace bytových jednotek v Jihočeském kraji, lze vyloučit. Následně byla ověřena i korelace s vývojem počtu turistů.



Graf 7: Časové řady proměnných (Zdroj: Vlastní zpracování)

Z grafu je taktéž patrné, že průměrný vývoj cen bytových jednotek v Českém Krumlově koreluje s vývojem počtu turistů v Českém Krumlově, ale ani jedna ze zkoumaných proměnných nekoreluje s přirozeným vývojem cen bytových jednotek v Jihočeském kraji. Z tohoto důvodu lze opět konstatovat, že vliv přirozeného růstu cen neboli také inflace bytových jednotek v Jihočeském kraji, lze zcela vyloučit.

4.3 Regresní analýza

Pro vyhodnocení studie je použita již popsána jednoduchá regresní analýza. Veškeré výsledky byly zpracovány ve statistickém programu Statgraphics.

- Závislá proměnná: Průměrná cena bytových jednotek v Kč za 1 m² podlahové plochy.
- Nezávislá proměnná: Počet turistů
- Lineární model: $Y = a + b \times X$

Výsledky regresní analýzy zachycují následující tabulky. Nejdůležitější hodnoty jsou zvýrazněny červeně.

Tab. 4: Koeficienty (Zdroj: Vlastní zpracování)

Parameter	Estimate	Error	T - Statistic	P-Value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 99%	Upper 99%
Intercept	900,3717	3645,849	-0,246958	0,817098	-11022,87	9222,128	-17686,21	15885,46
Slope	0,114219	0,015098	7,565307	0,001636	0,072301	0,156137	0,044708	0,183731

Tab. 5: Analýza rozptylu (Zdroj: Vlastní zpracování)

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	1,06742E8	1	1,06742E8	57,25	0,0016
Residual	7,45848E6	4	1,86462E6		
Total (Corr.)	1,14201E8	5			

Correlation Coefficient (Korelační koeficient) = 0,966793

R-squared (Koeficient determinace) = 93,469 %

R-squared (adjusted for d.f.) (Adjustovaný korelační koeficient) = 91,8362 %

Standard Error of Est. (Standardní chyba odhadu) = 1365,51

Mean absolute error (Střední absolutní chyba) = 1027,34

Durbin-Watson statistic (Durbin-Watsonova statistika) = 2,04455 (P=0,2821)

Lag 1 residual autocorrelation (Sériové autokorelace v reziduích) = -0,203554

Protože P-hodnota v tabulce Analýzy rozptylu je menší než 0,05, existuje statisticky významný vztah mezi cenou bytových jednotek a počtem turistů na 95,0 % hladině spolehlivosti. Tato P-hodnota=0,0016, v řádce „Model“, která je mnohem nižší než zvolená hladina významnosti $\alpha = 0,05$ označuje, že i celkový model je statisticky velmi významný a regresní funkce je velmi vhodně zvolená.

Statistika R-Squared (koeficient determinace) ukazuje, že tento regresní model, jak je sestaven, vysvětluje 93,469 % variability v ceně. Což je velmi vysoké číslo. Korelační koeficient = 0,966793 ukazuje na relativně silný pozitivní vztah mezi proměnnými. Standardní chyba odhadu ukazuje směrodatnou odchylku reziduí 1365,51. Tuto hodnotu lze použít ke konstrukci limitů predikce pro nová pozorování.

Střední absolutní chyba (MAE) 1027,34 je průměrná hodnota reziduí. Statistika Durbin-Watson (DW) testuje rezidua, aby zjistila, zda existuje nějaká významná korelace na základě pořadí, ve kterém se vyskytují v datovém souboru. Protože P-hodnota je větší než 0,05, neexistuje žádný náznak sériové autokorelace v reziduích na 95,0% hladině spolehlivosti.

Hodnota P = 0,001636 je nižší než hodnota t Stat, a současně je mnohem nižší než zvolená hladina významnosti $\alpha = 0,05$, platí H1: Na hladině významnosti $\alpha = 5 %$ a hladině spolehlivosti 95 % se prokázalo, že turistika má v rámci stanovené hodnoty α významný vliv na ceny nemovitostí. V katastrálním území města Český Krumlov se prokázal pozitivní vliv cestovního ruchu (počtu turistů) na ceny nemovitostí, konkrétně na bytové jednotky.

Intervaly spolehlivosti (confidence intervals) Lower 95%, Upper 95% a Lower 99%, Upper 99%, určují dolní a horní hranici vlivu turistiky. S 95% pravděpodobností zvyšuje každý turista cenu 1m² bytové jednotky v rozmezí 0,07 – 0,15 Kč a s 99% pravděpodobností zvyšuje každý turista cenu 1m² bytové jednotky v rozmezí 0,04-0,18 Kč.

Výstup ukazuje výsledky jednoduché regresní analýzy v přizpůsobeném lineárním modelu, k popisu vztahu mezi cenou bytových jednotek a počtem turistů. Regresní rovnice přizpůsobeného lineárního modelu je:

$$\text{Cena za 1 m}^2 \text{ podlahové plochy bytové jednotky} = -900,424 + 0,114219 \times \text{Počet turistů.}$$

Aby byly výstupy regresní rovnice důvěryhodné a podávaly věrohodné výsledky, nelze do rovnice dosazovat libovolné počty turistů, ale pouze vhodné hodnoty. Zjištěný rozptyl v počtu turistů, kteří lokalitu v jednotlivých letech navštívili je 186 544 až 293 644. Z tohoto důvodu by při použití regresní rovnice mělo být vycházeno z podobných hodnot (počtu turistů).

5 ZÁVĚR

Cílem studie bylo vyhodnotit vliv turistky na ceny nemovitých věcí s rezidenční funkcí, konkrétně na bytové jednotky. V této publikaci je představena pouze dílčí část dosažených výsledků, a tím je katastrální území města Český Krumlov v Jihočeském kraji. Základním podkladem pro výzkum byla sestavená databáze 312 cenových údajů o prodeji bytových jednotek a časové řady o vývoji turistiky v Českém Krumlově, včetně Indexu cen bytových nemovitostí (House Price Index), v období let 2014 až 2019. Statistické vyhodnocení sestavených databází je provedeno pomocí nástrojů analýzy závislosti, tedy Pearsonovým korelačním koeficientem a následně jednoduchou regresní analýzou. Z konečných výsledků je zřejmý významný pozitivní vliv počtu turistů na ceny bytových jednotek, v katastrálním území Českého Krumlova. Ostatní katastrální území Jihočeského kraje, která jsou v současné době analyzována, nebyla zatím vyhodnocena.

6 DISKUZE

V turisticky vyhledávaných destinacích je ekonomický přínos cestovního ruchu pro tyto lokality prokázán. V katastrálním území města Český Krumlov se touto studií prokázal pozitivní vliv turistiky i na ceny bytových jednotek. Zde je ovšem nutné zdůraznit, že bylo vyhodnoceno pouze krátké časové období v letech 2014-2019. Český úřad zeměměřický a katastrální totiž eviduje cenové údaje realizovaných prodejů věcí nemovitých teprve od roku 2014. Současně s příchodem pandemie viru SARS-CoV-2 se naopak cestovní ruch v letech 2020-2021, téměř na celé dva roky zastavil. Z tohoto důvodu nebylo možné sestavit databázi o vývoji počtu turistů a cenových údajů v delší časové řadě a adekvátně vyhodnotit delší časové období. Pro stanovení jednoznačného výsledku a závěru o vlivu turistiky na ceny rezidenčních nemovitostí je proto nutné další a hlubší zkoumání.

Poděkování

Príspevek byl zpracován na základě výsledků „Specifického vysokoškolského výzkumu na VUT“, registrovaného na VUT pod číslem ÚSI-J-23-8350. Finanční prostředky použité na zpracování výzkumu i příspěvku plně financovalo VUT v Brně.

Zdroje

- [1] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, Cestovní ruch – Metodika – Základní pojmy v oblasti statistiky cestovního ruchu, dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/metodika_casove_rady_cestovni_ruch
- [2] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, Index cen bytových nemovitostí – Metodika – Index cen (nákladů) nemovitostí obývaných vlastníky (Owner Occupied Housing Price Index). Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/165351323/01400522q4m.pdf/5fcdee3c-0295-4def-b022-8f27c93e6365?version=1.2>
- [3] ČESKÝ KRUMLOV – PAMÁTKA UNESCO. Dostupné z: <https://www.ckrumlov.info/cz/cesky-krumlov-unesco/>

Recenzoval

Ing. Pavel Klika, Ph.D, Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odborný asistent, Purkyňova 464/118, 61200 Brno, +420 541 148 937, pavel.klika@vut.cz

VLIV ARCHITEKTONICKÉHO SLOHU NA HODNOTU BYTOVÝCH JEDNOTEK V PAMÁTKOVĚ CHRÁNĚNÝCH BUDOVÁCH

THE EFFECT OF ARCHITECTURAL STYLE ON THE VALUE OF DWELLING UNITS IN HISTORICALLY PROTECTED BUILDINGS

Ing. David Brandejs¹

Abstrakt

Významnou součástí kulturního dědictví a bohatství každého národa jsou kulturní památky. Památkově chráněných kulturních památek v podobě nemovitých věcí je v České republice nespočet. Více než polovina objektů je využívána k residenčním účelům, tedy k bydlení. V současné době neexistuje pro tento typ staveb zcela relevantní oceňovací metoda a postup, která by dokázala památkovou hodnotu, architektonickou i historickou, plně začlenit do oceňovacího procesu a výsledné tržní hodnoty, včetně mnoha dalších faktorů, které výslednou hodnotu mohou ovlivňovat. Individuální architektonická hodnota vychází například z jedinečnosti stavby, z její architektonické kvality, konstrukční a historické autenticity, ale také z architektonického slohu, ve kterém je budova postavena.

Studie hodnotí jeden z možných cenotvorných faktorů bytových jednotek, které jsou součástí památkově chráněných bytových domů, z hlediska architektonického slohu, ve kterém jsou tyto budovy postaveny. Pro výzkum jsou použity cenové údaje realizovaných prodejních cen, získané z Českého úřadu zeměměřického a katastrálního. Dále data Českého statistického úřadu a v neposlední řadě data získaná z databáze Národního památkového ústavu, konkrétně z Památkového katalogu.

Abstract

Cultural monuments are an important part of the cultural heritage and wealth of every nation. There are countless cultural monuments in the form of immovable property in the Czech Republic. More than half of the buildings are used for residential purposes, i.e. for housing. At the moment, there is no completely relevant valuation method and procedure for this type of building, which would be able to fully integrate the monument value, both architectural and historical, into the valuation process and the resulting market value, including many other factors that can influence the resulting value. The individual architectural value is based, for example, on the uniqueness of the building, on its architectural quality, structural and historical authenticity, but also on the architectural style in which the building is built.

The study evaluates one of the possible price-setting factors of residential units that are part of heritage-protected apartment buildings, from the point of view of the architectural style in which these buildings are built. The price data of realized sales prices, obtained from the Czech Land Surveying and Cadastral Office, are used for the research. Furthermore, data from the Czech Statistical Office and, last but not least, data obtained from the database of the National Monuments Institute, specifically from the Monuments Catalogue.

Klíčová slova

Nemovitá kulturní památka; architektonické slohy; ocenění; tržní hodnota; bytové jednotky.

Keywords

Immovable cultural monument; architectural styles; valuation; market value; housing units.

1 ÚVOD

Na hodnotu nemovitosti působí různé cenotvorné faktory, vlastnosti věcí nemovitých a vlastnosti jejich okolí, které více nebo méně ovlivňují jejich výslednou tržní hodnotu i konečnou prodejní cenu. Vliv těchto vlastností, tedy cenotvorných faktorů je nutné pečlivě zkoumat a výsledky adekvátním způsobem zakomponovat do oceňovacího procesu, potažmo oceňovacích metod. Jedním z řady výzkumů, které se touto problematikou zabývají, je projekt: „The influence of significant factors that affect the value of immovable cultural monuments with a residential function in the Czech Republic”, který byl zpracován v rámci Kvalitních interních grantů na Vysokém učení technickém v Brně, s označením ÚSI-K-22-7738.

¹ David Brandejs, Ing., ÚSI VUT v Brně, Purkyňova 464/118, Brno; tel.: 541 148 938, e-mail: david.brandejs@vut.cz

V rámci jednoletého projektu byly vyhodnocovány nejdůležitější cenotvorné faktory na hodnotu nemovitých kulturních památek s rezidenční funkcí, konkrétně na bytové jednotky, které jsou součástí památkově chráněných budov.

V rámci studie byla zkoumána všechna města v ČR, s počtem obyvatel vyšším než 90 000, tedy Brno, Ostrava, Plzeň, Liberec, Olomouc, Ústí nad Labem, Hradec Králové, České Budějovice a Pardubice. Hlavní město Praha nebylo do studie zařazeno, poněvadž jeho specifická rozloha, realitní trh, počet obyvatel a množství nemovitých kulturních památek vyžaduje konkrétní, obsáhlou studii, která by se zaměřila jednotlivě na samostatné městské části. V průběhu studie byla města Liberec, Ústí nad Labem, Ostrava a Pardubice vyřazena z výzkumu, vzhledem k nedostatku cenových údajů (kulturních památek) vedených v databázi Českého úřadu zeměměřického a katastrálního.

2 ZDROJE A ANALÝZA DAT, LOKALITA A NEJPOUŽÍVANĚJŠÍ METODY

2.1 Zdroje dat

Pro výzkum a vytvoření dostatečně velké databáze, aby výsledky byly adekvátní, hodnotné a použitelné, jsou využity cenové údaje realizovaných prodejních cen, získané z Českého úřadu zeměměřického a katastrálního. Dále data Českého statistického úřadu a v neposlední řadě data získaná z databáze Ústředního seznamu kulturních památek České republiky (dále jen „ÚSKP“), který vede Národní památkový ústav (dále jen „NPÚ“) jako ústřední organizace státní památkové péče na základě zákona č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, konkrétně z Památkového katalogu.

Portál ISPP Vyhrazený přístup

NÁRODNÍ PAMÁTKOVÝ ÚSTAV PAMÁTKOVÝ KATALOG

Městský dům

Předchozí Zpět na výsledky Následující

PAMÁTKOVÁ OCHRANA

- kulturní památka rejst. č. ÚSKP 34201/7-160 - městský dům
- Fáze ochrany: památkově chráněno
- Chráněno: od 3. 5. 1958

PLOŠNÁ PAMÁTKOVÁ OCHRANA

- památková rezervace rejst. č. ÚSKP 1049 - Brno
- Fáze ochrany: památkově chráněno
- Chráněno: od 1. 6. 1989

NA PLOŠE KP/NKP/DP/NZ

- nárazníková zóna rejst. č. ÚSKP 7010 - Nárazníková zóna statku světového dědictví "Vila Tugendhat v Brně"
- Fáze ochrany: památkově chráněno
- Chráněno: od 16. 12. 2001

INFORMAČNÍ SYSTÉM O ARCHEOLOGICKÝCH DATECH (ISAD)

Území s archeologickými nálezky I. kategorie ID 5A5 25681 - Středověká brněnská aglomerace

ZOBRAZENÍ NA MAPĚ

BODOVÉ ZOBRAZENÍ:

DB 2277928, Brno-město, 551 Novobranská, Brno, Město Brno, Brno-město, Jihomoravský kraj

HISTORICKÉ LOKALITY:

Kód CZ 1080, Brno, město statutární, Město Brno, Brno-město, Jihomoravský kraj

DIGITÁLNÍ DOKUMENTY (MIS)

KATALOGOVÉ ČÍSLO	1000145903
KRAJ	Jihomoravský kraj
OKRES	Brno-město
OBEC	Brno
ČÁST OBCE	Brno-město
KATASTRÁLNÍ ÚZEMÍ	Město Brno
ADRESA	Brno, Novobranská č.p. 551/6
TYP	městský dům
KATEGORIE	objekt
SLOH	klasicismus

ANOTACE

Objekt městského domu z doby kolem roku 1800 představuje doklad klasicismu v civilní architektuře Brna. Je hodnotnou kulturně-historickou památkou i urbanistickou komponentou městské památkové rezervace (Mělnická 5, Novobranská 6).

Obr. 1: Náhled do NPÚ – Památkový katalog (Zdroj: <https://www.pamatkovykatalog.cz/>)

Do studie jsou použity pouze památkově chráněné budovy a objekty, které mají přiděleno rejstříkové číslo ÚSKP. Databáze ÚSKP u památkově chráněných budov mimo jiné obsahuje: Katastrální území a jeho číslo, typ nemovitosti, rejstříkové číslo ÚSKP, památkovou ochranu, její fázi a kategorii, architektonický styl, ve kterém je památka postavena, pokud byl dostupný tak jméno architekta, který je autorem stavby a přibližné stáří nemovitosti.

Tyto údaje byly následně zpracovány do vlastní databáze. U bytových jednotek obsahuje vlastní databáze: Katastrální území a jeho číslo, rejstříkové číslo ÚSKP, památkovou ochranu, její fázi a kategorii, architektonický styl, ve kterém byla památka postavena, pokud je dostupný tak přibližné stáří nemovitosti, číslo vkladu, datum vkladu, cenový

údaj, případný převáděný id. spoluvlastnický podíl, adresu, číslo popisné nebo evidenční, parcelní číslo, jehož součástí je stavba a podlahovou plochu.

Po vytvoření dostatečně velké databáze byly zvoleny nevhodnější parametry, které mohou ovlivňovat tržní hodnotu i konečnou prodejní cenu těchto nemovitostí a budou dále zkoumány. Těmito parametry, které byly každé nemovitosti do databáze přiřazeny podle současného, skutečného stavu zejména jsou: Architektonický styl, stáří nemovitosti, kategorie památkové ochrany, celkový stav nemovitosti, velikost (u domů zastavěná plocha a podlažnost, u bytových jednotek podlahová plocha), vzdálenost do centra, vzdálenost na nejbližší zastávku, vzdálenost k základní, mateřské škole i k vysoké škole, a vzdálenost k nejbližšímu zdravotnímu středisku.

2.2 Zkoumaná lokalita

V této publikaci je z celé studie představena pouze dílčí část dosažených výsledků a tím je vliv architektonického slohu na hodnotu bytových jednotek v památkově chráněných budovách ve městě Brně.

Město Brno, krajské město Jihomoravského kraje, leží v centrální části Evropy. Je druhým největším městem České republiky. Statutární město Brno je rozděleno do 29 městských částí:

Bohunice, Bosonohy, Bystrc, Černovice, Chrlice, Ivanovice, Jehnice, Jih, Jundrov, Kníničky, Kohoutovice, Komín, Královo Pole, Líšeň, Maloměřice a Obřany, Medlánky, Nový Lískovec, Ořešín, Řečkovice a Mokrý Hora, Sever, Slatina, Starý Lískovec, Brno-Střed, Tuřany, Útěchov, Vinohrady, Žabovřesky, Žebětín, Židenice. [2]



Obr. 2: Náměstí svobody – Brno (zdroj: www.pruvodcebrnem.cz)

Brno je historické královské město, plné jedinečných historických a kulturních památek. Většina hlavních brněnských památek se nachází v jeho historickém jádru, zdejší městská památková rezervace je počtem objektů druhá největší v České republice.

V průběhu staletí vzniklo v Brně mnoho míst, která si dodnes zachovala svou magičnost. Není těžké poddat se kouzlu gotiky v katedrále na Petrově, v chrámu sv. Jakuba s náhrobkem obránce Brna proti Švédům Raduita de Souches či ve starobrněnském kostele Nanebevzetí Panny Marie, založeném královnou Eliškou Rejčkou, která je zde pohřbena. Skvostem gotiky je Stará radnice s nádherným portálem Antona Pilgrama. Její pavlač, ochoz a zastřešení věže ovšem už jsou výtvorem renesance – italských bratří Gabriů, kteří se podíleli i na výstavbě Nové radnice (dnes sídla Magistrátu města Brna) a Schwanzova paláce (Domu pánů z Lipé) na náměstí Svobody. Z odkazu mistrů baroka nelze opomenout stavby Jana Křtitele Erny (dominikánský kostel sv. Michala, Dům šlechticů v rohu náměstí Svobody) či Mořice Grimma, který vytvořil Novou radnici, kláštery augustiniánů a minoritů, barokně přestavěl kostely sv. Tomáše a sv. Janů. Populární je krypta kapucínského kostela, kde jsou dokonale zachovány mumie mnichů a příznivců kláštera – a také proslulého barona Trencka.

K nejznámějším barokním plastikám patří kašna Parnas a sloup Nejsvětější trojice na Zelném trhu, či Morový sloup na náměstí Svobody.

Brno je městem se zajímavou architekturou od dob středověku po modernu – zejména pak období funkcionalismu, které jej řadí mezi přední urbanizované celky v Evropě. Nejvýznamnějším reprezentantem je jedna ze tří nejznámějších funkcionalistických rezidenčních vil na světě – Villa Tugendhat, která je dílem architekta Ludwiga Miese van der Rohe z roku 1930, nevhodně řešená rodinná vila s avantgardními prvky, spojující vrcholnou účelnost s estetikou interiéru. Památka je zapsána do Seznamu světového a kulturního dědictví UNESCO. [3]

2.3 Analýza dat

Základním podkladem pro výzkum bylo sestavení databáze památkově chráněných bytových domů ve všech katastrálních územích města Brna, okres Brno-město, kraj Jihomoravský. Databáze obsahuje čísla popisná památkově chráněných bytových domů, jejich katalogové číslo a rejstříkové číslo vedené Národním památkovým ústavem v Památkovém katalogu.

V katastrálních územích města Brna byla dále analyzována data cenových údajů z uskutečněných prodejů v období let 2014–2022, všech bytových jednotek dle čísel popisných a čísel bytových jednotek. Čísla popisná, ke kterým byly přiřazeny cenové údaje v katastru nemovitostí byla následně porovnána s čísly popisnými památkově chráněných bytových domů. Tímto způsobem byla, dle čísel popisných, sestavena databáze památkově chráněných bytových domů a bytových jednotek, ke kterým byl katastrem nemovitostí přiřazen a zapsán cenový údaj. Z databáze cenových údajů, vedené Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním, o realizovaných prodejkách bytových jednotek, byla vytvořena vlastní databáze, která obsahovala údaje o každé bytové jednotce v památkově chráněném bytovém domě. Databáze zejména obsahuje: číslo vkladu, datum vkladu, cenový údaj, číslo bytové jednotky, adresu, na které se bytová jednotka nachází, velikost bytové jednotky a případný převáděný spoluvlastnický podíl. Následně byly cenové údaje přeindexovány HB indexem na cenovou úroveň roku 2022.

Dále byl zkoumán potenciální cenotvorný faktor – architektonické slohy bytových domů, které mohou hodnotu bytových jednotek v památkově chráněných bytových domech ovlivňovat a touto studií má být jeho vliv prokázán nebo vyvrácen. Výsledná databáze byla doplněna o tento údaj, a tím byla kompletně dokončena.

3 METODY VYHODNOCENÍ A JEJICH POSTUP

Velmi účinnou metodou pro analýzu vztahů mezi nezávisle proměnnými a závisle proměnnou je analýza rozptylu ANOVA. Vzhledem k provedené rešerši literatury a metod vhodných k řešení výše popsané studie, byla pro vyhodnocení zvolena nejvhodnější metoda. Pro vyhodnocení vlivu architektonického stylu na hodnotu nemovitostí byla zvolena metoda jednosměrné analýzy rozptylu – One-way ANOVA.

3.1 Analýza rozptylu – One-way ANOVA

Analýzu rozptylu lze využít při zkoumání vztahu mezi nezávislými a závislými proměnnými, zejména při vyhodnocování experimentálních dat. Zkoumá-li se vliv jediného faktoru na jednu či více závislých proměnných, jde o jednofaktorovou analýzu rozptylu. Při více faktorech mluvíme o více faktorové analýze rozptylu. Jednorozměrná analýza rozptylu (ANOVA) předpokládá jedinou vysvětlovanou proměnnou, při vícerozměrné analýze rozptylu (MANOVA) je možné zkoumat i více vysvětlovaných proměnných současně. [1]

3.2 Ověření předpokladů

Pro verifikaci použití této statistické metody byli použity i další statistické nástroje, kterými zejména jsou:

Test normality dat, pomocí testu dobré shody, pro který byl použit Chí-kvadrát test (Chi-Squared Test), Kolmogorovův-Smirnovův test (Kolmogorov-Smirnov Test),

Test rovnosti rozptylů, resp. směrodatných odchylek (tzv homoskedasticita), pro který byly použity Bartlettův test, Leveneův test, Hartleyův test a Cochranův test.

3.3 Vyhodnocení

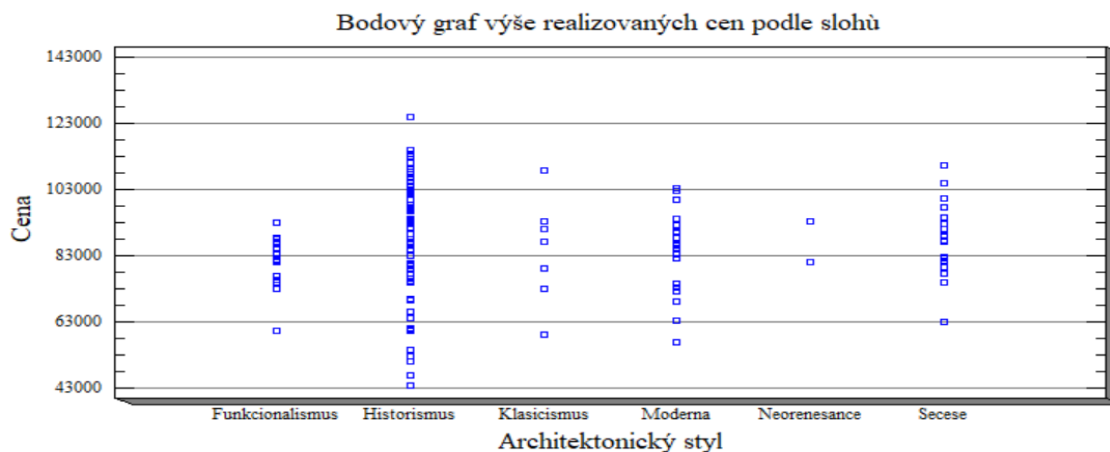
Po ověření předpokladů pro použití zvolené statistické metody byl následně pro vyhodnocení použit Moodův test mediánu (Mood's median test), který testuje hypotézu, že mediány všech cen jsou stejné. Následně byl použit i Kruskal-Wallisův test (The Kruskal-Wallis test), který testuje nulovou hypotézu, že mediány ceny v každé z úrovní architektonických slohů jsou stejné.

4 VYHODNOCENÍ

Celková sestavená databáze, která byla použita pro vyhodnocení architektonického stylu v konečných prodejních cenách, obsahovala celkem 166 záznamů, ale musela být modifikována, pomocí Grubbsova parametrické testu pro vyloučení odlehklých hodnot. Modifikace obsahovala vyřazení extrémních hodnot, které mohou být spojeny např. s luxusními entitami nebo se naopak mohly nacházet ve vyloučené lokalitě s problémovým okolím, také zde mohlo jít o vliv zvláštní oblíbenosti nebo mimořádné okolnosti. Dále byly vyřazeny duplicitní záznamy. Výsledná databáze ve všech městských částech, po provedené modifikaci, obsahovala 126 záznamů. Větší počet záznamů se, vzhledem k omezeným cenovým údajům vedených katastrálním úřadem, nepodařilo sestavit.

4.1 Vyhodnocení předpokladů ANOVA

V sestavené databázi, katastrálního území města Brna, bylo detekováno celkem 6 architektonických slohů, ve kterých jsou budovy postaveny: Historismus, Funkcionalismus, Neorenesance, Moderna, Klasicismus a Secese. Vstupními daty do závisle proměnné (Dependent variable) jsou cenové údaje a ovlivňujícími faktory (Independent variables) jsou architektonické slohy. Počet a výši cenových údajů v jednotlivých architektonických slozích zachycuje následující bodový graf.



Graf. 1: Bodový graf podle architektonického slohu (Zdroj: Vlastní zpracování)

Veškeré výsledky byly zpracovány a vyhodnoceny ve statistickém programu Statgraphic. Nejprve byly ověřeny předpoklady pro použití této metody:

Byla otestována normalita dat cenových údajů v každém architektonickém slohu.

Nulová a alternativní hypotéza pro ověření normality dat zní:

H_0 ... hodnoty proměnné „každého architektonického stylu samostatně“ lze považovat za náhodný výběr z normálního rozdělení,

H_1 ... hodnoty proměnné „každého architektonického stylu samostatně“ nelze považovat za náhodný výběr z normálního rozdělení.

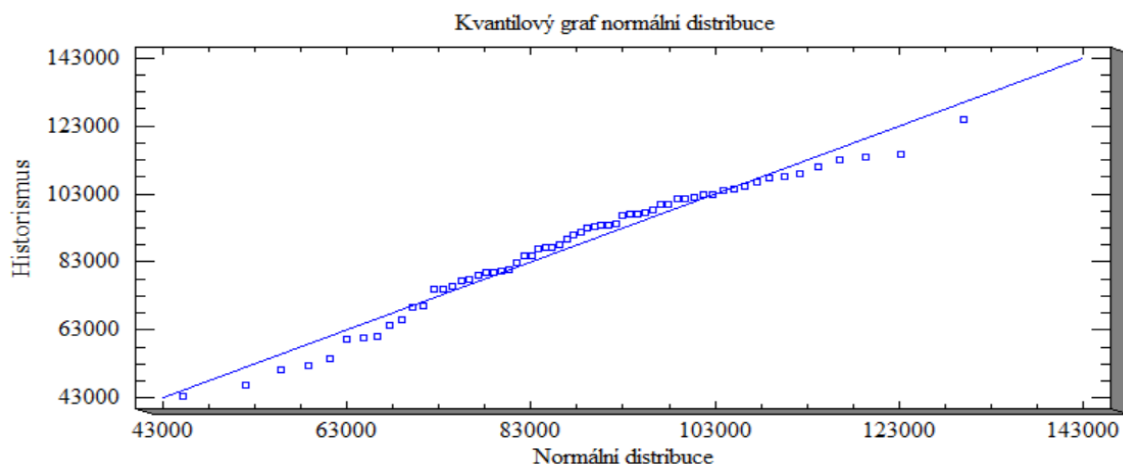
Normalita dat byla provedena pomocí testu dobré shody, konkrétně je zde představen výsledek Kolmogorovova–Smirnova testu.

Tab. 1: Kolmogorovův-Smirnovův test (Zdroj: Vlastní zpracování)

	<i>Normal</i>
DPLUS	0,055358
DMINUS	0,091701
DN	0,091701
P-Value	0,684113

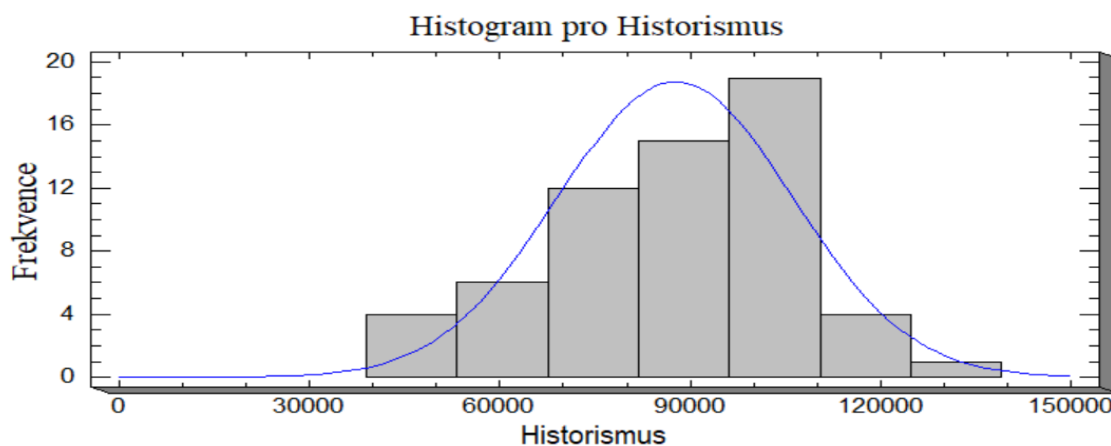
Tabulka zobrazuje výsledek testu, který má určit, zda lze cenu adekvátně modelovat normálním rozdělením. Protože P-hodnota mezi provedenými testy je větší než 0,05, není možné zamítnout H_0 , že cenové údaje pochází z normálního rozdělení, s 95 % spolehlivostí. Následně je možné ověřit i normalitu dat z grafického vyhodnocení, kvantilovým grafem distribuční funkce.

Tabulka zobrazuje výsledek testu, který má určit, zda lze cenu adekvátně modelovat normálním rozdělením. Protože P-hodnota mezi provedenými testy je větší než 0,05, není možné zamítnout H_0 , že cenové údaje pochází z normálního rozdělení, s 95 % spolehlivostí. Následně je možné ověřit i normalitu dat z grafického vyhodnocení, kvantilovým grafem distribuční funkce.



Graf 2: Q–Q graf (Zdroj: Vlastní zpracování)

Normální Q–Q graf srovnává náhodně generovaná nezávislá, standardní, normální data na vertikální ose se standardní normální cenou na horizontální ose. Linearita bodů naznačuje, že data jsou normálně rozdělena.



Graf 3: Histogram normálního rozdělení cen (Zdroj: Vlastní zpracování)

Z histogramu proloženého Gaussovou křivkou je taktéž patrné normální rozdělení.

Grafické zobrazení tedy také potvrdilo náhodný výběr z normálního rozdělení v ceně. Vzhledem k obsáhlosti těchto testů a ke skutečnosti, že musel být testován každý architektonický sloh samostatně, nejsou zde uvedeny veškeré výsledky jednotlivých architektonických slohů.

P-value všech testů architektonických stylů byla větší než 0,05, tedy nebyla zamítnuta nulová hypotéza. Neboli, výběr cenových údajů ve všech kategoriích architektonických stylů lze považovat za náhodný výběr z normálního rozdělení, tedy pochází z normální distribuce s 95% spolehlivostí.

V dalším kroku bylo nutné potvrdit rovnost rozptylů, resp. Směrodatných odchylek (tzv. Homoskedasticita).

Byla testována hypotéza: σ

$H_0: \sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_4 = \sigma_5 = \sigma_6 = \sigma_7 = \sigma_8$

oproti alternativě:

H_1 : neplatí H_0 .

Protože nebyla porušena podmínka normality, byl k vyhodnocení použit Leveneův test.

Tab. 2: Kontrola odchylky – Leveneův test (Zdroj: Vlastní zpracování)

	Test	P-Value
Levene's	3,13888	0,0106603

Statistika zobrazená v této tabulce testuje nulovou hypotézu, že směrodatné odchylky Ceny v každé ze 6 úrovní Architektonického stylu jsou stejné. Zvláště zajímavá je P-hodnota. Protože P-hodnota je menší než 0,05, existuje statisticky významný rozdíl mezi standardními odchylkami na 95,0% hladině spolehlivosti. To porušuje jeden z důležitých předpokladů, který je základem analýzy rozptylu. Z tohoto důvodu bylo nutné použít pro vyhodnocení Anovy i Kruskal–

Wallisův test, který i při porušení tohoto předpokladu analýzu rozptylu vyhodnotí. Tento test je někdy také nazýván jako Kruskalův–Wallisův H test nebo také jednofaktorová neparametrická ANOVA, který je rozšířením Mannova–Whitneyova testu pro více než 2 pozorování. Tento test testuje shodu distribučních funkcí.

Předpoklady pro použití metody, jednofaktorové analýzy rozptylu (One-way ANOVA), byly tedy částečně splněny.

4.2 Vyhodnocení One-way ANOVA

Po splnění všech předpokladů, pro použití této metody, bylo přistoupeno k samotnému vyhodnocení.

Moodův test mediánu cen podle architektonického stylu

Moodův test mediánu testuje hypotézu, že mediány všech 6 vzorků jsou stejné.

Celkem $n = 126$

Velký medián = 87138.0

Tab. 3: Moodův test mediánu (Zdroj: Vlastní zpracování)

Architektonický styl	Sample Size	$n < =$	$n >$	Median	95,0% lower CL	95,0% upper CL
Funkcionalismus	15	12	3	81662,0	75023,2	87976,5
Historismus	61	26	35	91035,0	81428,3	97136,6
Klasicismus	8	3	5	89182,5		
Moderna	21	13	8	85997,0	72744,8	91406,1
Neorenesance	2	1	1	87303,0		
Secese	19	8	11	87805,0	80789,8	95565,5

Test statistic = 8,89203 P-Value = 0,113449

Tento test počítá počet pozorování v každém stylu na obou stranách velkého mediánu, který se rovná 87 138,0. Protože P-hodnota pro test chí-kvadrátu je větší než 0,05, mediány cen jednotlivých architektonických stylů se významně neliší na 95,0 % hladině spolehlivosti.

Kruskalův–Wallisův test

Následně byl pro ověření použit i zmíněný Kruskal-Wallisův test. Tento test také testuje nulovou hypotézu, že mediány ceny v každé z 8 úrovní slohů jsou stejné. Data ze všech úrovní se, ale nejprve zkombinují a seřadí od nejmenší po největší. Pro data na každé úrovni se pak vypočítá průměrné pořadí.

Tab. 4: Kruskal-Wallisův test (Zdroj: Vlastní zpracování)

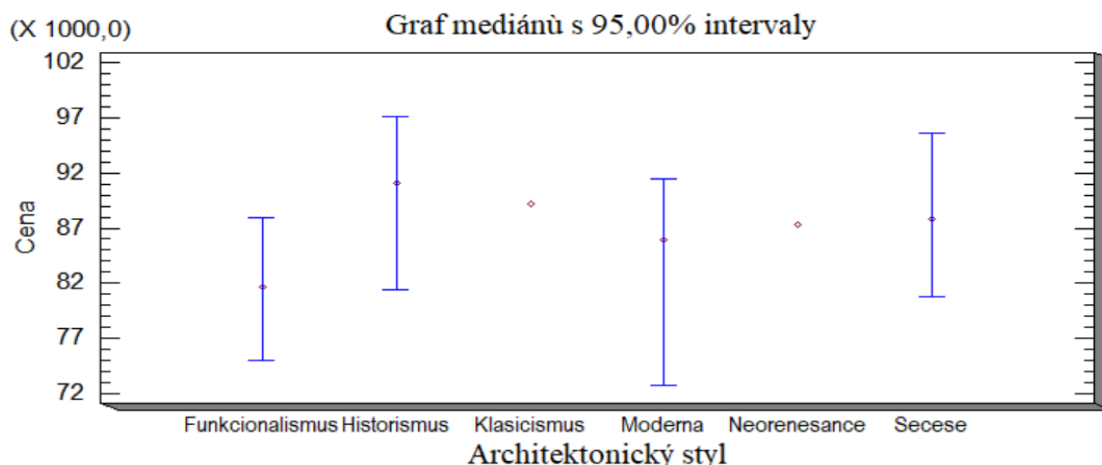
Architektonický styl	Sample Size	Average Rank
Funkcionalismus	15	47,3333
Historismus	61	68,7213
Klasicismus	8	67,0
Moderna	21	55,7143
Neorenesance	2	64,5
Secese	19	66,5263

Test statistic = 5,34712 P-Value = 0,375001

Výsledkem Kruskal-Wallisova testu je P-hodnota 0,375001. Protože je větší než 0,05, neexistuje statisticky významný rozdíl mezi mediány na 95,0% hladině spolehlivosti.

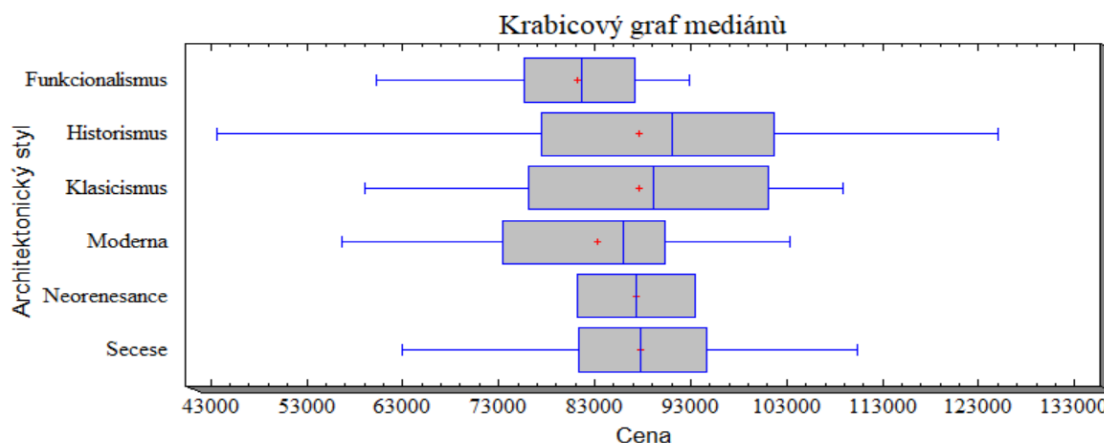
Provedením statistického vyhodnocení Kruskal-Wallisovým testem také nebyla prokázána závislost mezi architektonickým stylem (slohem) a hodnotou bytových jednotek v bytových domech – nemovitých kulturních památkách, v katastrálním území města Brna, na 95,0 % hladině spolehlivosti.

Výsledky obou testů lze ověřit i v grafickém vyjádření mediánů.



Graf 4: Graf mediánů (Zdroj: Vlastní zpracování)

Graf mediánů znázorňuje, že se mediány cen jednotlivých architektonických slohů významně neliší, což zachycuje i následný krabicový graf.



Graf 5: Graf mediánů (Zdroj: Vlastní zpracování)

5 ZÁVĚR

Cílem této studie bylo posoudit, vyhodnotit a prokázat vliv možného cenotvorného faktoru na hodnotu bytových jednotek, které jsou součástí bytových domů a které současně požívají památkovou ochranu. Posuzovaným faktorem je architektonický sloh, ve kterém jsou budovy postaveny. Pro vyhodnocení byly použity dva statistické testy, Moodův test mediánu a Kruskalův–Wallisův test. Ani jedním statistickým testem nebyl v této lokalitě prokázán jakýkoliv statisticky významný vliv architektonického slohu (stylu) na hodnotu těchto nemovitostí, ať již pozitivní nebo negativní.

Zde je ovšem nutné zdůraznit, že se tyto výsledky týkají pouze této lokality a tohoto sestaveného modelu. Vyhodnocení databází z ostatních lokalit mohou prokázat i zcela odlišné závěry.

6 DISKUZE

Pro průkazné vyhodnocení a zobecnění dosažených výsledků by bylo korektní dlouhodobější zkoumání, zejména je nutné pracovat s více cenovými údaji, které by měly vyšší vypovídací schopnost, ovšem očekávaný předpoklad vlivu architektonického slohu na ceny bytových jednotek ve městě Brně nebyl potvrzen. Nicméně, pokud by bylo možné zahrnout do výzkumu větší počet zkoumaných nemovitostí, nezachycených ve vytvořené databázi, byly by výsledky mnohem průkaznější a důvěryhodnější. Zpřesnění výsledků by bylo možné dosáhnout za využití větší databáze.

Poděkování

Grant „Vliv významných faktorů, které ovlivňují hodnotu nemovitých národních kulturních památek s rezidenční funkcí v ČR“ je realizován v rámci projektu Kvalitní interní granty VUT (KInG VUT), reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/19_073/0016948, který je financován z OP VVV.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Literatura

- [1] SEBERA M., Vícerozměrné statistické metody, Katedra kineziologie, Fakulta sportovních studií, Masarykova univerzita, Dostupné z: https://www.fsps.muni.cz/~sebera/vicerozmerna_statistika/anova.html

Zdroje:

- [2] <https://www.mistopisy.cz/pruvodce/obec/9050/brno/o-obci/>
[3] <https://www.mistopisy.cz/pruvodce/obec/9050/brno/pamatky-turistika/>
[4] Český úřad zeměměřický a katastrální, dostupné z: <https://www.cuzk.cz/>,
[5] Český statistický úřad, dostupný z: <https://www.czso.cz/>,
[6] Národní památkový úřad, dostupný z: <https://www.npu.cz/cs>,
[7] Památkový katalog, dostupný z: <https://www.pamatkovykatalog.cz/>.

Recenzoval

Ing. Pavel Klika, Ph.D, Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odborný asistent, Purkyňova 464/118, 61200 Brno, +420 541 148 937, pavel.klika@vut.cz

OCENĚNÍ POZEMKŮ V PRAZE SE STAVBOU V HAVARIJNÍM STAVU A DOŽIVOTNÍM UŽÍVACÍM PRÁVEM

VALUATION OF LAND WITH A BUILDING IN DISREPAIR AND A LIFETIME RIGHT OF USE IN PRAGUE

Monika Doležalová¹

Abstrakt

V článku je popsán variantní postup ocenění dvou pozemků v Praze s nezkolaudovanou stavbou rekreační chaty. Tato stavba byla k datu ocenění užívána k trvalému bydlení, přestože byla v havarijním stavu. Oceňované pozemky se podle územního plánu nacházely v různých funkčních plochách, přičemž nezanedbatelným faktorem byl bezprostředně sousedící pozemek železničního koridoru. Zadavatelem ocenění bylo požadováno určit obvyklou cenu předmětných nemovitých věcí za teoretického předpokladu, že by pro převodce byla zřízena služebnost doživotního bezplatného užívacího práva vložená do katastru nemovitostí na základě písemného sjednání. Pro splnění tohoto úkolu byly nejprve oceněny oba pozemky, jejichž hodnota byla snížena o náklady na demolicí stavby. Ve druhém kroku pak byly pro ocenění služebnosti zvoleny dvě různé varianty řešení. U první varianty se jednalo se o odpočet hodnoty služebnosti od hodnoty těchto pozemků. Druhá varianta vyšla z předpokladu, že předmětné pozemky jsou v dohledné době neprodejně, nebude možno s nimi disponovat a hodnota finančních prostředků odpovídající tržní ceně pozemků by tak představovala jistinu, kterou by bylo možno při stanovené úrokové sazbě uložit do peněžního ústavu nebo jinak obdobně investovat.

Abstract

The article describes a variant procedure of valuation of two plots of land in Prague with an unauthorized construction of a holiday cottage. This building was used for permanent housing at the date of valuation, although it was in a state of disrepair. According to the zoning plan, the valued plots were located in different functional areas, with the immediately adjacent land of the railway corridor being a significant factor. The valuer was required to determine the normal value of the immovable property in question on the theoretical assumption that a lifetime free use easement had been established for the transferor and entered in the Land Registry by written agreement. In order to carry out this task, the two plots of land were first valued and their value was reduced by the cost of demolishing the building. In a second step, two different solutions were chosen for the valuation of the easement. The first option was to deduct the value of the easement from the value of the land. The second option was based on the assumption that the land in question was unsellable in the foreseeable future, could not be disposed of and that the value of the funds corresponding to the market value of the land would thus represent a principal which could be deposited in a money market institution or otherwise similarly invested at a fixed interest rate.

Klíčová slova

Pozemek, ocenění pozemků, faktor železnice, demolice, služebnost užívání pozemků, bankovní úložka

Keywords

Land, Land valuation, Railroad factor, Demolition, Land se easement, Bank deposit

1 ÚVOD

Oceňovací praxe zpracovatelům posudků či odhadů přináší čas od času zadání, kdy řešitel z objektivních důvodů nemůže na zadaný úkol jednoznačně odpovědět, respektive může předložit zadavateli posudku více variant řešení. Takovýmto příkladem je ocenění pozemků se stavbou v městské části Praha 14, v katastrálním území Kyje, který je uveden jako případová studie pro tento článek. Konkrétně se jednalo o ocenění celku – pozemku se stavbou určenou pro rodinnou rekreaci a pozemku zahrady.

Pozemek zastavěný chatou měl výměru 14 m² a byl ze tří stran obklopen pozemkem zahrady o výměře 765 m². Zahrada bezprostředně sousedila s pozemkem železničního koridoru, z části tak ležela v ochranném pásmu železniční

¹ Monika Doležalová, Ing., VUT v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464, 612 00 Brno-Medlánky, monika.dolezalova@vut.cz

dráhy. Z pohledu Územního plánu hlavního města Prahy byl pozemek pod chatou celou svojí výměrou 14 m² v zastavitelném území ve funkční ploše OB – čistě obytné území. Pozemek zahrady, tj. 765 m², se přibližně ze 48 % (cca 365 m²) nacházel rovněž v těchto plochách, zbývající část 52 % (cca 400 m²) byla ve funkční ploše PZO – zahrádky a zahrádkové osady. Na obrázku č. 1 je výřez z Územního plánu hlavního města Prahy s označenými pozemky.



Obr. 3: Výřez z grafické části územního plánu hl. města Prahy – katastrální území Kyje
(zdroj: <https://app.iprpraha.cz/apl/app/vykresyUP/>)

Při místním šetření bylo zjištěno, že stavba původní nezkolaudované chaty byla postupně svépomocí bez stavebního povolení (dohledáno v archivu stavebního úřadu) dostavována, avšak značně neprofesionálním přístupem. Chata svojí zastavěnou plochou zasahovala i na pozemek zahrady, celá její konstrukce byla v havarijním stavebně technickém stavu, ve velmi špatném hygienickém stavu a neodpovídala nárokům na bydlení ani nárokům na rekreaci. Zadavatelem ocenění bylo požadováno určit obvyklou cenu daných nemovitých věcí 3 roky zpětně, a to za teoretického předpokladu, že by pro převodce byla zřízena služebnost doživotního bezplatného užívacího práva vložená do katastru nemovitostí na základě písemného sjednání.

5 OBECNÁ METODIKA A DATA

Zadavatelem tohoto ocenění bylo požadováno určit obvyklou cenu. V tomto článku není záměrem detailně vysvětlit stanovení obvyklé ceny, proto dále pouze stručně.

Obvyklou cenou se pro účely zákona o oceňování majetku č. 151/1997 Sb. se „rozumí cena, která by byla dosažena při prodeji stejného, popřípadě obdobného majetku nebo při poskytování stejné nebo obdobné služby v obvyklém obchodním styku v tuzemsku ke dni ocenění [...]“. Poslední věta této definice zní: „Obvyklá cena vyjadřuje hodnotu majetku nebo služby a určí se porovnáním ze sjednaných cen“. Z definice obvyklé ceny vyplývá, že jediným způsobem jejího určení je cenové porovnání (komparace).

Porovnávací hodnota znamená tedy hodnotu věci nebo služby stanovenou cenovým porovnáním s obdobnými, k datu ocenění volně obchodovanými věcmi (nebo poskytovanými službami). Zrealizované (sjednané) ceny nemovitých věcí lze nejkorektněji získat z katastru nemovitostí. Obdobné zákonitosti pak platí pro stanovení obvyklého nájemného. Sjednané ceny pozemků byly tedy potřebné pro vlastní cenění pozemků, výše obvyklého nájemného pro ocenění věcného břemene.

Jak uvádí Bradáč v publikaci *Věcná břemena od A do Z* je pojem věcné břemeno používán v několika významech. V objektivním smyslu se jím rozumí právní institut, v subjektivním smyslu se jedná o povinnost určitého subjektu. [1] Věcná břemena náleží mezi věcná práva k cizí věci. Jejich funkcí je oprávněnému subjektu zaručit příslušné právo k cizí věci, přičemž vlastník zatížené věci je ve svém vlastnickém právu omezen. Občanský zákoník č. 89/2012 Sb. rozděluje věcná břemena na služebnosti a reálná břemena (§ 1257 až § 1308):

- služebnost, která postihuje vlastníka věci jako věcné právo tak, že musí ve prospěch jiného:
 - něco trpět nebo
 - něčeho se zdržet.
- reálné břemeno – je-li věc zapsána do veřejného seznamu, může být zatížena reálným břemenem tak, že dočasný vlastník věci je jako dlužník zavázán vůči oprávněné osobě:
 - něco jí dávat nebo
 - něco konat.

Věcná břemena musí být zanesena do katastru nemovitostí.[2]

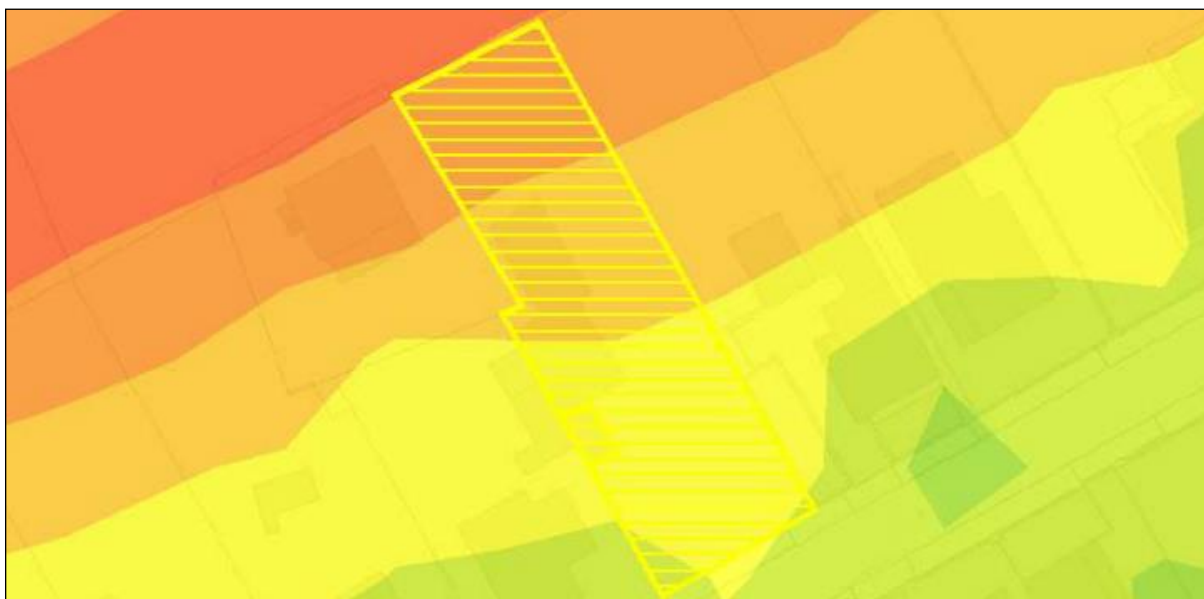
Zákon o oceňování majetku č. 151/1997 Sb. pro ocenění věcných břemen (§ 16a) uvádí: „(1) *Věcné břemeno se oceňuje výnosovým způsobem na základě ročního užítku při zohlednění doby jeho trvání nebo pevnou částkou, nelze-li určit roční užitek z věcného břemene.* (2) *U služebnosti se v ročním užítku zohledňuje míra omezení užívání nemovité věci [...]*“. V tomto zákoně je pak k ocenění závady na nemovité věci (§ 16b) napsáno: „(1) *Zatěžuje-li nemovitou věc věcné břemeno nebo právo zřízené jinak než jako právo odpovídající věcnému břemenu (dále jen „závada“), snižuje cena této závady v případě určování ceny nemovité věci její hodnotu. Závada se oceňuje v závislosti na výši ceny roční újmy vlastníka nemovité věci související s tímto zatížením při zohlednění doby jejího trvání [...]*“.[3,4]

6 VLASTNÍ POSTUP

Pro vypracování posudku byla provedena podrobná analýza všech získaných a vyžádaných podkladů. Tyto údaje byly porovnány se zjištěnými závěry z místního šetření. Odhad obvyklé ceny se určoval k roku 2017, což bylo 3 roky zpětně, tedy nikoliv v době, ke které bylo provedeno vlastní šetření. Při zjišťování skutkového stavu se vycházelo z dostupných leteckých snímků.

6.1 Ocenění nemovitých věcí

Nejprve byla provedena analýza realitního trhu v místě, v městské části Praha 14 v segmentu stavebních pozemků určených územním plánem k zastavění rodinnými domy. Důvodem bylo, že se oceňované pozemky přibližně z poloviny nacházely v plochách určených k bydlení a sousední pozemky i pozemky v lokalitě byly rovněž zastavěny rodinnými domy. Odborný odhad obvyklé ceny oceňovaných pozemků byl proveden na základě výsledků přímého porovnání s volnými stavebními pozemky a jejich skutečně realizovanými cenami. Cenové údaje byly získány z katastru nemovitostí. Sestavená výsledná databáze kupních cen stavebních pozemků se po přepočtu na cenovou úroveň roku 2017 pohybovala v rozmezí od 8 061 Kč/m² do 12 881 Kč/m². Při porovnání byl zohledněn vliv železnice odborně odhadnutou srážkou ve výši 10 %. Při určení výše srážky se pracovalo s hlukovou mapou, ze které vyplynulo, že převažující část pozemku od ulice se nachází ve žlutém pásmu 55-60 dB a světle-oranžovém pásmu 60-65 dB, pouze část pozemku přímo u železnice ležela v oranžovém pásmu 65-70 dB (vše měřeno v noci). Na obrázku č. 2 je výřez z hlukové mapy Prahy se zakreslenými oceňovanými pozemky.



Obr. 4: Výřez z grafické části hlukové mapy hl. města Prahy – katastrální území Kyje
(zdroj: <http://georeport.iprpraha.cz/>)

Výsledný odhad obvyklé ceny pozemků k roku 2017 (bez odpočtu nákladů na odstranění stavby) byl stanoven v částce 7 387 Kč/m². Pro doplnění: Cenová mapa Prahy pro příslušnou skupinu parcel, ve které se oceňované pozemky nacházely, určovala pro rok 2017 jednotkovou cenu stavebních pozemků ve výši 6 660 Kč/m².

Vyčíslení nákladů na odstranění stavby umístěné na obou pozemcích v k.ú. Kyje, bylo provedeno položkovým rozpočtem. Vycházelo se z výměr zjištěných při ohledání, výměry pro odstranění základových konstrukcí byly odhadnuty podle obvyklých způsobů zakládání dle charakteru objektu. S odvozem suti bylo počítáno do 13 km, poplatky za uložení suti za skládku byly použity z příslušných ceníků. Náklady na odstranění dané stavby byly vyčísleny na částku cca 300 000 Kč s DPH. Odhad obvyklé ceny obou pozemků o celkové výměře 779 m² byl následně o tuto částku snížen.

Dále byla provedena analýza realitního trhu v celém hlavním městě Praze, a to v segmentu pozemků užívaných jako zahrady u rodinných nebo bytových domů, které byly pronajímány. Záměrně se nejednalo o zahrady v zahrádkářských koloniích. Zdrojem dat byl Registr smluv ČR. Zajímavým zjištěním bylo, že pronajímané zahrady, které se nacházely v lokalitách s rodinnými domy po celém území hlavního města, se převážně pronajímaly za částku 120 Kč/m²/rok, pouze v případech kvalitativně horších zahrad za nižší částky. Odborný odhad obvyklé ceny nájemného z pozemků užívaných jako zahrady byl proveden na základě výsledků přímého porovnání s obdobnými realizovanými nájemmi. V porovnání byly mimo běžné cenotvorné koeficienty jako je poloha, vybavenost pozemku apod. použit koeficient podle stávajícího objektu na sousedním pozemku, se kterým je zahrada užívána. V tomto případě se použila srážka ve výši 5 %. Výsledný odhad obvyklé ceny nájemného z pozemků k období roku 2017 byl stanoven na 99 Kč/m²/rok.

6.2 Variantní řešení

Z úkolu zadavatele vyplynula pro zpracovatele posudku po zvážení všech pro a proti dvě variantní řešení. Obvyklá cena pozemků měla být určena za teoretického předpokladu, že by pro převodce pozemků (původního majitele) byla zřízena služebnost doživotního bezplatného užívacího práva vložená do katastru nemovitostí. K tomu je nutno vysvětlit, že v katastru nemovitostí nebylo evidováno věcné břemeno ani k pozemku pod chatou a ani k pozemku zahrady. Znalcům (odhadcům) nepřísluší se vyjadřovat k právním otázkám, tedy v tomto případě to znamenalo služebnost ocenit a obvyklou cenu předmětných pozemků snížit. Z hlediska užítka je potřeba u služebnosti pro ocenění rozlišit:

- užitek, který služebnost přináší oprávněnému,
- závady na nemovité věci povinného (a v důsledku toho snížení její ceny) způsobené tím, že na ní vázne služebnost. [2]

6.2.1 Užitek ze služebnosti

Při zjištění obvyklé ceny služebnosti se nejprve zjistí roční užitek, který ze služebnosti bude mít oprávněná osoba. K tomu by měla být respektována ustanovení § 1263 zákona č. 89/2012 Sb. o nákladech oprávněného na zachování a opravy věci: „*Oprávněná osoba nese náklad na zachování a opravy věci, která je pro služebnost určena. Užívá-li však věci i ten, kdo je služebností obtížen, je povinen na náklad poměrně přispívat, anebo se užívání zdržet*“ [3]. Vzhledem k absenci písemné smlouvy, ze které by se tyto informace daly zjistit, byly příslušné náklady pouze odhadnuty. Na obou oceňovaných pozemcích se k datu ocenění nacházela nezkolaudovaná stavba, bez stavebního povolení, která byla v havarijním stavu, ke stavbě bylo příslušným stavebním úřadem zahájeno řízení o jejím odstranění. Jelikož užitek nelze z takovéto stavby stanovit, jednalo se v tomto případě pouze o užitek z pozemků, tedy o užitek ve výši 99 Kč/m²/rok.

Roční užitek se následně kapitalizuje na počet let, po která bude služebnost trvat. Ze získaných informací ohledně věku převodce 49 let byla odhadnuta zbývající doba jeho dožití na 27 let. Vycházelo se z publikace ČSÚ, kdy byla u mužů v ČR v období roků 2017 až 2018 průměrná střední délka dožití 76,08 let.

Kapitalizační míra byla stanovena s ohledem na skutečnost, že se v tomto konkrétním případě se nejednalo o klasickou investici vykazující standardní pronájem na tržních principech, nýbrž o fixní a v zásadě reziduální nájem napříč městskými částmi Prahy. V zásadě to znamená, že primárním motivem nebyla kumulace příjmů z majetku, ale spíše uchování hodnoty majetku s možností jejího zvýšení v budoucnu doprovázené spíše nekomerčním užíváním. Míra kapitalizace byla určena ve výši 3,5 %.

Následně bylo provedeno ocenění služebnosti užívání zahrady. Jednalo se o ocenění výnosové, tj. uvažoval se součet budoucích částek, odúročených na současnost, tj. rok 2017. Výsledkem byla cena služebnosti jako užítka oprávněného. [2] Výpočet je uveden v tabulce č. 1.

Tab. 1 Výpočet ceny služebnosti

Služebnost na délku života oprávněného		
Pozemky v k.ú. Kyje		
Užitek bez odpočtu nákladů na opravy a zachování věci		
Nájemné jednotkové dosažitelné ročně	Kč/m ²	99
Výměra	m ²	779
Užitek ročně celkem	Kč	77 121
Náklady na opravy a zachování věci (§ 1263 nového občanského zákoníku, tj. poměrný díl připadající na oprávněného)		
Je ve smlouvě o zřízení věcného břemena stanovena povinnost oprávněného přiměřeně nést na opravy a zachování věci?	-	Ne
Náklady na opravy a zachování věci celkem, tj. podíl připadající na oprávněného ze služebnosti. Hodnota použitá pro ocenění (odborný odhad 3 % z hodnoty užitku)	Kč	2 314
Užitek oprávněného roční celkem po odpočtu nákladů na opravy a zachování věci	Kč	74 807
Výpočet ceny věcného břemene výnosovým způsobem		
Uvažovaná přiměřená výše ročního užitku dle názoru znalce (<i>U</i>)	Kč	74 807
Jedná se o služebnost na dobu života oprávněného?	Kč	Ano
Stáří oprávněného (k datu ocenění, tj. k roku 2017)	roků	49
Stáří maximální uvažované dle ČSÚ	roků	76
Předpokládaný statisticky max. zbývající počet let užívání práva (<i>n</i>)	roků	27
Vztah pro výpočet ceny služebnosti		$U \times (q^n - 1) / (q^n \times i)$
Míra kapitalizace ročně pro výpočet výnosové hodnoty (<i>u</i>)	% / r	3,50
Míra kapitalizace setinná ($i = u / 100$)	-	0,0350
Úročitel (<i>q</i>)	-	1,0350
Cena služebnosti	Kč	1 295 393
Odborný odhad ceny služebnosti na pozemcích (zaokr.)	Kč	1 295 000

6.2.2 Závada na nemovité věci povinného

Cena závady u oceňovaných v k.ú. Kyje, se v tomto konkrétním případě lišila od ceny služebnosti užívání pozemků jako zahrady. Pozemky jsou v dohledné době neprodejné, jelikož po dobu cca 27 let nebude možno s nimi disponovat, např. zde realizovat stavbu rodinného domu apod. Hodnota finančních prostředků odpovídající ceně obvyklé předmětných pozemků by tak představovala jistinu, kterou by bylo možno při stanovené úrokové sazbě uložit do peněžního ústavu nebo jinak obdobně investovat. V následující tabulce je vyčíslena cena závady za předpokladu, že by finanční prostředky odpovídající hodnotě obvyklé ceně oceňovaných pozemků byly v roce 2017 investovány na dobu 27 let do státních dluhopisů. Výpočet je uveden v tabulce č. 2.

Tab. 2 Cena závady na nemovité věci povinného

Cena závady na pozemcích		
Obvyklá cena pozemků vč. odpočtu za odstranění stavby	Kč	5 452 861
Výnosy z dluhopisů s průměrnou splatností 10 let – v roce 2017 (<i>u</i>)	% / r	1,503
Výnosy z dluhopisů s průměrnou splatností 10 let – v roce 2017 ($i = u / 100$)	-	0,01503
Předpokládaný statisticky max. zbývající počet let užívání práva (<i>n</i>)	roků	27
Vztah pro výpočet		$U = (OC \cdot (1+i)^n) - OC$
Budoucí celkový úrok (<i>U</i>)	Kč	2 704 584
Vztah pro výpočet		$Z = U / (1+i)^n$

Cena závady na pozemcích		
Odborný odhad ceny závady na pozemcích (Z)	Kč	1 807 885
Odborný odhad ceny závady na pozemcích (zaokr.)	Kč	1 808 000

6.2.3 Výsledky

Obvyklá cena pozemků v k.ú. Kyje, včetně odpočtu nákladů na odstranění stavby, včetně odpočtu služebnosti doživotního bezplatného užívání zahrady, byla v roce 2017 po zaokrouhlení ve výši 4 157 000 Kč.

$$(5\,754\,473 - 301\,612 - 1\,295\,393 = 4\,157\,468 \text{ Kč})$$

Obvyklá cena pozemků v k.ú. Kyje, včetně odpočtu nákladů na odstranění stavby, včetně odpočtu závady na pozemcích, byla v roce 2017 po zaokrouhlení ve výši 3 645 000 Kč.

$$(5\,754\,473 - 301\,612 - 1\,807\,885 = 3\,644\,976 \text{ Kč})$$

7 ODŮVODNĚNÍ POSTUPU

Zpracovatel odhadu oceňoval pozemky, na kterých se nacházela stavba v havarijním stavu. Ocenění mělo být provedeno s teoreticky zřízenou služebností doživotní bezplatného užívacího práva pro převodce pozemku.

Var. č. 1: Zpracovatel určil z předmětných pozemků hodnotu služebnosti. K datu ocenění se na pozemcích nacházela stavba, která však byla v havarijním stavu. Jelikož užitek nelze z takovéto stavby stanovit, jednalo se v tomto případě pouze o užitek z pozemků. Zpracovatel se pro určení výše ročního užítku z pozemků zaměřil na pronájmy pozemků převážně užívaných jako zahrady. Obvyklé nájemné z pozemků stanovil porovnáním ve výši 99 Kč/m²/rok. Dobu užívání stanovil na 27 let, míru kapitalizace ve výši 3,5 %. Výsledná hodnota služebnosti pak činila 1 295 000 Kč.

Var. č. 2: Zpracovatel určil z předmětných pozemků hodnotu závady. Důvodem bylo, že předmětné pozemky jsou v dohledné době neprodejné, jelikož po dobu cca 27 let nebude možno s nimi disponovat, např. zde realizovat stavbu rodinného domu apod. Hodnota finančních prostředků odpovídající ceně obvyklé předmětných pozemků by tak představovala jistinu, kterou by bylo možno při stanovené úrokové sazbě uložit do peněžního ústavu nebo jinak obdobně investovat. Předpokládaná investice do státních dluhopisů v roce 2017, což odpovídalo výnosu 1,503 %. Výsledná hodnota závady pak činila 1 808 000 Kč.

8 ZÁVĚR

Oceňování nemovitých věcí i v případech, které nejsou zcela běžné znamená pro oceňovatele v co největší míře využít standardně používané přístupy a metody. Pro konkrétní zadání pak použít a uplatnit příslušné postupy tak, aby byl výsledný odhad kvalitativně co nejpřesnější. Někdy to však znamená vypracovat zadavateli variantní řešení a nechat na jeho rozhodnutí, kterou z variant pak použije.

Literatura a legislativa

- [1] BRADÁČ, A.; Fiala, J.; Hába, J.; Hallerová, A.; Skála, M.; Vutulová, N.: *Věcná břemena od A do Z*. 2. vydání. Praha: Linde Praha, a.s., 2002, 332 s. ISBN 80-7201-565-6.
- [2] BRADÁČ, A. a kol. *Teorie a praxe oceňování nemovitých věcí, II. doplněné vydání*. 2. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2021, 808 s. ISBN 978-80-7623-066-8.
- [3] Zákon č. 89/2012 Sb., občanský zákoník, ve znění platném k datu ocenění.
- [4] Zákon č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku (a o změně některých zákonů), v platném znění.
- [5] Vyhláška č. 55/2000 Sb., Obecně závazná vyhláška hlavního města Prahy, kterou se vydává Statut hlavního města Prahy, ve znění platné k datu ocenění.

Internetové zdroje

- [6] <http://www.cuzk.cz>
- [7] <http://www.czso.cz>
- [8] <https://smlouvy.gov.cz>
- [9] <https://www.geoportalpraha.cz/>

Recenzoval:

prof. Ing. Hobst, Leonard, CSc. – Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Veveří 331/95, 602 00 Brno, +420 541 147 836, hobst.l@fce.vutbr.cz.

VLIV PŘEDPOKLÁDANÉ HODNOTY NA VYSOUTĚŽENOU CENU PŘI ZADÁVÁNÍ VEŘEJNÝCH ZAKÁZEK

IMPACT OF EXPECTED PRICE ON AWARD PRICE IN PUBLIC SECTOR PROCUREMENT

Karla Háva ¹

Abstrakt

Veřejný zadavatel stanovuje obvykle před zahájením zadávacího řízení veřejné zakázky na stavební práce její předpokládanou hodnotu. Tento příspěvek se zabývá veřejnými zakázkami na stavební práce a zkoumá vliv předpokládané hodnoty na výsledky zadávacího řízení. Autor článku zjišťuje závislost výše vítězné ceny ve veřejné zakázce na výši předem stanovené předpokládané hodnoty. Za účelem vyhodnocení výzkumu byl prošetřen výzkumný vzorek 77 veřejných zakázek. Výsledky byly zpracovány pomocí statistického vyhodnocení, konkrétně pomocí jednoduché lineární regrese.

Bylo zjištěno, že vítězná cena veřejné zakázky na stavební práce silně závisí na výši její předpokládané hodnoty. Lze předpokládat, že závislost je zapříčiněna skutečností, že zadavatelé i účastníci veřejné zakázky podávající nabídku používají obdobné postupy nákladového ocenění stavebních prací. Není také vyloučeno, že se zveřejněnou předpokládanou hodnotou nechávají účastníci řízení přímo ovlivnit.

Abstract

The public contractor of a public works contract usually determines its expected price before the start of the procurement procedure. This paper examines the public works contracts and explores the influence of the expected price on the tender results. The author of the article investigates the dependence of the award price in a public contract on the pre-determined expected price. A research sample of 77 public tenders was investigated in order to evaluate research hypotheses. The results were processed using statistics, namely simple linear regression.

It has been found that the award price of the public works contracts strongly depends on its expected price. It can be assumed that the dependence is caused by the fact that both the contractor and the participants in the public contract submitting the offer use similar procedures for the cost evaluation of construction works. It is also possible that participants are directly influenced by the published expected price.

Klíčová slova

počet účastníků, předpokládaná hodnota; veřejná zakázka; vítězná cena

Keywords

number of bidders, expected price; public procurement; award price

1 ÚVOD

V období ekonomické krize způsobené pandemií virové choroby covid-19 zaznívalo od představitelů státu, že je potřeba se z krize proinvestovat k prosperitě. V oblasti stavebnictví se investice státu projevují především ve formě investic do veřejných zakázek na stavební práce. Veřejné zakázky ve stavebnictví však čelí vysoké inflaci a je velice důležité předem co nejpřesněji určit hodnotu veřejné zakázky.

Zadavatelé veřejných zakázek na stavební práce určují tzv. předpokládanou hodnotu zakázky. Předpokládaná hodnota by měla obsahovat hodnotu všech plnění, která mohou vyplývat ze smlouvy na veřejnou zakázku. [1]

Zjistit, jak s předpokládanou hodnotou v soutěži souvisí nabídková cena vítězného dodavatele (v článku označována také *vysoutěžená cena* či *vítězná cena*) a zda se předpokládanou hodnotou nechávají účastníci řízení ovlivnit při odevzdávání svých nabídek, bylo motivací k napsání tohoto článku.

Dle Zákona o zadávání veřejných zakázek se předpokládaná hodnota stanoví na základě stejného nebo podobného předmětu plnění. Pokud zadavatel nemá k dispozici takové informace, vychází z informací získaných průzkumem trhu, předběžnými tržními konzultacemi nebo jiným vhodným způsobem. [1]

V praxi k určení předpokládané hodnoty stavebních prací zadavatelé často využívají rozpočtovací softwarové programy. Cenu stavebních prací tedy určují pomocí směrných cen. Účastníci zadávacího řízení užívají pro stanovení

¹ Karla Háva, Ing. et Ing., VUT v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, 76816@vutbr.cz

nabídkové ceny také často rozpočtovací softwarové programy. Na rozdíl od zadavatelů však rozpočet upravují o vlastní kalkulované ceny, o ceny potenciálních poddodavatelů či dodavatelů materiálů a upravují také výslednou nabídkovou cenu v souvislosti s předpokládanými režijními náklady a očekávaným ziskem. Na výši nabídkových cen ve veřejných zakázkách, tedy i na cenu vítězného dodavatele, působí mnoho vlivů. Jedním z vlivů je skutečnost, zda má účastník soutěže o zakázku eminentní zájem, např. díky vhodné lokalitě, práci přes zimní období apod., v tom případě je ochoten snížit zisk. Naopak, pokud považuje realizaci zakázky za příliš obtížnou, je ochoten stavební práce realizovat pouze za předpokladu dostatečně vysokého zisku. Dalšími vlivy působícími na vítěznou nabídkovou cenu mohou být nepřesná projektová dokumentace či výskyt atypických konstrukcí či výrobků.

Předpokládaná hodnota veřejné zakázky, která je zveřejněna v zadávacím řízení, má být stanovena k okamžiku zahájení zadávacího řízení. [1]

Pokud by se zadávací řízení z nějakého důvodu protahovalo, mohou se cenové úrovně nabídek (a tedy i vítězné nabídky) od předpokládané hodnoty vzdalovat. V nabídkách musí účastníci zadávacího řízení počítat také s navýšením cen v průběhu výstavby. V období turbulentních změn materiálů a pohonných hmot vzniká vybranému dodavateli riziko, že se mu zisk v průběhu výstavby sníží nebo bude ve ztrátě. Není neobvyklé, že zvýšené náklady u veřejné zakázky vyústí v bankrot společnosti, což může mít negativní dopad na úspěšné dokončení zakázky.

Výzkumem souvisejícím s předpokládanou hodnotou veřejných zakázek v České republice se zabývali Hanák a Muchová [2]. Výzkum byl však zaměřen na vliv konkurence na ceny při zadávání veřejných zakázek. Jedna ze zkoumaných hypotéz byla, že je poměr mezi vítěznou cenou a předpokládanou hodnotou ovlivněn počtem uchazečů v zadávacím řízení. Hypotéza v článku byla potvrzena. Autorem tohoto článku však nebyl nalezen výzkum, který by se zabýval závislostí vítězné ceny na předpokládané hodnotě veřejné zakázky.

Jak na sobě závisí předpokládaná hodnota a nabídková cena vítězného dodavatele u skutečně realizovaných veřejných zakázek je předmětem tohoto výzkumu.

2 ZDROJE DAT A METODOLOGIE

Pro vyhodnocení tohoto výzkumu bylo nutné shromáždit dostatečně velký soubor dat o proběhlých zadávacích řízeních na veřejné zakázky. Pro tento článek bylo prohlédnuto více než 1 000 zadávacích řízení na veřejné zakázky související s prováděním stavebních prací v České republice zveřejněných v období mezi roky 2018 a 2023 (do března). Ze získaných dat byla vytvořena databáze obsahující informace o 77 zadávacích řízeních s potřebnými údaji pro statistické vyhodnocení.

Předpokládaná hodnota zkoumaných veřejných zakázek se nacházela v rozmezí od 330 000 Kč do 43 966 479 Kč, nabídková cena vítězného dodavatele pak v rozmezí od 328 422 Kč do 34 797 676 Kč.

2.1 Zdroje dat

Zdrojem dat pro vyhodnocení výzkumu jsou veřejně dostupné cenové údaje o veřejných zakázkách. Data byla shromážděna z Certifikovaného elektronického nástroje tenderů CENT [3] a z Portálu pro vhodné uveřejnění [4]. Pro výzkum byly u veřejných zakázek zaznamenávány následující údaje: zadavatel, název veřejné zakázky, datum zveřejnění, předpokládaná hodnota, vítězná cena, počet nabídek. U jednotlivých účastníků řízení byl zaznamenán název, IČ a nabídková cena v Kč bez DPH.

2.2 Použitá metoda vyhodnocení

Data byla zpracována pomocí statistického programu Statgraphics. U proměnných *předpokládaná hodnota* a *vítězná cena* se jedná o numerické proměnné. U proměnných byly zjištěny základní statistické charakteristiky a bylo testováno, zda se jedná o náhodné veličiny s normálním rozdělením. U obou proměnných nebyla hodnota standardizované šikmosti a standardizované špičatosti v rozsahu očekávaném pro data z normálního rozdělení. Normalita dat nebyla potvrzena.

K vyhodnocení zkoumaných dat byla použita statistická metoda analýzy závislosti, na základě charakteristik proměnných byla zvolena jednoduchá lineární regrese. Nejdříve byla zjištěna rovnice vyrovnávací přímky vyjadřující závislost požadovaných proměnných, dále došlo k provedení dílčích t-testů pro testování významnosti parametrů vyrovnávací přímky, verifikaci zvoleného lineárního modelu a ověření kvality modelu. Verifikace zvoleného modelu je provedena vyhodnocením *p-hodnoty* tabulky ANOVA, ověřením normality reziduí a testováním nulovosti střední hodnoty reziduí.

Na závěr byla posouzena korelace dat.

3 JEDNODUCHÁ LINEÁRNÍ REGRESE

Metoda zkoumá vztah dvou proměnných, kdy Y (závislá proměnná) závisí na X (nezávislé proměnné). Pomocí jednoduché lineární regrese byla testována závislost *vítězné ceny* (závislá proměnná) na *předpokládané hodnotě* (nezávislé proměnné).

3.1 Rovnice vyrovnávací přímky

V první řadě byla zjištěna rovnice vyrovnávací přímky pro zkoumanou závislost. V našem případě je Y vítězná cena a X předpokládaná hodnota.

Vzorec skutečné regresní přímky je:

$$Y = \alpha + \beta \times X \quad (1)$$

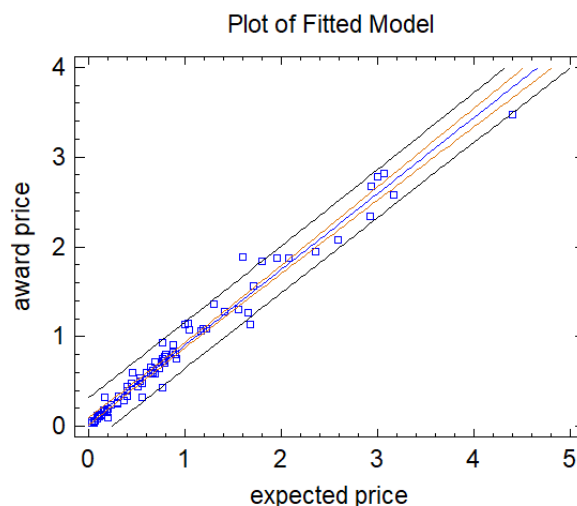
Vzorec vyrovnávací (výběrové regresní) přímky po dhadu a a b parametrů α a β pak:

$$Y = a + b \times X \quad (2)$$

Zjištěná rovnice vyrovnávací přímky zkoumané závislosti má tvar:

$$\text{vítězná cena} = 5678793 + 0,846317 \times \text{předpokládaná hodnota} \quad (3)$$

Rovnice vyrovnávací přímky vyjadřuje závislost vítězné ceny na předpokládané hodnotě. Grafické znázornění zkoumané závislosti vítězné ceny (award price) na předpokládané hodnotě (expected price) je uvedeno v grafu 1.



Graf 1: Vyrovnávací přímka závislosti vítězné ceny (award price) na předpokládané hodnotě (expected price)

3.2 Testování významnosti parametrů vyrovnávací přímky

Při dílčích t-testech jsou testovány parametry α a β skutečné regresní přímky. Je testována nulová hypotéza $H_0: \alpha = 0$ proti $H_A: \alpha \neq 0$ a nulová hypotéza $H_0: \beta = 0$ proti $H_A: \beta \neq 0$. [5]

V tabulce 1 jsou zobrazeny odhady a a b parametrů α a β regresní přímky a p -hodnota výše uvedených testů.

Tab. 1: Testování významnosti parametrů vyrovnávací přímky

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-value
Intercept	5678793	211273	2,68796	0,0089
Slope	0,846317	0,0164046	51,5901	0,0000

Odhady a a b parametrů α a β regresní přímky jsou uvedeny ve sloupci s názvem *Estimate*. Jejich bodové odhady byly uvedeny již v rovnici vyrovnávací přímky. V posledním sloupci je uvedena p -hodnota testů potřebná pro vyhodnocení testů. Obě p -hodnoty jsou menší než 0,05, v obou případech se tedy nulová hodnota H_0 zamítá. Neboli ani jeden z parametrů a , b nelze z modelu vypustit.

3.3 Verifikace zvoleného lineárního modelu

Verifikace zvoleného modelu je provedena vyhodnocením p -hodnoty uvedené v tabulce ANOVA, ověřením normality reziduí a testováním nulovosti střední hodnoty reziduí.

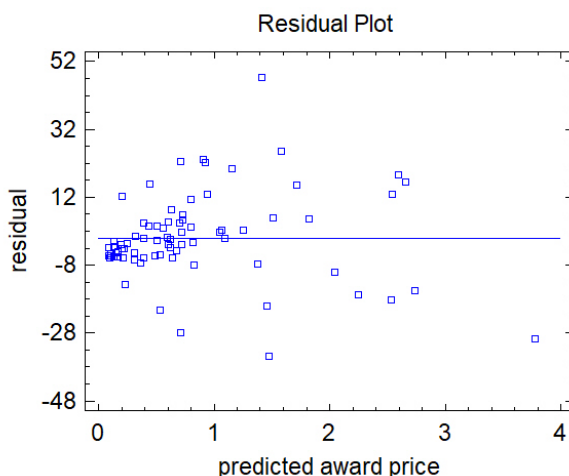
Aby bylo možné zkoumat závislost mezi veličinami X a Y , musí být zřejmé, že tato závislost existuje. K ověření závislosti X a Y bude použita **tabulka ANOVA**, jejíž údaje charakterizují závislost nebo nezávislost mezi zvolenými proměnnými. [5]

Tab. 2: Tabulka ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	4,43468E15	1	4,43468E15	2661,54	0,0000
Residual	1,24965E14	75	1,66621E12		
Total (Corr.)	4,55965E15	76			

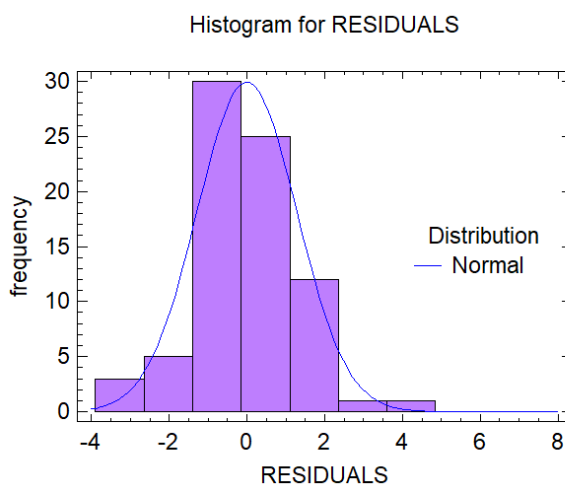
P -hodnota v tabulce ANOVA vyšla menší než 0,05, mezi X a Y tedy existuje závislost. Pokud by p -hodnota vyšla vyšší než 0,05, nemělo by smysl regresi provádět, X a Y by byly nezávislé.

Pro **ověření normality reziduí** byla vygenerována hodnota reziduí (chyby nahrazení skutečné y -nové hodnoty hodnotou na vyrovnávací přímce) a otestována jejich normalita. [5]



Graf 2: Graf reziduí

Následně byla rezidua otestována pomocí testu dobré shody, zda je lze adekvátně modelovat normálním rozdělením. P -hodnota testu byla ohodnocena na 0,096. P -hodnota je větší než 0,05, nelze tedy odmítnout myšlenku, že rezidua pocházejí z normálního rozdělení s 95% spolehlivostí. V grafu 3 je uveden histogram reziduí s křivkou normálního rozdělení.



Graf 3: Histogram reziduí

U hodnot reziduí byl proveden **test střední hodnoty reziduí**, a to pomocí t-testu. Je testována hypotéza $H_0: \mu_z = 0$ oproti alternativě $H_A: \mu_z \neq 0$. Protože *p-hodnota* pro tento test je rovna 0,999998, tedy je větší než 0,05, nelze zamítnout nulovou hypotézu na 95,0% hladině spolehlivosti.

3.4 Ověření kvality modelu

Ověření kvality modelu se provádí pomocí koeficientu determinace označovaného jako *R-kvadrát*. Koeficient udává, jak těsná je závislost mezi proměnnými X a Y a jak je přesné nahrazení závislosti zvolenou regresní křivkou. [5]

V uvedeném případě je koeficient determinace 97,26 %. Hodnota koeficientu se blíží 100 %, lze tedy uvažovat za potvrzené, že lineární regresní závislost je zvolena vhodně.

4 KORELACE

Korelace obecně je míra kvality (vhodnosti, těsnosti) nalezeného regresního modelu pro daná data, vychází z hodnot reziduí. Korelační koeficient je vždy v rozmezí -1 až +1. Čím dál je koeficient od 0, tím silnější je lineární závislost.

Hodnota korelačního koeficientu v uvedeném případě vychází 0,9862. Jde o model velmi silné závislosti proměnné Y na proměnné X . Jde o silnou přímou lineární závislost vítězné ceny na předpokládané hodnotě. Korelační koeficient je kladný, jedná se tedy o rostoucí regresní přímku.

5 VÝSLEDKY VÝZKUMU

Pro nalezení odpovědi na výzkumnou otázku byla zjištěna rovnice vyrovnávací přímky vyjadřující závislost předpokládané hodnoty na nabídkové ceně vítězného dodavatele. Dále byly provedeny dílčí t-testy pro testování významnosti parametrů vyrovnávací přímky, verifikován zvolený lineární model a ověřena kvalita modelu. Z výsledků lineární regrese lze konstatovat, že výše nabídkové ceny vítězného dodavatele je silně závislá na výši předpokládané hodnoty veřejné zakázky. Jedná se o silnou lineární závislost. Modelem závislosti je rostoucí regresní přímka. Jak je vidět na grafu 1, čím vyšší je předpokládaná hodnota, tím vyšší je vítězná cena.

6 ZÁVĚR

Bylo zjištěno, že nabídková cena vítězného dodavatele veřejné zakázky na stavební práce silně závisí na výši její předpokládané hodnoty. Lze předpokládat, že závislost je zapříčiněna skutečností, že zadavatelé i účastníci zadávacího řízení používají obdobné postupy nákladového ocenění stavebních prací. Není také vyloučeno, že se zveřejněnou předpokládanou hodnotou nechávají účastníci přímo ovlivnit.

V budoucnosti by měla být databáze užitá pro tento výzkum rozšířena. Na rozšířené databázi by měla být zkoumána další výzkumná otázka, a to zda je počet účastníků zadávacího řízení ovlivněn výší předpokládané hodnoty veřejné zakázky na stavební práce. U současné databáze byla zjištěna pouze nízká pozitivita korelace.

Závěrem lze konstatovat, že zadavatelé veřejných zakázek by měli dbát na co nejpřesnější stanovení předpokládané hodnoty. Její výše je pro zadavatele i pro účastníky zadávacího řízení důležitý ukazatel predikující výši vysoutěžené ceny. Dodavatelům předpokládaná hodnota napovídá, jestli je zakázka v jejich finančních možnostech a je pro ně zajímavá.

Literatura

- [1] Zákon č. 134/2016 Sb. Zákon o zadávání veřejných zakázek. In: *Zákony pro lidi* [online]. c AION CS, 2010-2023. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z WWW: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-134/zneni-20220901>>.
- [2] HANÁK, Tomáš; MUCHOVÁ, Petra. Impact of competition on prices in public sector procurement. *Procedia Computer Science*. 2015, 64: s. 729-735.
- [3] Certifikovaný elektronický nástroj tenderů CENT. Verze 1.1 (akt. 2022-12-31) [online]. c 2013-2023. Dostupné z WWW: <<https://www.profilzadavatele-vz.cz>>.
- [4] Portál vhodného uveřejnění. [online]. c 2021. Dostupné z WWW: <<https://www.vhodne-uverejneni.cz>>.
- [5] ŠIMONOVÁ, Lenka. *Průvodce k programu Statgraphics: Část 2*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. 2006. 70 s.

Recenzovala

Ing. Vítězslava Hlavinková, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odborný asistent, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, +420 541 148 936, hlavinkova@vut.cz

ANALÝZA ÚZEMÍ POMOCÍ PROSTOROVÝCH DATASETŮ

TERRITORY ANALYSIS WITH SPATIAL DATASETS

Daniel Kliment¹

Abstrakt

Příspěvek zaměřen na zkoumání závislosti geolokačních dat a cenových údajů na prostorových charakteristikách území v jednotlivých urbanistických strukturách. Datová sada prostorových charakteristik území byla získána z OpenStreetMap jako zdroj informací pro popis a rozbor území urbanistické struktury. Každá urbanistická struktura (typologie) ve městě má své vlastnosti dané charakterem veřejných prostranství, měřítkem staveb, vzájemnými vazbami a atmosférou. Pro potřeby srovnání sledovaných vybraných statistických dat jsem urbanistickou strukturu města Brna rozdělil do několika základních typů: kompaktní struktura, bloková struktura, smíšená struktura, novodobé obytné soubory, solitérní vily a rodinné domy. Pro vyhodnocení byla použita metoda Multiple-sample comparison, konkrétně analýza rozptylu (ANOVA). Analýza interakce mezi obyvateli a městským prostorem může pomoci ke správnému usměrnění tvorby životního prostředí a souvisejícího veřejného prostoru. Přínos spočívá v ukázce inovativního přístupu ke sběru a využití informací pomocí otevřených prostorových dat prostřednictvím datových platform.

Abstract

The paper focuses on the investigation of the dependence of geolocation data and price data on the spatial characteristics of the territory in different urban structures. The dataset of spatial characteristics of the territory was obtained from OpenStreetMap as a source of information for the description and analysis of the territory of the urban structure. Each urban structure (typology) in the city has its own characteristics determined by the nature of public spaces, scale of buildings, interrelationships and atmosphere. For the purpose of comparison of the selected statistical data under study, I have divided the urban structure of Brno into several basic types: compact structure, block structure, mixed structure, modern residential complexes, solitary villas and family houses. Multiple-sample comparison method, namely analysis of variance (ANOVA), was used for the evaluation. The analysis of the interaction between residents and urban space can help to guide the proper design of the environment and the related public space. The contribution lies in the demonstration of an innovative approach to collect and use information using open spatial data through data platforms.

Klíčová slova

Geolokační data; charakteristika území; OpenStreetMap; prostorová data; urbanistická struktura.

Keywords

Geolocation data; area characteristics; OpenStreetMap; spatial data; urban structure.

1 ÚVOD

Hlavní myšlenkou je pochopit a vhodně analyzovat interakci mezi obyvateli a městským prostorem. Pochopení vztahu může pomoci osobám zaměřeným na plánování a rozvoj území s rozhodovací pravomocí. Aktivita obyvatel založená na geolokačních datech může být ukazatelem kvality území, což může do jisté míry ovlivňovat také ceny nemovitých věcí (staveb). Vývojem informačních technologií, rozsáhlým sběrem dat a dostupností datových platform se nabízí použití otevřených prostorových dat prostřednictvím OpenStreetMap jako cenného zdroje informací. Nicméně jednotlivé charakteristiky území nemají smysl samy o sobě, jejich vypovídací schopnost se projevuje až při hodnocení a interpretaci sledovaných jevů ve správně uchopených a popsanych souvislostech. Vhodná analýza interakce mezi obyvateli a městským prostorem může vést ke správnému usměrnění tvorby životního prostředí a souvisejícího veřejného prostoru. Přínos výzkumu spočívá také v ukázce inovativního přístupu ke sběru a využití informací pomocí otevřených prostorových dat prostřednictvím datových platform.

Aglomerační výhody města jsou způsobeny zejména prostorovou koncentrací činností. K prvotní funkci města se přidávají další funkce, jako jsou bydlení, práce a rekreace. Úkolem definovat širokou škálu indikátorů udržitelného rozvoje ve všech sledovaných a definovaných pilířích udržitelnosti se zabýval výzkum G. Kopáčka a kol. Cílem bylo prozkoumat jejich naplňování v různých charakteristických typech urbanistických struktur tří rozdílných velkých měst. [1]

¹ Daniel Kliment, Ing. et Ing., VUT v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464, 612 00 Brno-Medlánky, daniel.kliment@vut.cz

Důsledky samoorganizujících se jevů pro plánování a rozvoj území jsou relativně novým tématem výzkumu, které získává stále větší ohlas u urbanistů. Samoorganizace je proces, při němž vzájemným působením mezi složkami neuspořádaného systému vzniká nějaká podoba řádu. Tento proces je spontánní a není nijak centrálně řízen. Problémem je, že koncept samoorganizace je v současné době v debatě o současném plánování uplatňován různými způsoby, což vyvolává nedorozumění, pochybné definice a sporné praktické návrhy. Rozkrýt tuto složitou problematiku rozlišením jednotlivých urbanistických jevů se zabývali Stefano Moroni, Ward Rauws a Stefano Cozzolino ve své publikaci „Forms of self-organization: Urban complexity and planning implications“. [2]

Zkoumáním OpenStreetMap jako cenného zdroje celosvětových geoprostorových dat užitečného pro výzkumníky v oblasti měst se zabýval Geoff Boeing z Northeastern University. Byla představena analýza amerických uličních sítí z OpenStreetMap v měřítku metropole, obce a čtvrti - konkrétně každého amerického města a městečka, urbanizované oblasti podle sčítání lidu a čtvrti definované společností Zillow. Předkládá empirické poznatky o podobě měst a charakteristikách uličních sítí v USA s důrazem na měřítka důležitá pro teorii grafů, dopravu, urbanistický design a morfologii, jako je struktura, propojenost, hustota, centralita a odolnost. [3]

Vytvořit podklad pro kvalifikované rozhodování odpovědné samosprávy o rozvoji svého území je smyslem publikace „Hustota a ekonomika měst“ od Tomáše Hudečka a kol. Výzkum jednoznačně ukázal, že řídké bydlení se nevyplácí – ani obyvatelům, ani městu. Z porovnání urbanistických struktur a hustoty obyvatelstva, která se s nimi pojí, vychází, že vztah mezi náklady a hustotou není přímý. Nelze však jednoznačně říct, že hustší je vždy zárukou dobrého, stejně jako řídkší podstatou špatného, je třeba brát v potaz i další parametry a konkrétní hodnoty hustot. Cílem bylo ukázat, že veřejné finance a hospodaření v území velmi úzce souvisejí s urbanismem a strukturou zástavby. [4]

Některé obdobné vědecké studie ukazují, že extenzivní rozšiřování města prostřednictvím sídelní kaše negativně ovlivňuje výdaje města, což uvádí například publikace španělských autorů Hortas-Rico a Solé-Ollé. [5] Jiná studie, kterou zveřejnil Holcombe a Williams, právě poukazuje na existenci fázových přechodů a prahových předělů ve velikosti a koncentraci území měst. [6]



Obr. 1: Obnova městského území Utrechtu (weirdium.com)

2 STANOVENÍ URBANISTICKÝCH STRUKTUR

Základní typické struktury byly vybrány z hlediska urbanismu s ohledem na typologii, mají jistá specifika a základní parametry území. Urbanistická struktura tedy popisuje část území, která má určité vlastnosti a charakter (pozitivní i negativní). Bere v úvahu zejména formu zástavby a navazujících veřejných prostor, které se liší v závislosti na funkci a lokalizaci. Každá urbanistická struktura (typologie) ve městě má své vlastnosti dané charakterem veřejných prostranství, měřítkem staveb, vzájemnými vazbami a atmosférou. Pro potřeby srovnání sledovaných vybraných dat jsem urbanistickou strukturu města Brna rozdělil do několika základních typů:

Kompaktní struktura – neboli rostlá struktura představuje především historické jádro města. Je typická nepravidelně často velmi úzkými ulicemi a kamennými náměstími. Vysoká míra zastavěnosti území. Domy stojí na uliční

čáře a tvoří uzavřené nepravidelné bloky. Parcely jsou malé, nepravidelného tvaru. Ulice neumožňují plnohodnotný automobilový provoz. Funkce je smíšená s výrazným podílem bydlení a občanským vybavením. Lokalita: Brno-město, Staré Brno, Zábřovice.

Bloková struktura – tvořená uzavřenými většinou pravidelnými bloky. Ulice tvoří pravidelnou síť, která má jasnou hierarchii, náměstí a dvorní prostory jsou často parkově upravená. Domy stojí na uliční čáře, parcely jsou pravidelné. Bloky jsou uspořádány do čtvrtí a doplněny parky. Převažuje funkce bydlení. Lokalita: Veverí, Královo Pole, Ponava.

Smíšená struktura – smíšená struktura nemá jednotnou typologii. Kombinují se v ní jak kompaktní bloky, tak polootevřené bloky. Částečně se v ní mohou vyskytovat i solitérní stavby typické pro modernistické město. Měřítko je proměnlivé. Smíšená struktura na půdorysů původních obcí začleněných do území měst. Lokalita: Trnitá, Komárov, Žabovřesky.

Novodobé obytné soubory – jedná se o volnou zástavbu bytových domů v zeleni (např. panelová soc. sídliště) funkcionalistického rázu. Struktura je tvořená solitérními stavbami obklopenými parkem ve volné zástavbě. Měřítko je velké, veřejná prostranství nejsou jasně ohraničena a nemají hierarchii. Doprava je často segregována na pěší a pro automobily. Lokalita: Bohunice, Bystrc, Lesná, Líšeň.

Solitérní vily – jedná se o vily samostatně umístěné v zahradách, většinou vícepodlažní. Stavební čára ustupuje od uliční čáry, vzniká tak předzahrádka. Hranice mezi veřejným a neveřejným prostorem je často segregována oplocením. Síť uličních prostranství je pravidelná, zpravidla komponovaná, doplněná náměstími s parkovou úpravou. Lokalita: Černá Pole, Pisárky, Stránice, Jundrov.

Rodinné domy – strukturu tvoří rodinné domy samostatně umístěné v zahradách. Domy bývají spíše menší a nízkopodlažní. Stavební čára je zpravidla otevřená a domy mívají předzahrádku. Hranice mezi veřejným a neveřejným prostorem je často segregována oplocením. Síť uličních prostranství obvykle vykazuje pravidelnost. Stavební bloky doplňují drobné parky a náměstí. Lokalita: Černovice, Maloměřice, Komín, Židenice.

3 ANALÝZA ÚZEMÍ

3.1 Charakteristiky území

Datová sada prostorových charakteristik území byla získána z OpenStreetMap, což je jedním ze zásadních zdrojů informací pro popis a rozbor území urbanistické struktury. OpenStreetMap představuje vizualizaci dostupných geografických dat do podoby digitální topografické mapy. Jednotlivé charakteristiky území jsou stanoveny na základě analýzy a dostupnosti prostorových dat. Charakteristiky splňují kritéria tematické a prostorové relevance. Při výběru dat je potřeba vždy vycházet také z předpokladu, že údaje o vybraných charakteristikách jsou veřejně přístupné a dostupné pro všechny zvolené urbanistické struktury území. Mezi prostorové charakteristiky území byly zařazeny následující indikátory: celková délka komunikační sítě, index obslužnosti, koncentrace poléťavého prachu, obvykle bydlící obyvatelstvo, plocha parků a veřejné zeleně, index podlažnosti, počet bytů, počet domů, index obydlenosti, počet krimi přestupků, prodejní plocha prodejen zboží, výměra ploch zástavby dle ÚPD, index spokojenosti obyvatel, index výskytu obyvatel podle dat mobilních operátorů, počet nabídek rezidenčních nemovitých věcí. Všechna data byla získána z oficiálního datového portálu data.bno.cz, který poskytuje přístup k různým souborům otevřených dat týkajících se města. Datové sady jsou k dispozici v různých formátech, například CSV, JSON a XML, a lze je bezplatně stáhnout pro osobní i komerční použití. Součástí webových stránek je také datový portál, který uživatelům umožňuje zkoumat datové sady, vizualizovat je na mapách a filtrovat je na základě různých kritérií. Cílem webu je podporovat transparentnost a otevřenost městské správy a podporovat vývoj inovativních řešení, která jsou přínosem pro občany a podniky.

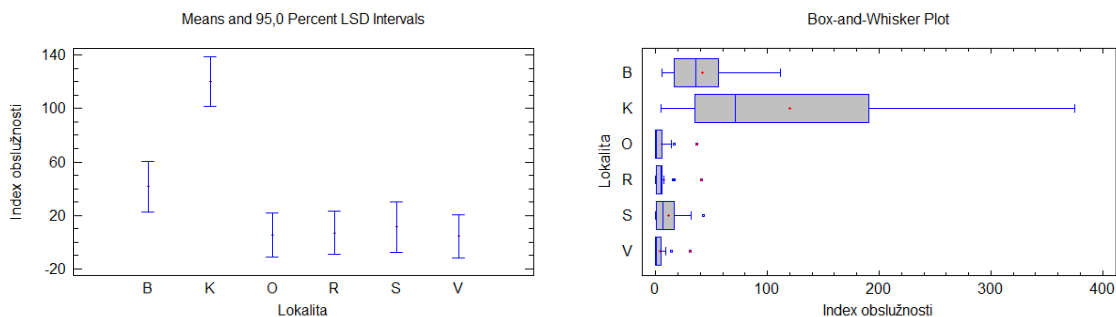
3.2 Metoda analýzy urbanistických struktur

Pro analýzu byla použita metoda Multiple-sample comparison, konkrétně analýza rozptylu (ANOVA). ANOVA otestuje, zda mezi průměry existují významné rozdíly. Pokud takové rozdíly existují, Testy vícenásobného rozsahu vám řeknou, které prostředky se významně liší od kterých ostatních. Pokud testovaná data naznačují určitou významnou nenormálnost dat, která porušuje předpoklad, že data pocházejí z normálního rozdělení, je nutné tato data transformovat nebo použít Kruskalův-Wallisův test k porovnání mediánů namísto průměrů. Kruskalův-Wallisův test testuje nulovou hypotézu, že mediány jsou stejné. Pokud je hodnota P menší než 0,05, existuje mezi mediány statisticky významný rozdíl na 95,0% hladině spolehlivosti. Pro zjištění, které mediány se vzájemně významně liší, je použito grafické zobrazení Box-and-Whisker Plot.

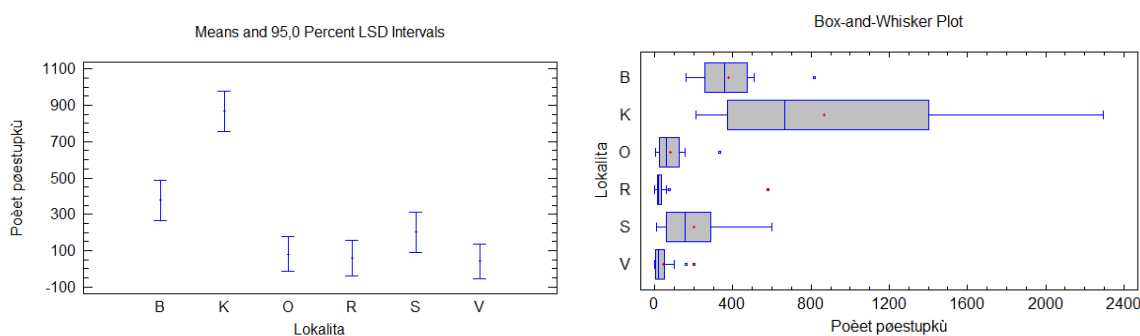
3.3 Vlastní analýza urbanistických struktur

Pomocí postupu vícenásobného porovnání bylo určeno, které střední hodnoty v jednotlivých urbanistických strukturách se významně liší od ostatních. Metoda použita k rozlišení mezi průměry, je Fisherův postup nejmenšího významného rozdílu (LSD). Intervaly LSD, známé také jako intervaly nejmenších významných rozdílů, jsou způsobem,

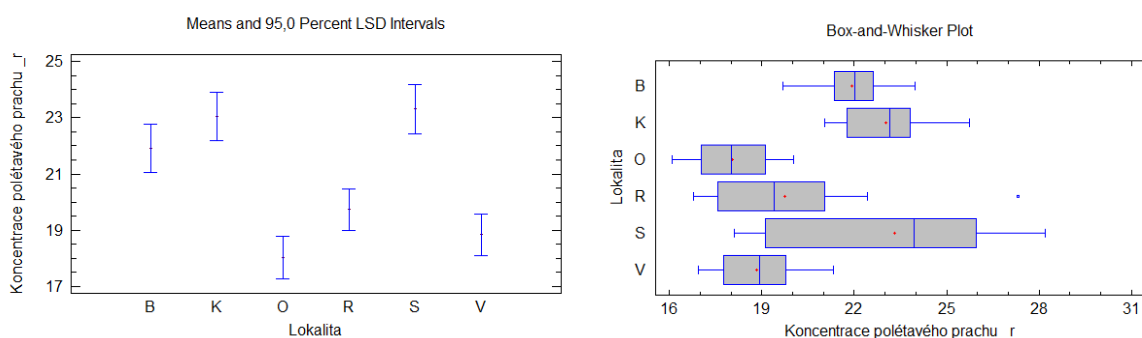
jak určit, zda existují významné rozdíly mezi průměry dvou nebo více skupin. LSD interval je specifický typ LSD intervalu, který se počítá tak, aby zahrnoval skutečný rozdíl mezi dvěma průměry s 95% spolehlivostí. To znamená, že pokud by se experiment mnohokrát opakoval, v 95 % případů by skutečný rozdíl mezi průměry spadl do intervalu LSD. V datech je naznačena určitá významná nenormálnost dat, která porušuje předpoklad, že data pocházejí z normálního rozdělení. Byla potřeba určitá data transformovat nebo použít Kruskalův-Wallisův test k porovnání mediánů místo průměrů. Mediány, které se vzájemně významně liší, jsou zobrazeny pomocí grafického zorazení Box-and-Whisker Plot.



Graf 1: Graf znázorňující rozložení dat pro indikátor indexu obslužnosti v urbanistických strukturách (vlastní)

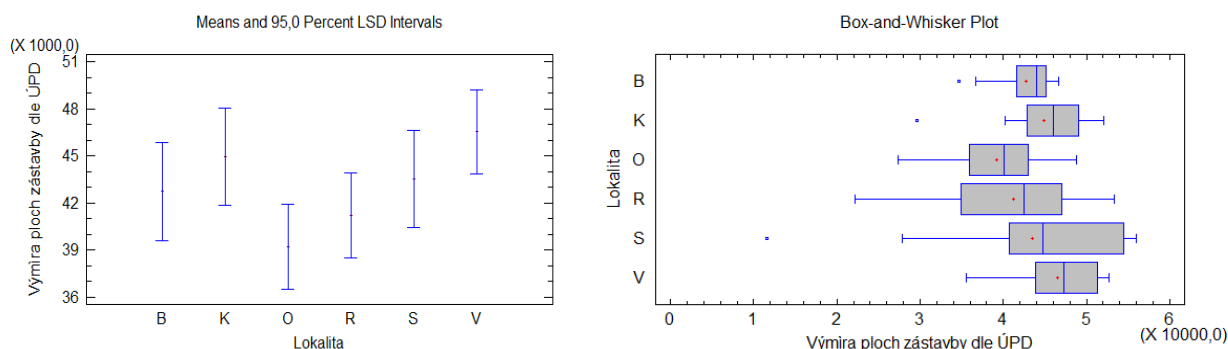


Graf 2: Graf znázorňující rozložení dat pro indikátor počtu přestupků v urbanistických strukturách (vlastní)

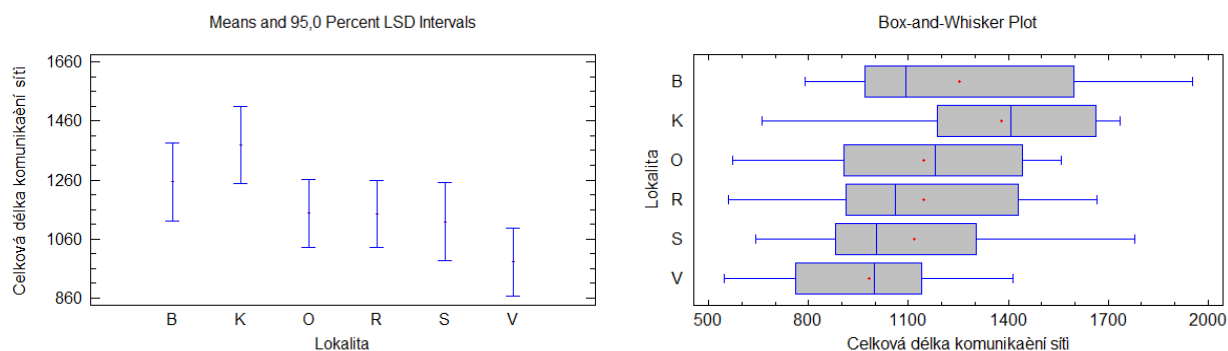


Graf 3: Graf znázorňující rozložení dat pro indikátor koncentrace polétavého prachu v urbanistických strukturách (vlastní)

Graf č. 1 ukazuje distribuci indexu obslužnosti v jednotlivých urbanistických strukturách, a to konkrétně Blokové a Kompaktní struktury. Ostatní struktury jsou zastoupeny jako jedna skupina, jelikož jsou si velmi podobné a rozdíly mezi nimi nejsou statisticky významné. Podle grafu č. 2 lze konstatovat, že struktury Rodinné domy, Solitérní vily a Novodobé obytné soubory mají menší počet přestupků a jsou tedy klidnější, zatímco Bloková a Kompaktní struktura jsou shodně nejrizikovější s pohledu počtu přestupků. U indikátoru koncentrace polétavého prachu v zázorném grafu č. 3 můžeme vidět velkou odlišnost ve výsledných datech původních a datech transformovaných, což je způsobeno nenormálností dat. Statisticky významný rozdíl je u struktury Kompaktní a Blokové v porovnání se strukturou Novodobých obytných souborů, Solitérních vil a Rodinných domů. Smíšená struktura je v tomto ohledu odlišná pouze od Novodobých obytných souborů.



Graf 4: Graf znázorňující rozložení dat pro indikátor výměry ploch zástavby dle ÚPD v urbanistických strukturách (vlastní)



Graf 5: Graf znázorňující rozložení dat pro indikátor celkové délky komunikační sítě v urbanistických strukturách (vlastní)

Graf č. 4 indikuje statisticky významný rozdíl u výměry plochy dle zástavby ÚPD, který má mezi sebou struktura Blokovaná a Novodobé obytné soubory, dále Solitérní vilové zástavby a Novodobé obytné soubory. Graf č. 5 ukazuje distribuci celkové délky komunikační sítě pro jednotlivé urbanistické struktury. Indikátor celková délka komunikační sítě vykazuje statisticky významný rozdíl mezi strukturou Solitérních vil a Kompaktní strukturou. Ostatní struktury jsou si velmi podobné a můžeme tvrdit, že rozdíly hodnot indikátoru nejsou statisticky významné.

4 ZÁVĚR

Z výsledků zkoumání lze usoudit, že jednotlivé urbanistické struktury mají specifické charakteristiky a vlastnosti, které se promítají do jejich ukazatelů a mohou mít vliv na kvalitu života obyvatel a celkově jejich spokojenost. Blokovaná a Kompaktní struktura se ukazují jako nejrizikovější zejména z hlediska indexu obslužnosti a počtu přestupků. Naopak urbanistické struktury Solitérních vil, Rodinných domů a Novodobých obytných souborů vykazují klidnější prostředí s menším počtem přestupků a menší koncentrací polétavého prachu. Z hlediska výměry plochy dle zástavby ÚPD jsou nejpodobnější Solitérní vilové zástavby a Novodobé obytné soubory, které se od sebe liší pouze mírně. Celková délka komunikační sítě má statisticky významný rozdíl mezi Solitérními vilami a Kompaktní strukturou, zatímco ostatní struktury jsou si velmi podobné. Při pohledu na zkoumané indikátory prostorových charakteristik lze zobecnit urbanistické struktury na dvě skupiny, kdy do první spadá Kompaktní a Blokovaná struktura, do druhé potom Novodobé obytné soubory, solitérní vilová zástavba a rodinné domy. Smíšená struktura potom inklinuje svými vlastnostmi spíše ke druhé skupině.

Grafická vizualizace numerických dat pomocí kvartilů v krabicovém grafu přehledně ukazuje rozdíly ve vyšetřovaných indikátorech prostorových charakteristik území a dává náhled na rozložení hodnot v jednotlivých urbanistických strukturách. Tyto informace mohou být užitečné při plánování a rozhodování o urbanistickém rozvoji na úrovni měst a obcí. Analýza interakce mezi obyvateli a městským prostorem může dále pomoci ke správnému usměrnění tvorby životního prostředí a souvisejícího veřejného prostoru. Přínos spočívá v ukázce inovativního přístupu ke sběru a využití informací pomocí otevřených prostorových dat prostřednictvím datových platform.

Poděkování

Príspevek byl zpracován za podpory Specifického vysokoškolského výzkumu MŠMT č.j. ÚSI-J-22-7987.

Literatura

- [1] KOPÁČIK G., WITTMANN M., KILNAROVÁ P., KUČERA P., FRANTIŠÁK L., HAVLIŠ K., ŠIMARA E., HÝLOVÁ A., MATYÁŠOVÁ J., LEITMANNOVÁ A., VAISHAR A., JENČKOVÁ B., HOFMAN P., OBRŠÁL N. Vliv charakteru a umístění urbanistické struktury na udržitelný rozvoj území. Případové studie Brno–Ostrava–Zlín. Akademické nakladatelství CERM©, s.r.o., 2019. ISBN 978-80-7623-007-1.
- [2] MORONI S., RAUWS W., COZZOLINO S. Forms of self-organization: Urban complexity and planning implications. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*. 2020;47(2):220-234. doi:10.1177/2399808319857721.
- [3] BOEING G. A multi-scale analysis of 27,000 urban street networks: Every US city, town, urbanized area, and Zillow neighborhood. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science* [online]. 2020, 47(4), 590-608 [cit. 2022-02-02]. ISSN 2399-8083. Dostupné z: doi:10.1177/2399808318784595.
- [4] HUDEČEK T., DLOUHÝ M., HNILIČKA P., LEŇO CUTÁKOVÁ L. a LEŇO M.. Hustota a ekonomika měst. [Praha]: ČVUT – Masarykův ústav vyšších studií, [2018]. ISBN 978-80-87931-75-2.
- [5] HORTAS-RICO M., SOLÉ-OLLÉ A. Does Urban Sprawl Increase the Costs of Providing Local Public Services? Evidence from Spanish Municipalities. *Urban Studies*. 2010, Vol. 47, no. 7, pp. 1513–1540.
- [6] HOLCOMBE R. G., WILLIAMS D. W. The Impact of Population Density on Municipal Government Expenditures. *Public Finance Review*. 2018, Vol. 36, no. 3, pp. 359–373.

Recenzoval

Ing. Josef Čech, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odborný asistent, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, +420 541 148 934, josef.cech@vut.cz

PROMĚNA SOCIÁLNÍ STRUKTURY KAMENNÉ ČTVRTI

TRANSFORMATION OF THE SOCIAL STRUCTURE OF THE KAMENNÁ DISTRICT

Sofie Pokorná¹, Klára Francová²

Abstrakt

Článek popisuje vznik nouzových a dělnických kolonií ve městě Brně od počátku 20. let 20. století. Dále stručně seznamuje s historií Kamenné čtvrti a s jejími obyvateli od jejího vzniku přes 70.-90. léta 20. století až po současnost. Primárním cílem práce bylo zmapovat aktuální vzdělanost a profesní zastoupení v Kamenné čtvrti, což bylo vypracováno pomocí dotazníkového šetření po internetu i v terénu. Nově získaná data byla srovnána s daty průzkumu z roku 2019 a s axiomy z historie, které jsou o Kamenné čtvrti známy. Data z obou šetření byla srovnávána také s daty z celé České republiky a z Brna. Aktuální profesní složení pracujících v Kamenné čtvrti bylo srovnáváno s přízvisky, která Kamenná čtvrť získala v době svého vzniku (nouzová/dělnická kolonie) a v době obměny obyvatel v 70.-90. letech (čtvrť umělců a bohémů). V diskusi jsou uvedena témata, která místní obyvatelé aktuálně řeší. Zjištění těchto témat vycházelo z již zmiňovaného kvantitativního výzkumu z roku 2023. Průzkum vzdělanosti a profesního složení byl dělán z důvodu hypotézy probíhající gentrifikace v Kamenné čtvrti. Tato hypotéza průzkumem nebyla vyvrácena, naopak výsledky průzkumu poukazují na možný průběh gentrifikace. K jejímu definitivnímu potvrzení bude však potřeba dalšího výzkumu.

Abstract

The article describes the emergence of emergency and workers' colonies in Brno from the early 1920s. It also briefly introduces the history of the Kamenná District and its inhabitants from its foundation through the 1970s-1990s to the current times. The main aim of the thesis was to map the educational and occupational representation in the Kamenná District, which was done through a questionnaire survey over the internet and in the field. The newly collected data was compared to the 2019 survey data and to the axioms of history that are known about the Kamenná District. Data from both surveys were also compared with data from the Czech Republic and Brno. The current occupational composition of the workers in the Kamenná District was compared to the nicknames that the Kamenná District was given at the time of its founding (shanty town/worker's colony) and at the time of population turnover in the 1970s-1990s (artists' and bohemians' quarter). The discussion includes topics that local residents are currently addressing. The identification of these topics was based on the aforementioned quantitative research from 2023. The survey of educational and occupational composition was done because of the hypothesis of ongoing gentrification in the Kamenná District. This hypothesis was not refuted by the survey; on the contrary, the survey results point to a possible progression of gentrification. However, further research will be needed to confirm it definitively.

Klíčová slova

Kamenná čtvrť; vzdělanost; zastoupení profesí; nouzové kolonie, Brno, gentrifikace.

Keywords

Kamenná district, education, representation of professions, shanty town, Brno, gentrification.

1 ÚVOD

1.1 Vznik dělnických kolonií v Brně

V návaznosti na průmyslovou revoluci (1760-1840) byly v Brně zakládány nové podniky, což generovalo nová pracovní místa. Ty nebylo možné zaplnit stávajícími občany města, a proto se do Brna přistěhovalo mnoho nových obyvatel. Vliv migrace i přirozený růst Brna vyžadoval celkové řešení bytové otázky – v roce 1919 nastala bytová krize, kdy v Brně chybělo 2 000 bytů. Město na tuto situaci reagovalo výstavbou cca 10 000 domů v období První republiky. Jednalo se převážně o bytové domy, které skýtal asi 35 000 nových bytových jednotek. V tomto období se výrazným urbanistickým prvkem Brna staly funkcionalistické obytné soubory sídlištního charakteru, které měly řešit bytovou nouzi slabší ekonomické vrstvy obyvatel. Volných bytů bylo ve městě dost, avšak díky nové výstavbě byly i dělnické byty poměrně drahé. [1] Rodiny se dvěma příjmy si ale mohly běžně dovolit bydlet v nájmu v takovémto bytovém domě.

¹ Sofie Pokorná, Ing., VUT Brno, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 118, Brno, sofie.pokorna@vut.cz

² Klára Francová, Ing., VUT Brno, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 118, Brno, 194073@vut.cz

V průběhu 20. let se, v důsledku přibližující se hospodářské krize, v brněnských podnicích propouštělo nebo se zkracovaly úvazky, což mnoho rodin uvrhlo pod hranici bída. [2]

Reakcí na to se stal vznik nouzových kolonií, které byly ve větší míře budovány od poloviny 20. let. Ve snaze zamezit živelnému a neuspořádanému vzniku těchto dělnických kolonií schválil a financoval městský magistrát výstavbu kolonií v Husovicích a Komárově, to však nebylo kapacitně dostačující. Město také koupilo vyřazené železniční vagóny a umístilo je do stávajících kolonií, tyto vagóny měly sloužit jako dočasné ubytovny pro rodiny bez přístřeší. V roce 1927 je zaznamenán extrémní přírůstek 187 nově postavených nouzových obydlí. V roce 1929 tvořily tyto nouzové obydlí již několik souvislých celků a počet nouzových obydlí čítal zhruba 4,5 % z celkové obytné výstavby. Po roce 1935 začal růst dělnických kolonií opadat. Koncem První republiky bylo v Brně asi 20 nouzových kolonií. V těchto koloniích žilo přes 7 000 obyvatel v 1 100 domcích, dalších více než 500 obyvatel bydlelo v maringotkách, stájích, stodolách či kůlnách. Velikost a počet těchto kolonií se v průběhu 40. let značně měnil a některé, zejména ty se stabilnější zástavbou, se zachovaly dodnes. [1]

Tab. 1 Přehled dělnických kolonií existujících ve 30. letech 20. století v Brně [7]

Lokalita	Vznik kolonie	Zřízena	Počet domů v r. 1929	Poznámky	Zánik kolonie	Počet domů dnes
Divišova kolonie	Po roce 1925	Vlastníky pozemků	154	Také Šanghaj		Cca 170
Kamenná kolonie	1925	Obyvateli	Přes 100			Cca 140
Písečník	1919	Městem	84	V původním duchu kolonie se zachovala jen ulice Písečník (dříve Písečník + Lozibky)		Cca 27
Podstránská	1928		62 (1933)			Cca 100
V Chaloupkách	1928	Městem			1946	
Na Hausberku	1928				1946	
Na Rybníčku	1927	Obyvateli	60	Také kolonie Planýrka	1940	
U Kostivárny	1925	Obyvateli	42	Také Černovičky		Cca 50
Kolonie Na novém hřbitově	1925	Městem	144 bytů	Byl užíván i název Na starém hřbitově	1945	
Polní	1930 - 1932	Obyvateli	34	Také baráková kolonie u Polní	1958	
Hálkova ulice	1750 - 1780		22	Dnes Fibichova		Cca 40
Resslova ulice	Počátek 30. let	Obyvateli		Dnes Myslínova		Cca 65
Na Úhelkách	V průběhu 30. let		26		1999	
U Olší	1932	Městem	45			Cca 42
Vagónová kolonie	Mezi lety 1933-1939	Městem	8	Složená z vyřazených železničních vagonů	80. léta 20. století	
Kolonie Za Zahradou	1926	Městem			1942	

1.2 Kamenná čtvrť

1.2.1 Stručná historie

Kamenná kolonie vznikla na území městské šterkovny na Červeném kopci. Díky rozdělení lomu do etáží byla Kamenná kolonie přirozeně členěna na dvě části, na tzv. "Horní skalu" a "Dolní skalu." Pozemky, na nichž kolonie vznikala byly jak městské, tak soukromé, nepatřily však samotným obyvatelům.

Počátek výstavby je datován do roku 1925, kdy byl osídlen stávající dům č. 1 a v prostoru Dolní skaly se začalo stavět. Tato výstavba byla městem povolena. V průběhu roku 1928 se začalo stavět i v Horní skale, kde se však stavělo bez povolení. Povolení na tyto stavby bylo vydáváno zpětně. Výstavba vznikala na etapy dlouhé 7 měsíců až 3 roky.

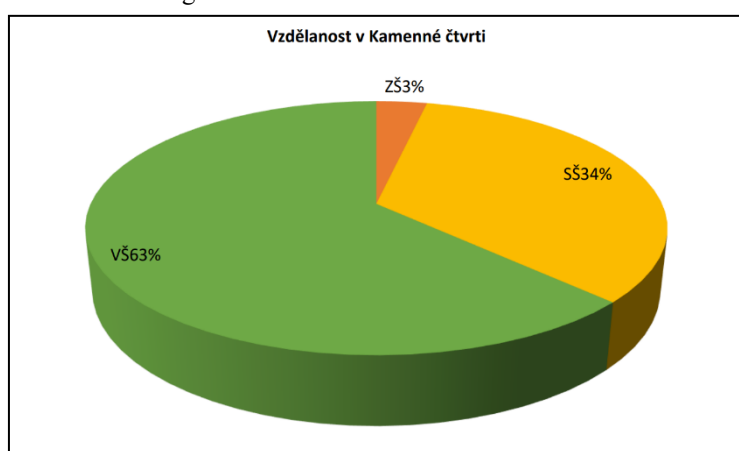
Obyvatelé museli zaplatit tzv. "roční uznatelné", což byl poplatek za užívání obecního pozemku vždy do určitého roku a s možností odvolání i bez udání důvodů. Většina domů se stavěla v nejnужnějším vzorci „kuchyň + pokoj“ a materiál k výstavbě byl získáván převážně z bouraček – častým zdrojem byla v té době bouraná kolonie Na Rybníčku. V průběhu dalších let byly ke stávajícím stavbám budovány základní hygienické místnosti, hospodářské prostory či další ložnice. V roce 1927 byla v kolonii vybudována první vodovodní pumpa a ve 30. letech byla ve spodní části Kamenné čtvrti zavedena kanalizace. V tomto období soukromý pozemek v horní části přešel na jiného majitele, který zde povolil další výstavbu. Kolonie se tak významně rozrostla o domy rodin z kolonie Polní, která byla v té době rušena. Ve 40. letech bylo v Kamenné kolonii evidováno 132 nouzových domků. V 50. letech město intenzivně usilovalo o zrušení kolonie, proti kterému se vymezili komunisté. [3, 4, 5]

1.2.2 Obyvatelé Kamenné čtvrti

Prvními obyvateli byli velmi často dělníci pracující v nedalekých cihelnách Khona a Jílka s rodinami. Složení obyvatelstva z těchto převážně chudých dělníků a dělnic bylo proměněno až koncem 70. let, kdy se část původního obyvatelstva odstěhovalo na nová brněnská sídliště. Přirozeným tokem času zůstávající původní obyvatelé stárlí a vymírali. V tomto období je veřejností Kamenná čtvrť vnímána velmi negativně a její obyvatelé jako problémoví a nepřizpůsobiví. Samotní obyvatelé svůj původ často vnímají jako stigma, které jim zhoršuje veřejné styky a možnosti ve vzdělávání i v pracovních příležitostech. Opakem je vyhocený "skalácký" patriotismus, který se objevuje u výrazně menší části místní populace. [3]

V době 70. až 90. let probíhala nová vlna osídlování Kamenné kolonie, kdy se do čtvrti stěhovali mladí bohémové, kteří byli nadšeni geniem loci. Z hlediska gentrifikace je možné je nazývat průkopníky. Z hlediska profesního se jednalo často o umělce, učitele či řemeslníky. Průkopníci odkoupili domy za nízké ceny, svá obydlí zrenovovali, založili zde rodiny a aktivně se podíleli na kulturním rozvoji lokality. Po tomto přerodu byla Kamenná čtvrť vnímána jako místo umělců a bohémů. S novými obyvateli přišly změny v podobě rekonstrukcí a přístaveb, na nichž se podepsal nový umělecký duch čtvrti. [8]

Dnešní obyvatelé se od dob, kdy obyvateli byli výlučně chudí lidé s dělníckými profesemi, velmi proměnili. Transformovala se, jak ekonomická situace, tak vkus, trendy a požadavky lidí k uspokojení potřeb bydlení. Přerod obyvatelstva z dělníckých profesí, přes profese převážně umělecké, se proměnil do dnešní podoby, kdy by se dalo mluvit jako o nadprůměrně vzdělané lokalitě viz graf č. 1 z roku 2019.



Graf 1: Výsledek dotazníkového řízení na téma vzdělanost v Kamenné čtvrti z roku 2019 [6]

1.3 Gentrifikace

Slovo gentrifikace (anglicky gentrification) poprvé použila anglická socioložka Ruth Glass v roce 1964 ve své studii, která se týkala sociální proměny v původně industriální čtvrti Londýna (konkrétně Islington). V této studii bylo zachyceno stěhování nižší šlechty v průběhu 60. let 19. století z venkovských oblastí a periférií města do centra Londýna a postupné, ale masivní vyloučení původní dělnické třídy. Vystěhování starousedlíků bylo reakcí na ekonomický nátlak nově přichozích obyvatel. [11] Slovo vychází z anglického slova "gentry", což by se dalo přeložit jako venkovská nebo nižší šlechta. [14]

Jde tedy o socio-kulturně-ekonomickou transformaci původně chudé či vyloučené lokality města v lokalitu lukrativní a drahou. V rámci tohoto jevu se postupně obměňuje obyvatelstvo lokality, vznikají nové služby a obchody, opravují a přestavují se nemovitosti a jejich hodnota v průběhu procesu stoupá. Především zvyšování cen nájmu a nemovitostí má za následek vytlačování původního obyvatelstva a nahrazování lidmi z vyšších společenských vrstev. Postižení vlivem getrifikace jsou tedy jednoznačně lidé s omezeným ekonomickým příjmem. Jedná se především o chudé, migranty a starší občany v důchodovém věku. [12, 14]

Gentrifikaci je potřeba chápat, jako proces, nikoli jako finální stádium. Tento proces se odvíjí po jednotlivých fázích, které nemají jasné hranice a nelze vyhledat ani konec celkového jevu. Jde o sociologický jev, který můžeme sledovat a do jisté míry ovlivňovat, nemůžeme ale očekávat jeho vyvrcholení a ukončení. [13, 14]

1.4 Výzkumná hypotéza

Pozorováním změn v Kamenné čtvrti vyvstala otázka, zda v této původně nouzové kolonii neprobíhá již od cca 70. let gentrifikace. Vzhledem k výše řečenému je potřeba se zaměřit na 3 typy výzkumu – na proměnu složení obyvatelstva, kulturní transformaci lokality a na průzkum trhu s nemovitostmi. Vzhledem k obsáhlosti tématu byla práce rozdělena do několika etap. Současný článek odpovídá na výzkumnou otázku: „Jak se mění složení obyvatelstva v Kamenné čtvrti?“ Ukazatelem sociálních změn v Kamenné čtvrti byla zvolena vzdělanost a profese. V případě potvrzení hypotézy by se jednalo o jeden z ukazatelů gentrifikace.

2 MATERIÁLY A METODY

V rámci této práce bylo cílem získat data z kvantitativního průzkumu technikou dotazníkového šetření v Kamenné čtvrti. Dotazníky byly jednak rozeslány pomocí emailů a sociálních sítí sdružujících místní obyvatele a dále proběhl sběr pomocí papírové verze téhož dotazníku přímým oslovením místních obyvatel v terénu. Sěžejní otázky dotazníku se týkaly na vzdělanost a profesi místních obyvatel, další dobrovolné otázky se ptaly na pozitiva a negativa života v Kamenné čtvrti. Byla sumarizována také data o dosažení nejvyššího vzdělání v průběhu od roku 1950 do roku 2021 v České republice a celém Brně.

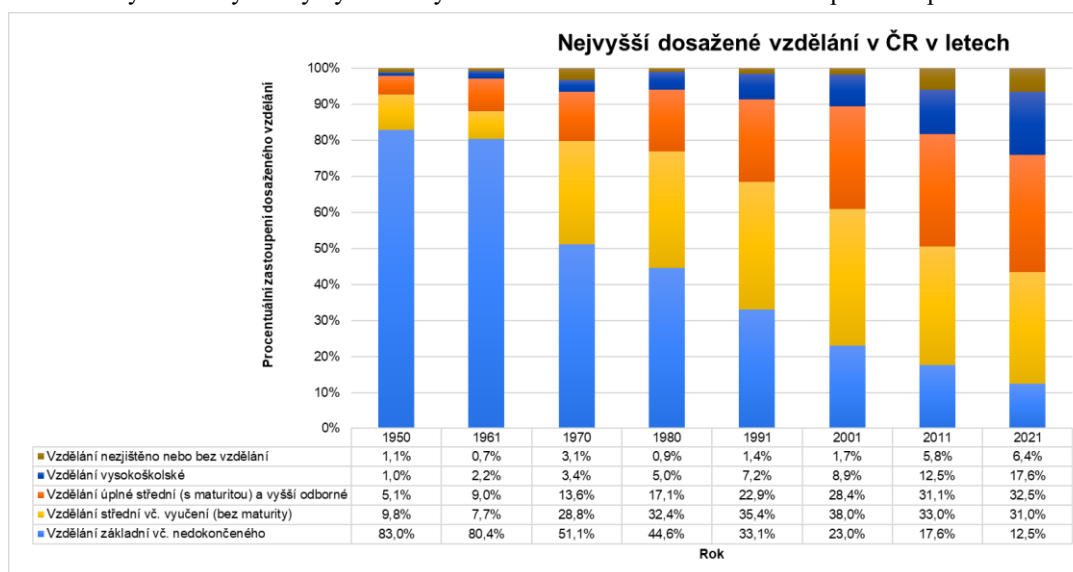
Data vzdělanosti a profesního zastoupení získána z dotazníkového šetření byla zpracována do grafů. Metodou komparace byla vzdělanost srovnána s širšími daty o zbytku republiky, s celým Brnem a se známými daty z průzkumu z roku 2019 v Kamenné čtvrti. Zařazení profesí do jednotlivých profesních skupin bylo zpracováno na základě metodiky Českého statistického úřadu. Otevřené výzkumné otázky zaměřené na vnímání pozitiv a negativ v Kamenné čtvrti byly využity pro diskusi a dále budou sloužit jako podklad pro budoucí průzkum.

3 VÝSLEDKY

3.1 Vzdělání

3.1.1 Vzdělanost v Českých zemích 1921–2021

Ačkoli povinná školní docházka byla v českých zemích zavedena již v roce 1774, bylo při sčítání lidu v roce 1921 zjištěno 2,5 % negramotných občanů starších 5 let. Toto procento do roku 1930 pokleslo na 1,2 %, přičemž šlo převážně o nejstarší osoby, které postupně vymíraly. Z této doby neexistují data o vzdělání obyvatelstva. Sčítání z roku 1950 však ukázalo, že věkové skupiny osob, které byly starší 15 let v době první republiky mělo vyšší než základní vzdělání pouze 5–7 %. V období komunismu o vzdělávání dětí ve věku 14–15 let rozhodovali ředitelé škol na základě platných politických a třídních hledisek. [9] Na grafu č. 2 lze vidět progres v dosažení vzdělání v průběhu let od roku 1950 po rok 2021. V letech uvedených v tabulce (tedy 1950, 1961, 1970, 1980, 1991, 2001, 2011 a 2021) bylo vždy provedeno sčítání obyvatel a výsledky by tak měly mít maximální valenci vzhledem k počtu respondentů.



Graf 2: Nejvyšší ukončené vzdělání obyvatel českých zemí podle údajů sčítání lidu 1950–2021

3.1.2 Výsledky průzkumu v Kamenné čtvrti

Dotazníkového šetření se zúčastnilo 55 respondentů, což odpovídá více než 1/3 domů v Kamenné čtvrti. Dotazováno bylo 30 žen a 25 mužů, ve věku od 29 do 74 let. Věkový průměr všech dotázaných byl 44,7 let. Vzhledem k požadovanému zadání zastoupení profesí a dosaženého vzdělání, byli záměrně vyřazeni studenti a jedinci na rodičovské dovolené. U osob v důchodu, byla v dotazníku uváděna profese, kterou se živil před nástupem do důchodu, popř. kterou stále částečně vykonávají. Na základě dotazníkového šetření i pozorování lze konstatovat, že velká část obyvatel Kamenné čtvrti pracuje alespoň na částečný úvazek i v důchodovém věku.

3.1.3 Vzdělání

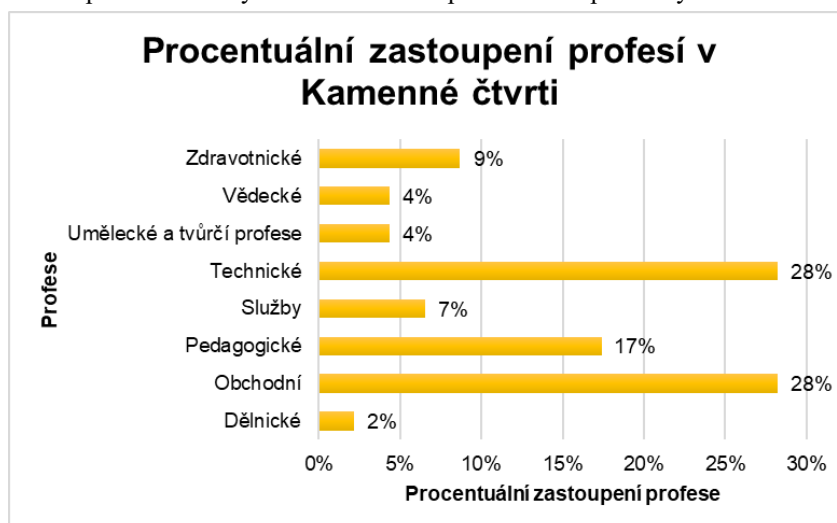
Žádný z respondentů neuvedl, jako nejvyšší dosažené vzdělání základní, 29 % respondentů uvedlo středoškolské, 6 % dotázaných uvedlo vyšší odborné a 65 % respondentů vysokoškolské vzdělání viz graf č. 3. Z těchto výsledků lze vyčíst aktuální vysokou míru vzdělání v rámci Kamenné čtvrti.



Graf 3: Vzdělanost v Kamenné čtvrti v roce 2023

3.2 Profese

Profese, jež se mezi dotázanými objevily, byly rozděleny do těchto skupin: dělnické, obchodní, pedagogické, služby, technické, umělecké a tvůrčí profese, vědecké a zdravotnické. Toto rozdělení proběhlo na základě metodiky uvedené Českým statistickým úřadem. Největší zastoupení bylo zjištěno v obchodním a technickém profesním odvětví a to shodně 28 %, ve velmi hojném počtu bylo zjištěno zastoupení pedagogických profesí se 17 %, dále zdravotnické s 9 %. Ve službách pracuje 7 % dotázaných. Dělnické profese vyšly s 2 % zastoupení a skupina uměleckých a tvůrčích profesí byla zastoupena ze 4 %, což byla jedna ze tří nejméně zastoupených profesních skupin v dotazníkovém šetření v Kamenné čtvrti. Vědecké profese dosáhly taktéž 4 % zastoupení mezi respondenty.

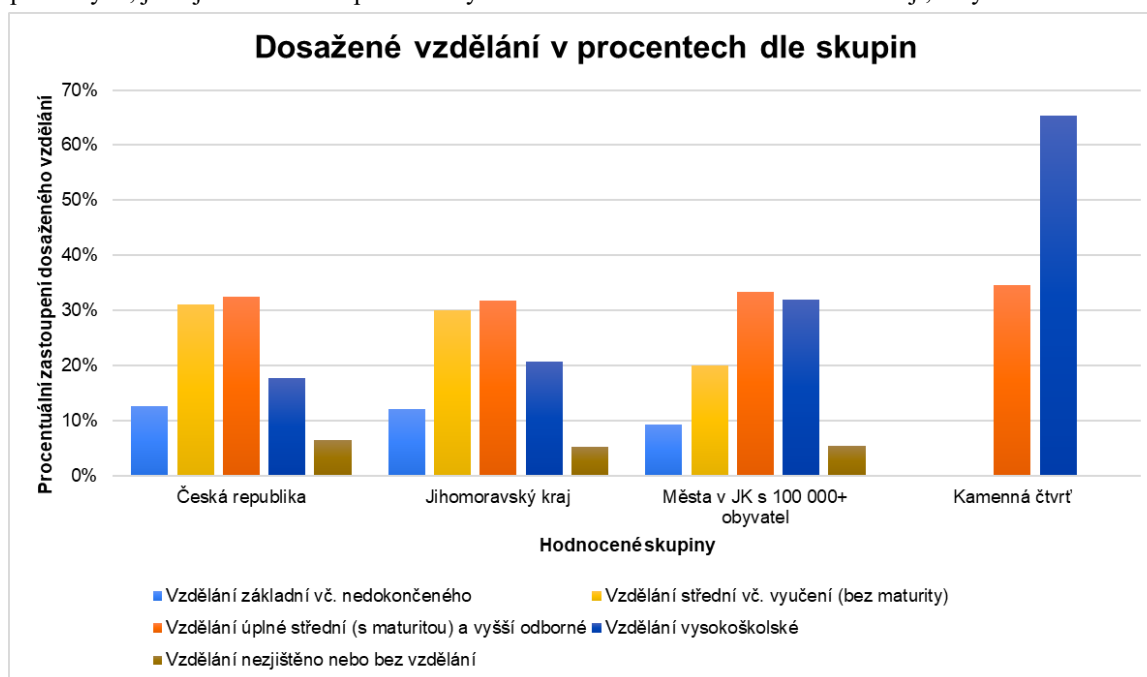


Graf 4: Zastoupení profesí v Kamenné čtvrti v roce 2023

Srovnání vzdělanosti a profesního složení může pomoci k orientačnímu zařazení současných obyvatel do sociální třídy. V roce 2019 proběhl výzkum, který vznikl na základě spolupráce Akademie věd, Českého rozhlasu a skupiny sociologů. Tento výzkum rozdělil českou společnost do sedmi tříd. Jedním z hlavních kritérií ve výzkumu byl příjem a majetek. [15] Otázky tohoto typu nebyly ze strategických důvodů v Kamenné čtvrti pokládány, a tak je možné současné obyvatele Kamenné čtvrti přibližně začlenit dle mezinárodně užívané klasifikace, která jednotlivé společenské vrstvy označuje písmeny. Toto dělení se odkazuje nejen k vykonávané profesi a majetku, ale současně také k nejvyššímu stupni dosaženého vzdělání. Dle tohoto řazení je Kamenná čtvrť aktuálně složena ze zástupců tzv. vyšší a vyšší střední třídy doplněné nižší střední třídou. Zástupci dělnické či spodní třídy se v Kamenné čtvrti dle výsledku šetření již nevyskytují. V profesním zastoupení vyšly 2 % zařazeny do dělnické profese, vzhledem k tomu že i tato profese byla kvalifikovaná a podmíněna středoškolským vzděláním, byla by dle použitého dělení řazena do nižší střední třídy.

4 DISKUSE

I když z let vzniku Kamenné čtvrti neexistují data, která by prozrazovala složení obyvatel, můžeme považovat za axiom, že se jednalo o dělnickou třídu, která dosahovala maximálně základního vzdělání. Negramotnost v této kolonii byla rozhodně vyšší než v běžných brněnských čtvrtích. V průběhu let se však vzdělání zvyšovalo, a dokonce i mezi lety 2019 a 2023 lze vidět malý posun. To důležité je však srovnání Kamenné čtvrti se zbytkem republiky či celého Brna. V tomto srovnání se aktuální vzdělanost v Kamenné čtvrti jeví, jako extrémně vysoká a ani v nejmenším dnes neodpovídá původnímu dělnickému obyvatelstvu viz graf č. 4. Počet respondentů se středoškolským vzděláním dosahuje výsledků velmi podobných, jako jediné město s počtem obyvatel nad 100 tisíc v Jihomoravském kraji, tedy Brno.



Graf 5: Srovnání vzdělanosti v ČR/Jihomoravském kraji/Městech v JK s obyvateli nad 100 tisíc (pouze město Brno)/Kamenné čtvrti 2021–2023

Z hlediska profesí je progres od dělnických profesí po současný stav také jasně patrný. Původní obyvatelé Kamenné kolonie byli dělníci nebo nezaměstnaní, v 80. a 90. letech byla tato lokalita považována za uměleckou. V aktuálním výzkumu jsou skupiny dělnických i uměleckých a tvůrčích profesí zcela odsunuty do pozadí. Dělnické profese byly zastoupeny pouze 2 % dotázaných. Umělecké a tvůrčí profese byly zastoupeny ze 4 %, což se jeví aktuálně za nízký výsledek. Pravdou ale je, že některé profese jsou velmi mezioborové a použité rozdělení nemůže zohledňovat všechny aspekty těchto prací. Příklady lze nalézt hned několik, s vysvětlením ale nízkého počtu uměleckých a tvůrčích zaměstnání bude uveden příklad u oboru architektury – architektky a architekti jsou řazeni v technickém odvětví, ačkoli jejich práce je vysoce tvůrčího charakteru.

V rámci šetření byly mimo jiné pokládány i otázky „Proč chci žít v Kamenné čtvrti“ a „Co mi v Kamenné čtvrti chybí“. V odpovědích na první zmíněnou otázku se často vyskytoval argument související s geniem loci a s umístěním Kamenné kolonie v blízkosti centra města a přírody při zachování vesnického charakteru. Mnoho respondentů také zmiňovalo dobré sousedské vztahy, komunitní život a možnost samostatného pohybu dětí po lokalitě. V odpovědích na otázku „Co mi v Kamenné čtvrti chybí“ se nejčastěji vyskytoval argument týkající se absence kanalizace v Horní skale, špatného vodovodu v Dolní skale, nevyřešeného parkování a pohybu aut. Ve velké míře byl zmiňován i problém s nemožností vykoupit od města pozemky pod domy, malá frekvence spojů městské hromadné dopravy či absence obchodu se základními potravinami.

5 ZÁVĚR

Průzkum v Kamenné čtvrti ukázal extrémně velké zastoupení vysokoškolsky vzdělaných osob, a to 65 %. Respondentů se středoškolským vzděláním bylo 29 %, což se téměř shoduje s výsledky celorepublikovými a nejvíce se přibližuje výsledkům celého města Brna. Absence dotázaných se základním vzděláním či úplně bez vzdělání se v rámci srovnání s celorepublikovými výsledky vymyká. Výsledky průzkumu z letošního roku (2023) i z výzkumu z roku 2019 jasně ukazují na obměnu obyvatel v původně nouzové kolonii. Obyvatelé se základním vzděláním či úplně bez vzdělání byli vystřídáni obyvateli se středním a vysokoškolským vzděláním.

Stejný závěr plyne i z výsledků profesního složení v Kamenné čtvrti. Dělnické profese jsou zastoupeny jen ze 2 %, což poukazuje na fakt, že mluvit v přítomném čase o Kamenné čtvrti jako o dělnické kolonii je již zcela mimo realitu. Umělecké a tvůrčí profese, které poukazují na období 70. až 90. let, jsou aktuálně zastoupeny ve výzkumné lokalitě pouze ze 4 %. Jak bylo již zmiňováno výše, takto nízký podíl tohoto segmentu profesí může být způsoben použitým rozdělením, kde jsou mezioborové tvůrčí profese řazeny mezi technické apod. Zůstává tedy na návštěvnicích samotných, jestli čtvrť budou i nadále vnímat jako bohémskou a uměleckou. Genius loci je však v Kamenné čtvrti stále neopomenutelný.

Při spojení výsledků vzdělání a profesního složení obyvatel Kamenné čtvrti bylo možné přibližné začlenění místních obyvatel do společenských tříd. Vzhledem k dosaženému vzdělání a nutné kvalifikaci při práci, nebyli zástupci dělnické třídy v aktuálním složení Kamenné čtvrti vůbec zjištěni. Nejvyšší podíl si mezi sebe rozdělili zástupci vyšší a vyšší střední třídy, které doplňovali zástupci nižší střední třídy.

Změny v sociální struktuře Kamenné kolonie jsou nyní podloženy daty a poukazují na probíhající gentrifikační. Gentrifikaci je však potřeba zkoumat z více úhlů, a proto je nutné pokračovat v těchto výzkumech a její průběh v Kamenné čtvrti potvrdit i například na základě trhu s nemovitostmi.

Poděkování

Príspevek byl zpracován za podpory Specifického vysokoškolského výzkumu MŠMT č.j. ÚSI-J-23-8373.

Literatura

- [1] KUČA, Karel. Brno: vývoj města, předměstí a připojených vesnic. Praha: Baset. 2000. 644 s. ISBN 80-862-2311-6.
- [2] SVOBODA, Petr and Zbyněk ZAVADIL. *Brněnský Písečník: místo, které nespolykal čas*. Brno: Národní památkový ústav, Metodické centrum moderní architektury v Brně. 2017. 44 s. ISBN 978-80-7480-099-3.
- [3] BOCHOLÁŘ, T. *Způsob života dělnických rodin v brněnské Kamenné čtvrti*. Brno 1979. Diplomová práce. Katedra etnologie UJEP.
- [4] LAICHMAN, M. *Brněnské nouzové kolonie za předmnichovské republiky*, Brno: Vlastivědný věstník moravský XIV, 1959, s. 25-29.
- [5] SVOBODOVÁ, J. *Brněnské obytné kolonie*. Brno: Brno v minulosti a dnes XV, Archiv města brna. 381-462 s. ISBN 80-902931-5-8.
- [6] POKORNÁ, S. Vliv specifické lokality na cenu rodinného domu: Brno – Kamenná kolonie. Brno, 2019. Diplomová práce. VUT v Brně, ÚSI.
- [7] POKORNÁ, Sofie. Dělnické kolonie města Brna. In: *Sborník příspěvků konference Junior Forensic Science Brno 2022*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2022, s. 105–114. ISBN 978-80-214-6063-8.
- [8] ČEPELÁKOVÁ, J. *Slovesné projevy v nouzové dělnické kolonii Kamenná čtvrť v Brně*. Brno, 1981. Diplomová práce. Katedra etnologie UJEP.
- [9] KUČERA, Milan. *Acta demographica ...: POPULACE ČESKÉ REPUBLIKY 1918-1991*. Str. 13. Praha: Česká demografická společnost, 1994. ISBN 80-901-6747-0.
- [10] Český statistický úřad [online]. Praha: ČSÚ, 2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: www.czso.cz
- [11] GLASS, Ruth. Centre for Urban Studies report, MacGibbon & Kee. No. 3. London: University College, London. Centre for Urban Studies, 1964. OCLC 1618199.
- [12] SQUIRES, Georgy D. *From Redlining To Reinvestment*. Philadelphia: Temple University Press, 1992. ISBN 978-1-4399-0165-6.
- [13] LEES, Loretta, Tom SLATER a Elvin WYLY. *Gentrification*. New York: Routledge, 2007. ISBN 9780415950374.
- [14] POKORNÁ, S. GENTRIFIKACE. In: *XIII. ROČNÍK ODBORNÉ KONFERENCE DOKTORANDSKÉHO STUDIA*. Brno: VUT v Brně, ÚSI, 2021, s. 137-146. ISBN 978-80-214-5963-2

- [15] PROKOP, Daniel, Paulína TABERY, Martin BUCHTÍK, Tomáš DVOŘÁK a Matouš PILNÁČEK. *Rozdělení svobodou: česká společnost po 30 letech*. V Praze: Radioservis, 2019. ISBN 978-80-88286-08-0.

Recenzoval

Ing. arch. Tomáš Pavlovský, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Odborný asistent, Veverí 331/95, 602 00 Brno, +420 541 147 477, pavlovsky.t@fce.vutbr.cz

ÚVAHY O HODNOTĚ HISTORICKÝCH STAVEB

REFLECTIONS ON THE VALUE OF HISTORIC BUILDINGS

Petr Svoboda¹

Abstrakt

Príspevek je vstupní teoretickou úvahou k metodice oceňování staveb s památkovými hodnotami. Zabývá se otázkou, proč vůbec věnovat oceňování historických staveb zvláštní pozornost, vybírá to nejzajímavější z dosavadní literatury k tématu. Přináší rovněž zamyšlení nad vztahem hodnoty a míry užítu a v neposlední řadě identifikuje beneficiáře užítu, který historické stavby či přímo kulturní památky přináší. Exkurz do antického Řecka zavádí úvahy nad tím, kdy historická stavba svých památkových hodnot pozbývá. Specifickým předmětem mapování je proměna společenského vnímání užítu z kulturního dědictví v průběhu posledních 120 let.

Abstract

The paper is an initial theoretical reflection on the methodology of valuation of buildings with heritage values. It deals with the question of why to pay special attention to the valuation of historic buildings at all, and selects the most important from the existing literature on the topic. It also reflects on the relationship between the value and the level of utility and, last but not least, identifies the beneficiaries of the utility that historic buildings or listed heritage sites bring. An excursion to ancient Greece introduces reflections on when a historic building loses its heritage value. The specific subject of the mapping is the changing social perception of the benefits of cultural heritage over the last 120 years.

Klíčová slova

Oceňování; Historické stavby; Kulturní dědictví; Užitek; Metodika

Keywords

Valuation; Historic buildings; Cultural heritage; Utility; Methodology

Tento příspěvek se věnuje oceňování nemovitostí s památkovou hodnotou či obecněji historických staveb. Obecně je toto oceňování problematické a znalci se mu buď snaží vyhnout, nebo využívají různé diskutabilní způsoby pro stanovení obvyklé ceny předmětných staveb. Základním problémem je, že historické stavby zpravidla nemají srovnatelný ekvivalent, srovnatelné mohou být některé parametry, ne však stavba jako taková. Selhává rovněž nákladový přístup, který je založený na stanovení nákladů na zbudování obdobné nemovitosti – hodnota památky však nekoreluje s hodnotou repliky či stavby vystavěné soudobými technologiemi. Poslední z používaných metod je příjmový přístup. Ani ten se neobejde bez problémů, neboť užitek z památkově chráněných staveb neplyne jen vlastníkovi, ale také společnosti (té často především).

1 POTŘEBA A STAV VÝZKUMU

Oceňování nemovitých památek či historických staveb je problematikou řešenou celosvětově a dosud bez přesvědčivého metodického výsledku. Obecné řešení ani není možné vinou rozdílné právní úpravy památkové péče i oceňování. Alespoň částečně se lze opřít o mezinárodní oceňovací standardy [1] a mezinárodní úmluvy v památkové péči². Jestliže zahraniční literatura řeší především adekvátní výpočet či odhad nákladů vyplývajících z životního cyklu budovy, v České republice a státech střední a východní Evropy řešíme komplexnější problematiku spojenou s vyjádřením jedné ze základních charakteristik historických budov, již představuje vzácnost. Stavby s historickou či kulturní hodnotou nejsou zdaleka jediným druhem statku, u něž hraje vzácnost podstatnou roli. Obecně je hodnota vzácného statku stanovena trhem – omezená nabídka vyvolává vyšší poptávku se kterou narůstá cena. Český trh s historickými nemovitostmi byl ale po společenských změnách v roce 1989 deformován. Po restitucích se na trh dostalo velké množství zanedbaných staveb s obtížně vyčíslitelnými náklady na obnovu. Tyto stavby se obchodovaly za ceny nesrovnatelně nižší, než za jaké byly následně zastavovány u bank. Propadlé zástavy pak byly opět obchodovány za extrémně nízké ceny. Po třech desetiletích se situace normalizovala do té míry, že dnes již standardně funguje trh s obnovenými, užívanými

¹ Petr Svoboda, Ing., ÚSI VUT v Brně, Purkyňova 464/118, 612 00, Brno – Královo Pole, e-mail: 17309@vutbr.cz

² Z množství dokumentů lze jako nejpodstatnější vybrat alespoň Pařížskou úmluvu [2], Granadskou úmluvu [3] a Washingtonskou chartu [4].

a udržovanými nemovitými památkami, stavby s investičním deficitem jsou však stále často obchodovány za ceny víceméně nahodilé.¹

V českém prostředí je zvolená tematika oceňování kulturních památek téměř bez odborné literatury. Výjimkou (podobných existuje více) je bakalářská práce M. Mazance [5], představující praktické ad-hoc řešení pro objekt radnice města Mariánské Lázně. Dalším příkladem je diplomová práce Lucie Vaculové [6]. Ta podrobně zkoumá vývoj legislativy jak v oblasti památkové péče, tak v oblasti oceňování a hledá v těchto předpisech průniky, které popisuje na konkrétních příkladech. Metodický přesah práce však není velký.

Ani v zahraničí není literatury mnoho, nepočítáme-li konkrétní případové studie. Ty jsou však často z prostředí kulturně poměrně vzdáleného (např. z Afriky či Asie) a popsané zkušenosti jsou nepřenositelné. V kulturně bližším prostředí je zdaleka nejpropracovanější metodika oceňování památek ve Spojeném království.

V roce 2014 zpracoval tým Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS) stručnou, ale komplexní metodickou příručku věnovanou přímo oceňování historických staveb [7]. Najdeme tu definici faktorů ovlivňujících hodnotu historických staveb včetně filozofických a právních úvah, stanovení památkové hodnoty, nákladů na obnovu a restaurování, vnímání klientů, vliv dotací a daní. Popsány jsou základní i alternativní oceňovací metody, přičemž výčet značně přesahuje v ČR povolenou trojici metod.

V mnohém inspirativní je nedávná disertační práce Simona Forbese [8]. Podle názvu by se mohlo zdát, že problém je zde vyřešen a nový výzkum není potřeba. Významná část této práce je však věnovaná obhájení potřeby samotného výzkumu, založená na podrobném dotazníkovém šetření odhadců nemovitostí z celého světa. Samotná práce pak kopíruje starší metodiku RICS, které přidává teoretický základ a obohacuje ji o nově vyvinutou „kontingenční metodu oceňování“ a „hedonický model oceňování“.

V prostředí východní Evropy se tematice oceňování kulturních památek dlouhodobě věnují Rumunky Daniela Barbu a Ana Maria Gramescu. Jejich příspěvky bývají pravidelně prezentovány na Výroční konferenci Evropské realitní společnosti (ERES). Jejich práce z roku 2008 [9] je skvělým úvodem k tématu. Zabývá se aspekty, kterými se historické budovy liší od ostatních staveb. Déle rozebírá důvody, proč se těmito aspekty musí odhadci zabývat. Pozoruhodná je analýza důsledků intervenčních opatření, které mohou zvýšit hodnotu budovy, někdy je však pro jejich realizaci nutné zrušení památkové ochrany. Další práce stejné dvojice autorů je z roku 2014 [10]. Navazuje na předchozí studii a rozebírá oceňování památek s využitím dvou metod: nákladové metody a porovnávací metody. Zajímavostí je, že předmět zájmu je zde rozšířen o historická prostředí – městské a venkovské oblasti.

Z německojazyčného prostředí je dobře využitelná diplomová práce Moniky Suterové [11]. Dobře známý a v mezinárodních standardech obsažený princip nejvyššího a nejlepšího využití navrhuje v případě kulturních památek nahradit principem nejlepšího vlastníka. Uvádí, že přidaná hodnota nemovitosti je největší, když vlastník odpovídá konkrétním kvalitám nemovitosti. Tato studie na základě deseti případových studií zkoumá otázku, zda princip nejlepšího vlastníka nabízí potenciál pro optimalizaci ochrany historických památek a zda z něj lze odvodit nové metody.

2 HODNOTY HISTORICKÝCH STAVEB

Památkové stavby v sobě zahrnují jistou dichotomii. První část souboru hodnot, které tyto stavby nesou, vychází z jejich podstaty jako uměleckého díla. Vnímání této části hodnot je staré stejně jako lidstvo samo (přesněji jako sběratelství) a je popsáno již v nejstarších dochovaných textech (literárních památkách). S hodnotou uměleckého díla se dobře vypořádá trh, vzhledem k jeho jedinečnosti je však mnohdy obtížné stanovit hodnotu pomocí znaleckých metod. Hodnotu uměleckého díla můžeme rozdělit na hodnotu estetickou – tedy pojetí harmonie barevných, tvarových a materiálových kvalit – a hodnotu uměleckou, která dílo zasazuje do kontextu dějin umění [12]. Zde hraje roli autorství, kontext vzniku díla, počet vyrobených či dochovaných kusů a mnohé další.

Máme tu však ještě druhý soubor hodnot, který vychází z principů památkové péče. Abychom mohli definovat památkové hodnoty, je třeba se podívat na vznik památkové péče jako oboru. Památkové péče obvykle není pojímána jako věda s vlastním teoretickým základem (na rozdíl od dějin umění), ale jako aplikovaná disciplína, jejíž potřeba vznikla na základě silné společenské poptávky. Poprvé lidstvo takovou poptávku pocítilo na přelomu 18. a 19. století, kdy se osvícenství zaštiťovalo potřebou neustálého pokroku a zavržení všeho starého. Sekularizovaná Evropa se zbavuje církevních majetků – buď pro ně hledá nový účel, nebo je rovnou bourá. Ve Francii se revolucionáři nezaměřují jen na církve, ale také na šlechtu. Hned vedle ničitelů se však objevují také ochránci, kteří mobilizují vypalovaných kostelů a zámků vynášejí a zakládají nová muzea. Zároveň promýšlí nové způsoby ochrany, jejího financování a také metody pro péči o památky. Ve Francii tak vznikla roku 1830 Generální inspekce historických památek, v Řecku byl o čtyři roky později schválen vůbec první zákon na ochranu památek. V polovině 19. století vzniká Centrální komise pro výzkum a zachování stavitelských památek také v Rakousku-Uhersku.

¹ Úvahu autora, vycházející z jeho profesních zkušeností, by bylo vhodné ověřit dalším výzkumem.

Jednou z nejstarších prací, která se podrobně zabývá hodnotami památek a jejich percepcí v našem prostředí, je *Moderní kult památek* od Aloise Riegla [13]. Ten rozděluje hodnoty na dvě skupiny – ty, které souvisejí se stářím a dědictvím a na ty, které souvisejí s přítomností.

První a zdaleka nejdůležitější je pro Riegla „hodnota stáří“. Nejen že se ve stáří projevuje výjimečnost či vzácnost daného objektu, ale je snadno rozpoznatelná navenek „nesoučasným vzhledem“. Jakkoliv je zkoumání hodnoty spojené se stářím svěřeno odborníkům, významně působí i na laickou veřejnost. Zatímco u soudobých staveb by „oprýskaná nebo zčernalá omítka působila na diváka rušivě“, u staveb historických jde o integrální a v zásadě vítanou součást. „*Jako je odumírání stálé a nezadržitelné – zákon koloběhu, v jehož vnímání se zdá spočívat vlastní estetické uspokojení současného pozorovatele starých památek, který žádá nikoliv klid zachování, nýbrž ustavičný pohyb tkvící ve změně –, nemá být ani sama památka zbavena rozkladného působení přírodních sil, pokud se projevují klidnou, zákonitou setrvačností, nikoli náhlým násilným ničením, a to ani tehdy, je-li to v lidské moci.*“¹

„Historickou hodnotou“ rozumí Riegl přesně to, co bychom pod tímto názvem čekali, tedy vyjádření reprezentace určitého stupně vývoje jisté tvůrčí oblasti lidstva. S drobným zjednodušením lze tvrdit, že čím starší je památka, tím menší bude zřejmě četnost jejich reprezentantů, a tím hodnotnější bude. U nejstarších (středověkých či renesančních) staveb tak není důležité podrobně zkoumat uměleckou kvalitu, protože samo stáří bude zárukou jisté významné hodnoty.

Na dnešní poměry poněkud krkolomně vysvětluje Riegl další z definovaných hodnot, a to „záměrnou pamětní hodnotu.“ Mají ji ty části stavby (nebo obecněji díla), které již jejich tvůrce koncipoval jako paměti-hodné. Není jich mnoho a typicky jde o pamětní nápisy, umělecká díla výtvarného umění jako součást architektury nesoucí nějaký zvláštní význam atp. Tyto prvky jsou podle Riegla automaticky předurčeny k restaurování.

Kromě tří hodnot majících svůj základ v dějinách a toku času připomíná Riegl rovněž čtveřici hodnot vztažených k přítomnosti. První z nich je „užitná hodnota“, tedy míra užítka, kterou památka poskytuje svým uživatelům. „*Proto např. stará budova, která je dodnes prakticky využívána, musí zůstat zachována v takovém stavu, aby ji lidé mohli obývat, aniž by byla ohrožena bezpečnost jejich života či zdraví.*“ Z tohoto tvrzení můžeme dovodit, že využití nemovité památky je svébytnou hodnotou, s níž se pojí nezbytná adaptace na soudobé bezpečnostní, hygienické, ale v rámci možností třeba také tepelné technické či energetické standardy.

Zatímco historická hodnota je ze své podstaty trvalá a je pojena s dějinami, „umělecká hodnota“ se váže k soudobému chápání dějin umění včetně architektury. V čase se toto vnímání mění, a jestliže v polovině 20. století obecně nebyly historizující slohy století předchozího chápány jako hodnotné, dnes dokážeme jejich plastickou výzdobu ocenit a množství těchto staveb je prohlášeno za kulturní památky.

„Hodnota novosti“ je protikladem k hodnotě stáří. Vyjadřuje celistvost formy a barev, zjednodušeně řečeno je mírou oprav a obnovy historické stavby. Zatímco Riegl ve své knize poukazuje na překonaný kult hodnoty novosti v rámci puristických tendencí druhé poloviny 19. století a pro tuto hodnotu má pochopení jen v určitých případech, dnes je obnova památek do vizuálně „nového“ stavu pokládána téměř za standart.

Poslední z hodnot – „relativní umělecká hodnota“ je mírou naplnění uměleckého vnímání uživatele či zájemce o historickou stavbu. Vychází z předpokladu, že neexistuje objektivní umělecká hodnota a umělecké vnímání každého jedince je svébytné. Z pohledu oceňování má tato hodnota blízko k ceně zvláštní oblíbenosti. Z pohledu památkové péče může vyvolat konflikt v tom, která historická vrstva kulturní památky bude předmětem obnovy a prezentace.

Přestože byl systém hodnot stanovený Aloisem Rieglem před více než sto lety, je možné jej pokládat dosud za platný a v mnoha ohledech velmi moderní. Společenské změny, postupné bohatnutí společnosti, zvýšený zájem o kulturní dědictví a překotný rozvoj cestovního ruchu na výčet hodnot nemají žádný vliv, mění se ovšem důraz na jednotlivé dílčí hodnoty. Jestliže Riegl za zdaleka nejdůležitější pokládal hodnotu stáří, dnes bychom asi mezi nejvýznamnější řadili historickou hodnotu, užitnou hodnotu a hodnotu novosti. Hodnota stejné stavby mohla být tedy v roce 1903 vyjádřena odlišně než v současnosti, základní hodnotový systém se však nezměnil.

3 KOMU PLYNE UŽITEK

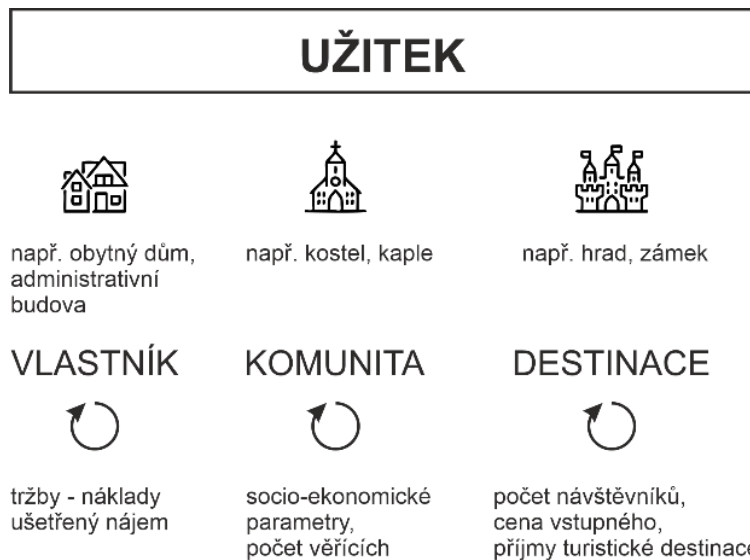
Dosud jsme se zabývali mírami hodnot historických staveb, část těchto hodnot byla vyjádřena přímo mírou užítka (užitná hodnota, umělecká hodnota, hodnota novosti, relativní umělecká hodnota). Další důležitou otázkou ovšem je, kdo je beneficentem užítka. U staveb s památkovou hodnotou totiž nebývá automaticky platné, že užitek ze stavby plyne jejímu vlastníkov. V různých případech se tak může stát, že užitek má vlastník, komunita nebo turistická destinace. Velmi často dochází ke kombinaci beneficentů s různou mírou užítka, který ze stavby požívají.

Způsob peněžního vyjádření jednotlivých hodnot, respektive jednotlivých měř užítka, přesahuje záměr těchto úvah, představujících vstupní bod pro disertační práci věnovanou oceňování památek. Prozatím lze konstatovat, že část ocenění bude potřeba provést mimo průzkum trhu se srovnatelnými nemovitostmi, například poměřováním socio-

¹ [13] str. 33-35, citován překlad Ivo a Tomáše Hlobila z českého vydání z roku 2003.

ekonomických parametrů nebo vyhodnocením benefitů pro příbuzný trh (například cestovní ruch). Jiné, než tržní parametry naopak zřejmě nenajdeme pro vyjádření vzácnosti dané nemovitosti.

Z pohledu nákladů bude klíčové, zda objekt slouží původnímu účelu, nebo bude nutná konverze pro nové využití. Dnes je běžné, že se ze starých továren stávají domy s loftovými byty, obchodní nebo kreativní centra; z městských šlechtických paláců administrativní budovy; ze zámků muzea. Každá konverze je však spojena s nutností vynaložit náklady. Podobně je tomu i s adaptací budovy na současné standardy, která je ve větší nebo menší míře zapotřebí ve všech případech.



Obr.1: Schematické vyjádření možných beneficiantů a veličin pro měření užítu pro různé typy historických staveb

4 MÁ TO JEŠTĚ HODNOTU?

V příspěvku jsme se zabývali typy hodnot z hlediska minulosti a přítomnosti, zbývá ještě zamyšlení nad tím, kdy stavba může památkových či historických hodnot pozbýt. Není to nové téma, skvělou případovou studii na toto téma přináší už Platón. Ten žil na přelomu čtvrtého a pátého století před naším letopočtem a zamýšlí se nad hodnotou Théseovy lodi, která se téměř až do jeho dob zachovala, přestože údajně pocházela z úsvitu věků.

Théseus byl antickým hrdinou, známým především pro svou cestu lodí z Athén na Krétu, kde zabil bájného Mínotaura, obludu s hlavou býka a tělem člověka, žijící v labyrintu. Cestou z Athén Théseova loď zastavila na ostrově Délos. Na tento detail z bájného příběhu navázala dlouhá tradice každoroční cesty památné Théseovy lodi na zmíněný ostrov. Loď tedy nebyla jen muzealizovaným exponátem, bylo nutné zachovávat její funkčnost. Jak popisuje historik Plútarchos, Athéňané se o bájnou Théseovu loď pečlivě starali a kdykoli v ní shnil nějaký trám, vyměnili ho. A právě to inspirovalo Platóna, a po něm množství dalších filozofů k přemítání – pokud jsou vyměněna všechna prkna a trámy, jde stále ještě o Théseovu loď? Thomas Hobbes mnohem později okruh otázek rozšířil natolik, že bylo možno přemýšlet, zda je pro podstatu památky důležitější hmota nebo duch.

Současná památková péče se otázkami ohledně materiality a obecněji autenticity pochopitelně zabývá a můžeme říct, že metodologicky jsou dnes vyřešeny. Z pohledu hodnoty a tedy i oceňování je ale věc problematictější. Postačí nám institut ceny zvláštní obluby? Ještě nedávno by podobné úvahy mohly být snadno odmítnuty jako zcela zbytečné. Dnes už ale máme repliky (či možná přesněji modely v měřítku 1:1) evropských památek v Číně...

5 ZÁVĚR

Metodika pro oceňování kulturních památek je v České republice neřešeným a aktuálním problémem. Dosavadní práce byly založeny buď na snaze o vyřešení konkrétních praktických úloh a jejich metodologie vedla k stanovení ad-hoc řešení, která nejsou snadno přenositelná. Obecně řešení založené na výzkumu jednotlivých hodnot a jejich finančnímu ohodnocení tak představuje pomyslnou výzkumnou niku. Podobně, jako v ČR, se s problémem vyrovnávají také v zahraničí, jedinou zemí s ucelenou metodologií je Spojené království. Zásady formulované v této zemi jsou však formulovány velmi obecně a lze předpokládat, že v soustavě českých předpisů by jako vodítko neobstály. Zavádějí navíc zcela nový přístup, který neodpovídá české legislativě. Práce publikované na evropském kontinentu jsou pak zaměřeny na dílčí témata. Systematické skládání těchto střípků doplněné dalším výzkumem v budoucnosti dovolí vybudování komplexního metodologického systému. Tento příspěvek představuje velmi obecný a spíše filozoficky zaměřený úvod k danému tématu.

Literatura

- [1] *International Valuation Standards (effective 31 January 2022)*. London: IVSC, 2021.
- [2] *Úmluva o ochraně světového kulturního a přírodního dědictví*. Paříž: UNESCO, 1972.
- [3] *Úmluva o ochraně architektonického dědictví Evropy*. Granada: Rada Evropy, 1985.
- [4] *Charta pro záchranu historických měst a městských soborů*. Washington: Rada Evropy, 1987.
- [5] MAZANEC, M. *Ocenění historických staveb* [online]. Praha, 2022 [cit. 2022-11-22]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/vwql8n/>. Bakalářská práce. AMBIS vysoká škola, a.s. Vedoucí práce Ing. Petr Ort, Ph.D.
- [6] VACULOVÁ, Lucia. *Oceňování nemovitých kulturních památek podle oceňovacích předpisů* [online]. Brno, 2015 [cit. 2022-11-22]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/40695>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Ústav soudního inženýrství. Ústav soudního inženýrství. Vedoucí práce Marie Lorencová.
- [7] BUXBAUM, Sarah. *Valuation of historic buildings*. London: Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS), May 2014.
- [8] FORBES, Simon. *Towards a New Valuation Model for Heritage Building Assets*. PhD Thesis, University of Portsmouth, School of Civil Engineering and Surveying. 2021.
- [9] BARBU, Daniela and Ana Maria GRAMESCU. *Valuation methodology for the historical monuments*. In Book of Abstracts: 15th Annual European Real Estate Society Conference. ERES: Conference. Krakow, Poland, 2008.
- [10] BARBU, Daniela and Ana Maria GRAMESCU. *Aspects regarding the valuation of historical properties*. In 21st Annual European Real Estate Society Conference. ERES: Conference. Bucharest, Romania, 2014.
- [11] SUTER, Monika. *Das Best-Owner-Prinzip als Chance für Baudenkmäler*. Masterthesis zur Erlangung des Master of Science in Real Estate. Zurich, CUREM, 2007.
- [12] KULKA, Tomáš. *Umění a jeho hodnoty. Logika umělecké kritiky*. Praha: Argo, 2019.
- [13] RIEGL, Alois. *Der moderne Denkmalkultus. Sein Wesen und seine Entstehung*. Wien-Leipzig: 1903.

Recenzovala

Ing. Martina Vařechová, Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odborný asistent, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, +420 541 148 917, martina.varechova@vut.cz

MOSTECKÝ PARADOX

PARADOX IN THE TOWN OF MOST

Martina Vařechová¹

Abstrakt

Most je vnímán jako průmyslové město s nepříliš příznivým životním prostředím, které rekultivací těžní jámy získalo na atraktivitě. V povědomí veřejnosti je také přesun kostela z důvodu plánované těžby hnědého uhlí, který je interpretován jako známka kulturnosti národa. Při bližším pohledu se však naskytne otázka, zda vytěžené uhlí mohlo vůbec být protihodnotou zničeného gotického města. Výsadba stromů na původním místě stavby děkanského kostela znamená, že původní půdorys není pod vodou a evokuje představu, že kostel by mohl být přesunut zpět. Bylo by zajímavé zjištění, jaký by byl rozpočet na celou akci.

Abstract

The city Most perceived as an industrial town with a not very favourable environment, which has become more attractive due to the reclamation of the mining pit. In the public consciousness, the relocation of the church due to the planned lignite mining is also interpreted as a sign of the nation's culture. On closer inspection, however, the question arises as to whether the extracted coal could ever have been a counter-value to the destroyed Gothic town. The planting of trees on the original site of the Dean's church means that the original ground plan is not under water and evokes the idea that the church could be moved back. It would be interesting to find out what the budget for the whole event would be.

Klíčová slova

Děkanský kostel, jezero, historická stavba, rekultivace.

Keywords

Deanery church, lake, historic building, reclamation.

1 ÚVOD

Pravděpodobně žádné město v naší republice nepoznamenalo tolik zvrátů, jako právě město Most. Od prvních zmínek o jeho osídlení v Kosmově kronice české z 10. století přes rozmach a získání titulu královského města, období rozvoje průmyslu, začlenění města do Sudet a následně vysídlení německy mluvících obyvatel města, až po přesun gotického kostela Nanebevzetí Panny Marie, aby byla umožněna gigantická těžba uhlí, a to až do roku 1991. Od počátku 21. století probíhá za obrovských investic zahlazování následků důlní činnosti.



Obr. 1: Snímek přesouvaného kostela ze dne 30. 9. 1975 a ze dne 27. 10. 1975 (Zdroj ČT)

¹ Martina Vařechová, Ing., VUT, Ústav soudního inženýrství, OON, Purkyňova 468/118, 612 00 Brno martina.varechova@usi.vutbr.cz

2 GOTICKÝ MOST

Název města je patrně odvozen od dřevěných mostů po nichž vedla stezka přes močálovitou krajinu. Původní bohaté královské město Most se za doby své 700 leté historie úspěšně adaptovalo v průběhu průmyslové revoluce, i v období 1. republiky.



Obr. 2: Nepřestěhovaná část kostela Nanebevzetí Panny Marie a kapucínský klášter (Zdroj Památkový Katalog NPÚ)

Osudným se mu staly až rozsáhlé zásoby hnědého uhlí, kterého se nakonec celkem vytěžilo přes 90 miliónů tun. Zmizelo tak celé gotické historické centrum se všemi památkami odkazujícími na bohatou historii a kulturní dění ve městě. Úspěšný a masivně medializovaný přesun gotického děkanského kostela zcela zastínil demolici historického města. Zbyly po něm pouze evidenční karty 49 památkově chráněných objektů dohledatelných v Památkovém Katalogu. Demolice památek proběhla před vyřazením z památkové ochrany. Zmizela tak obdoba Českého Krumlova a ekonomické preference převážily nad kulturním hlediskem.

Ze všeho původního v Mostě zůstal gotický kostel přesunutý o 841 m jako jediná památka a memento obětování těžbě uhlí. Pomlčelo se však o tom, že u původního umístění kostela se nacházely archeologické pozůstatky rozsáhlého sídliště. Vše bylo touto těžbou nenávratně zničeno. Nic z původního Mostu se nedochovalo. Město Most nyní tvoří typizovaná zástavba ze 60. a 70. let bez jakékoliv promyšlené urbanistické koncepce a postupně rekultivované plochy po původním lomu Most.

3 JEZERO MOST

Nové jezero Most o velikosti vodní plochy 309 ha, vzniklo v místě gotického Mostu zatopením těžební jámy. Zpracování plánu rekultivace započalo ještě v době probíhající těžby v roce 1968. Od října roku 2008 byla původní těžební jáma napouštěna průmyslovým vodovodem z přehrady Nechranice. Rekultivováno bylo i okolí budoucího jezera a vznikly tak podmínky pro rekreační využití, nejen pláže vč. zázemí, ale byl instalován i sportovní mobiliář, zbudována dětská hřiště a mola usnadňující vstup do jezera. Jezero má délku 2,5 kilometru. Po napuštění je vodní hladina 199,6 m nad mořem. Maximální hloubka je pak 75 metrů, více než je v Orlické přehradě. Viditelnost je až do hloubky devíti metrů. Rekultivované plochy je 1 300 ha a celkový objem vody je 70 500 000 m³. Plocha jezera je na čtyřech katastrálních územích: Most I, Přídla, Kopisty, Konobrže. Vlastnické vztahy k zaplaveným pozemkům, i k pozemkům kolem okolo nádrže budou muset být vyřešeny do konce roku 2023. Znamená to zrušení práva nakládat s majetkem státu a statutárního města Most, které bylo udělené státnímu podniku Diamo.

Je však namístě podotknout, že byla nutná investice ve výši 3 miliardy Kč poskytnutá Ministerstvem financí ČR z 15 miliard určených pro zahlazování následků důlní činnosti na celém území České republiky.

4 ZÁVĚR

V Mostě bylo vytěženo a následně v elektrárnách spáleno 90 miliónů tun uhlí, což přispělo k nárůstu CO₂ a síry v ovzduší. Ze sociologického hlediska se jednalo o dramatický zásah do tisíců lidských osudů jejich přesouváním z původních obydlí. Z kulturního hlediska došlo ke zničení všech cenných historických památek s jedinou výjimkou majestátního přesunu jednoho gotického kostela za cenu nepředstavitelných 150 mil. Kčs.



Obr. 3: *Most ve dvou etapách své historie (Zdroj ČT a archiv Oblastního muzea v Mostě a vlastní)*

Dalším nedomyšleným důsledkem vytvořením jezera v rámci rozsáhlé a nákladné rekultivace po důlní činnosti je zcela změněné klima Mostecka. A závěrem vyvstává otázka, zda lze nalézt vůbec nějaký racionální smysl v rozhodnutí československé vlády, že staré město Most půjde k zemi. Je možné, že turistický ruch by nyní přinesl mnohem vyšší zisky než prodej vytěženého uhlí. Je tedy zjevné, že každé období má své priority a pro současnost je to evidentně voda.

Mostecký paradox mohou definovat ekonomové, ekologové, památkáři, urbanisté a sociologové. Každý z těchto odborníků patrně bude vycházet z jiných hledisek ale závěr bude podobný – starý Most měl zůstat zachován.

Literatura a zdroje

- [1] Archiv Oblastního muzea v Mostě.
- [2] Báňská historie mostecka (2005), from: www.mining.cz/texty/mus.htm.
- [3] Rekultivace lomu most (2008), from: <http://www.vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2008/cislo-3/rekultivace-lomu-most-lezaky>.

Recenzovala

Ing. Vítězslava Hlavinková, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odborný asistent, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, +420 541 148 936, hlavinkova@vut.cz

IMPROVING SUSTAINABILITY AND RESILIENCE OF TRANSPORTATION BY DISCRETE EVENT SIMULATION-BASED RISK ANALYSIS

Christoph Kogler¹

Abstract

In a resource-constrained world the access to wood as renewable raw material of the future and the avoidance of transport-related emissions are crucial to fulfill the sustainable development goals. Climate crisis induced forest calamities lead to logistical bottlenecks challenging wood supply chain management. Wood transport is the connecting link between system components of wood supply chains and, therefore, suffers heavily under associated fluctuating demand and long queuing as well as lead-times resulting in wood value loss. Transport simulation enables the development of transport fleet strategies in risk scenarios to further improve sustainability and resilience of wood logistics. Discrete event simulation is a valuable methodology for transport simulation, because it focuses on business processes for a digital representation of supply chains and provides an intuitive approach for facilitating stakeholder participation. Moreover, it has major strengths in integrating stochastic elements, complex interactions, time dynamics and bottleneck-related queuing systems to implement realistic quantitative decision support for researchers, students and stakeholders of supply chains. Consequently, discrete event simulation models for unimodal, multimodal and multi-echelon unimodal wood transport are presented, which enable multicriteria-based strategy development, optimal fleet configuration as well as wood quality risk management and preservation. Furthermore, the verified and validated discrete event simulation models were used in game-based stakeholder workshops to establish credibility, provide hands-on decision support and facilitate knowledge transfer between science, industry and education.

Keywords

supply chain management; risk management; logistics; transportation; decision support; game-based simulation workshops;

1 INTRODUCTION

Supply chains are dynamic networks of information and material flows between and within different stakeholders and therefore, supply chain and risk management cover crucial decisions to plan, design, operate, control and monitor the entire supply chain. [1] The wood supply chain comprises growing, harvesting, extraction, transporting, storing, (pre-)processing, (re-)using and recycling of wood on strategic, tactical and operational horizons. [2] Figure 1 provides an overview of the relevant transport modes, which are the connective in the wood supply chains. Single echelon unimodal transport defines direct transport from forest landings to the wood-based industry with self-loading trucks. Multi-echelon unimodal transport includes a transshipment operation to a semitrailer truck and multimodal transport covers a transshipment operation to a train. Wood value chain resilience is the adaptive capability of the collaborative acting stakeholders of wood supply chains to withstand crisis through risk management (analyze and prepare), contingency planning (decide and act) and knowledge management (reflect and learn) aiming to recover to an economically, ecologically and social more sustainable post-crisis state. Benchmarking [3] and contingency planning [4, 5] have proven to be helpful tools to implement collaborative supply chain and risk management to improve the resilience and sustainability and save costs. Consequently, the following sections provide a compact overview of the application potentials for the discrete event simulation method for logistics, transportation, supply chain and risk management as well as references to further information.

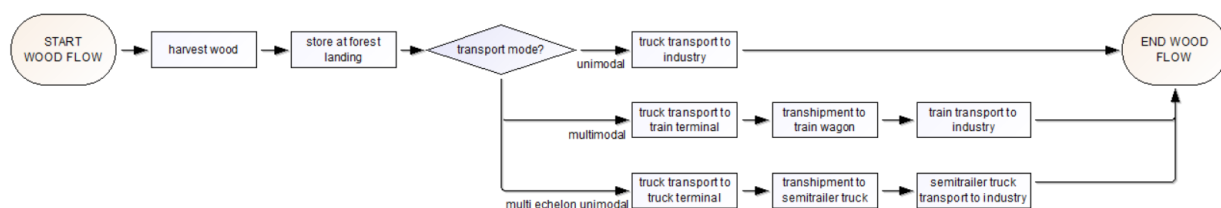


Figure. 1: Transport modes for the wood flow through the supply chain.

¹ Dr. Ing. Christoph Kogler MSc. BSc., University of Natural Resources and Life Sciences Vienna, Institute of Production and Logistics, christoph.kogler@boku.ac.at, Feistmantelstrasse 4, 1180 Vienna, AUSTRIA

2 DISCRETE EVENT SIMULATION MODELS

2.1 Quality-preserving wood transport

Quality-preserving wood transport strategies are based on the significant correlation between lead-time and quality loss of logs during storage and transport (mainly caused by fungal and insect infestation). The discrete event simulation model demonstrates the potential of vegetation zone-based risk forecast to develop unimodal and multimodal transport strategies that prioritize wood at risk of devaluation and thus avoid wood value loss.

Figure 2 shows the animation view of the discrete event simulation model developed in the Java-based AnyLogic software. It visualizes abstract illustrations of forests in three altitude zones (left), a train terminal (right) and piles (representing one truckload of 25 cubic meters roundwood) with fresh sawlogs (green), risky roundwood facing devaluation (yellow) and devaluated roundwood (red) transported by self-loading trucks and trains.

For further insights on how quality development of transported goods were tracked and modeled as well as which transport strategies performed best refer to [6] and [7].

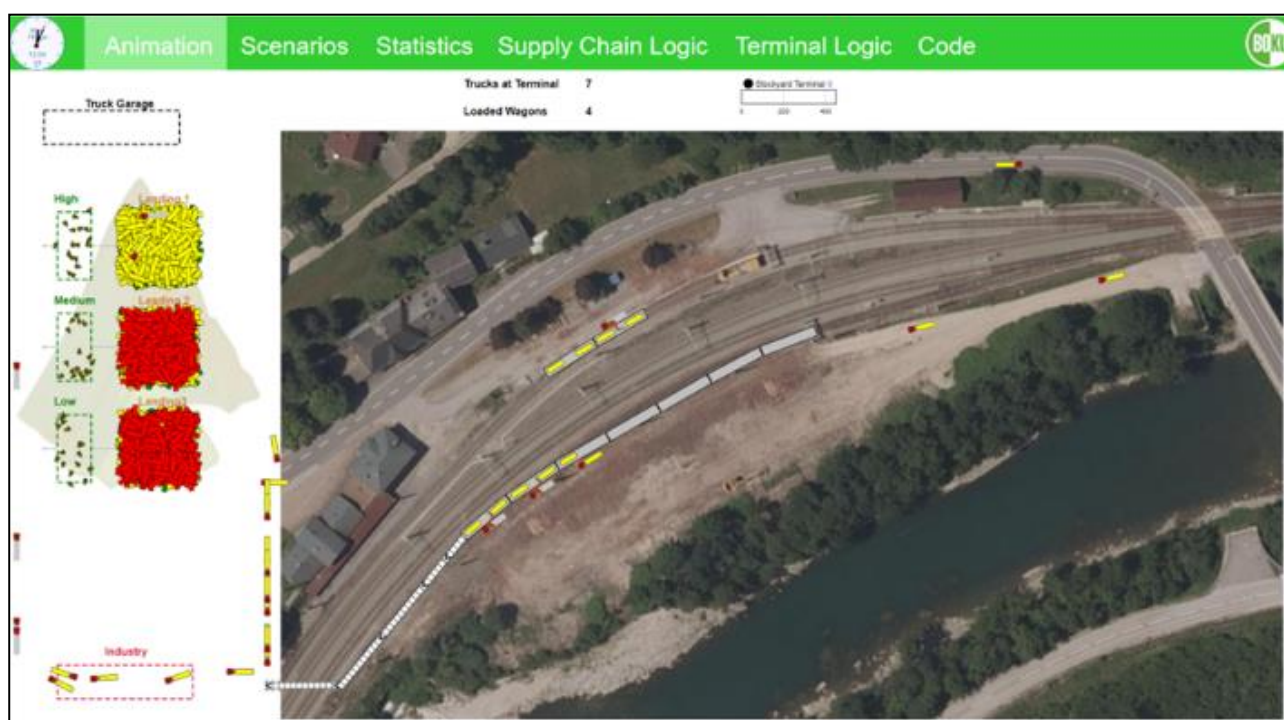


Figure 2: Animation view of a virtual wood supply chain.

2.2 Multimodal transport

Multimodal wood transport strategies reduce negative environmental impacts (e.g., CO₂, noise) and increase resilience (e.g., additional transport capacity after calamities, storage capacity at the terminal) through short self-loading truck transportation to train terminals and subsequent rail transport. However, multimodal supply chain management is more challenging compared to unimodal transportation, making the developed model a needed quantitative decision support tool for developing transport fleet strategies based on multi-criteria metrics developed with practice experts.

Figure 3 presents a management cockpit consisting of automatically updated key performance indicators. The decision relevant statistics for production, stockyards, transport and duration are updated in real time and give an interactive feedback overview of the actual performance and past performance of the entire wood supply chain. The developed strategies for challenging real life scenario settings were evaluated based on multi-criteria metrics for e.g., the transported volume, delivery quota, queuing time at terminal, stockyard volume, lead time, number of loaded wagons, carbon dioxide equivalents, fulfillment level, truck utilization and transport costs.

A detailed description of the covered case study as well as its the discrete event simulation model and modules (i.e., forest, truck transport, terminal, train transport, industry), views (i.e., animation, parameterization, management cockpit, supply chain processes and logic, terminal processes and logic, statistics) and performed simulation experiments can be found in [8] and [9].

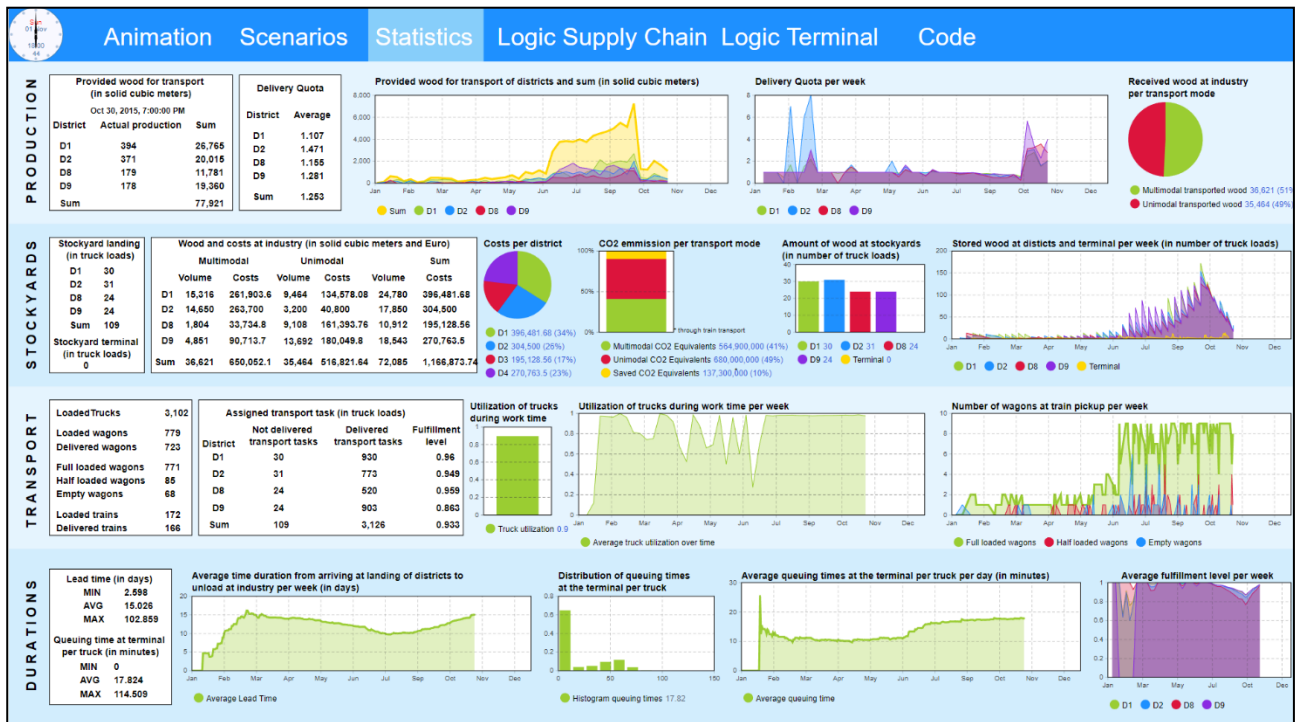


Figure 3: Key performance indicator cockpit of a virtual wood supply chain.

2.3 Multi-echelon unimodal transport

Multi-echelon unimodal wood transport strategies are based on short self-loading truck transportation to transshipment terminals, there semitrailers are provided for the subsequent transport with semitrailer trucks. The lower tare weight of semitrailers compared to self-loading trucks increases transport efficiently as well as alleviates the drastic self-loading truck driver bottleneck. The multi-echelon unimodal model allows the simultaneous optimization of the fleet as well as handling infrastructure (i.e., number of transshipment slots, self-loading trucks, semitrailers) based on complete enumeration.

Figure 4 represents the logic and interactions of self-loading trucks, prime mover trucks and semitrailers in a diagram model in the open access Bee-Up software environment (available on omilab.org) corresponding the standards of the Business Process Model and Notation (2.0). For further information on the optimal truck fleet configurations and detailed descriptions of the simulation model refer to [10] and [11].

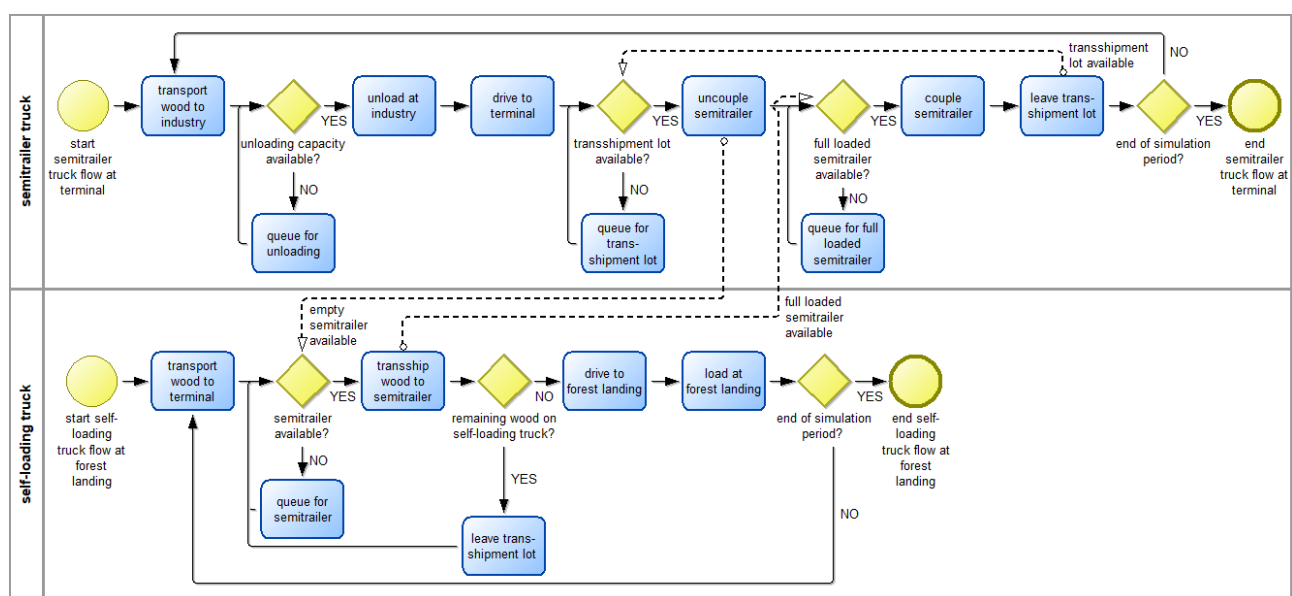


Figure 4: Transport processes of self-loading trucks, prime mover trucks and semitrailers.

3 GAME-BASED STAKEHOLDER WORKSHOPS

In order to enhance the scientific support for today's (managers) and tomorrow's (students) decision makers, state of the art methods such as simulation were integrated with stakeholder participation in tool development and analyses. The scientific discrete event simulation models for supply chains were further developed with special focus on animation, visualization and intuitive usability in a workshop setting. They proved to facilitate needed decision support for managers and to provide means to train students and sensitize researchers. This enabled a learning process through playing a serious game and analyzing the outcome of decisions according to key performance indicators in group discussions. The collaborative development of supply chain control strategies by means of a participatory simulation environment enhanced the development of advanced risk management and therefore improved supply chain resilience, efficiency, and sustainability.

Figure 5 shows the workshop control view with harvesting volumes for each region for the upcoming week (A) as well as the harvesting volumes of the past weeks (B). Furthermore, the transport plan for the upcoming week can be defined by choosing the number of train wagons (1), number of trucks (2), number of train pickups per day (3), transport mode split (4) and transport priority (5). After the current situation of the supply chain was analysed by observing the management cockpit, animation and logic views the transport strategy for the upcoming week is selected and the simulation for the next week starts (6).

The workshop consists of an input, learning by doing and analysis stage, each with a duration between 30 and 60 minutes. The input stage gives an overview of the workshop agenda, problem setting and goals. Furthermore, the discrete event simulation model is introduced by a live demonstration of process flows, a detailed animation and changes of key performance indicators to observe the behavior of the system. The learning by doing stage starts with a clear scenario definition, before participants get hands-on experience and play the defined simulation scenario in small groups from 3 to 5 people. Week-by-week, every group discusses their strategies and decides on the transport plan for the next week. Further insights on the didactical concepts and concrete workshop program with feedback of testruns can be found in [12] and [13].



Figure 5: Workshop control view of the discrete event simulation model.

The presented wood transport models demonstrate the high suitability of the discrete event simulation method for contingency planning, risk management and strategy development to improve sustainability and resilience of wood logistics. Further development opportunities for wood transport simulation include the integration of real-time data and artificial intelligence [14].

Literature

- [1] KOGLER, Christoph. *Decision support by discrete event simulation for the wood supply chain*. Dissertation at the University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. 123 pages. 2020. <https://permalink.obvsg.at/bok/AC16139733>.
- [2] KOGLER, Christoph and RAUCH, Peter. *Discrete event simulation of multimodal and unimodal transportation in the wood supply chain: a literature review*. *Silva Fennica*, 52(4), 1–29. 2018 <https://doi.org/10.14214/sf.9984>.
- [3] KOGLER, Christoph et al. *Benchmarking procurement cost saving strategies for wood supply chains*. *Forests*, 12(8), 1–18. 2021. <https://doi.org/10.3390/f12081086>.
- [4] KOGLER, Christoph and RAUCH, Peter. *Contingency plans for the wood supply chain based on bottleneck and queuing time analyses of a discrete event simulation*. *Forests*, 11(4), 1–23. 2020. <https://doi.org/10.3390/f11040396>.
- [5] KOGLER, Christoph and RAUCH, Peter. *A Contingency Planning Toolbox in the Wood Supply Chain*. Proceedings of the 2020 Winter Simulation Conference. Extended Abstract: bit.ly/ABSTRACTWSC2020, Poster: bit.ly/POSTERWSC2020.
- [6] KOGLER, Christoph and RAUCH, Peter. *Lead time and quality driven transport strategies for wood supply chains*. *Research in Transportation Business & Management*. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2023.100946>.
- [7] KOGLER, Christoph and RAUCH, Peter. *Quality driven transport strategies for the wood supply chain*. Proceedings of the 2022 Winter Simulation Conference. Extended Abstract: bit.ly/ABSTRACTWSC2022, Poster: bit.ly/POSTERWSC22.
- [8] KOGLER, Christoph and RAUCH, Peter. *A discrete event simulation model to test multimodal strategies for a greener and more resilient wood supply*. *Canadian Journal of Forest Research*, 49(10), 1298–1310. 2019. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2018-0542>.
- [9] KOGLER, Christoph. *A discrete event simulation model to test multimodal strategies for a greener and more resilient wood supply in Austria*. Proceedings of the 2018 Winter Simulation Conference. Extended Abstract: bit.ly/ABSTRACTWSC2018, Poster: bit.ly/POSTERWSC2018.
- [10] KOGLER, Christoph et al. *Simulating combined self-loading truck and semitrailer truck transport in the wood supply chain*. *Forests*, 11(12), 1–15. 2020. <https://doi.org/10.3390/f11121245>.
- [11] KOGLER, Christoph et al. *Simulating truck fleet configuration for wood terminals*. Proceedings of the 2021 Winter Simulation Conference. Extended Abstract: bit.ly/ABSTRACTWSC2021, Poster: bit.ly/POSTERWSC2021.
- [12] KOGLER, Christoph and RAUCH, Peter. *Game-based workshops for the wood supply chain facilitate knowledge transfer*. *International Journal of Simulation Modelling*, 19(3), 446–457. 2020 <https://doi.org/10.2507/IJSIMM19-3-526>.
- [13] KOGLER, Christoph and RAUCH, Peter. *Introducing a discrete event simulation model for the wood supply chain in workshops for students, scientists and managers*. Proceedings of the 2019 Winter Simulation Conference. Extended Abstract: bit.ly/ABSTRACTWSC2019, Poster: bit.ly/POSTERWSC2019.
- [14] KOGLER, Christoph and MAXERA, Pavel. *Supply chain analyses integrating discrete simulation modelling and machine learning*. Under review.

Recenzoval

Doc. Ing. Robert Kledus, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, docent, Purkyňova 464/118 Brno, +420 541 148 910, kledus@vutbr.cz

SYNDROM VYHOŘENÍ SOFTWAREVÝCH VÝVOJÁŘŮ V AGILNÍM VÝVOJI

BURNOUT SYNDROME OF SOFTWARE DEVELOPERS IN AGILE DEVELOPMENT

Zdeněk Vafek¹, Jitka Kreslíková²

Abstrakt

Riziko syndromu vyhoření se v populaci neustále zvyšuje a postihuje mnoho softwarových vývojářů v agilním vývoji. Tento syndrom se projevuje únavou, sníženým výkonem, nedostatkem motivace, ztrátou zájmu o práci a neschopností efektivně se soustředit na úkoly. Softwaroví vývojáři pracují především v agilním vývoji, což je velmi náročný proces, který vyžaduje neustálou adaptabilitu, komunikaci a spolupráci s ostatními členy týmu. Kombinace náročnosti práce a nedostatečného odpočinku přispívá ke zvýšenému stresu, úzkosti a depresi, což může mít za následek syndrom vyhoření.

Aby se zabránilo syndromu vyhoření, je důležité, aby vývojáři měli dostatek podpory od svého týmu a nadřízených. Nezbytná je také možnost řídit si svůj čas a mít dostatek prostoru na odpočinek a regeneraci. Komunikace a spolupráce s ostatními členy týmu je také klíčová, aby se minimalizoval stres a úzkost a vývojáři měli pocit, že mají kontrolu nad svojí prací. Vývojáři by měli také svou práci pravidelně reflektovat a přemýšlet o tom, jak si mohou zlepšit své pracovní podmínky a předejít syndromu vyhoření.

Pomocí využití agilního přístupu a metody Scrum lze detekovat možnost vzniku příčinných souvislostí vedoucích k syndromu vyhoření na základě dlouhodobého měření Story points. Z důvodu využití krátkých iterací v metodě Scrum je možné na faktory vedoucí k syndromu vyhoření včas upozornit a tím snížit riziko ohrožení prací na projektu.

Abstract

The risk of burnout syndrome is increasingly high and affects many software developers in agile development. This syndrome manifests itself in fatigue, reduced performance, lack of motivation, loss of interest in work and inability to focus effectively on tasks. Software developers work primarily in agile development, which is a very demanding process requiring constant adaptability, communication and collaboration with other team members. The combination of demanding work and lack of rest can lead to increased stress, anxiety and depression, which can lead to burnout syndrome.

To avoid burnout syndrome, it is important that developers have plenty of support from their team and supervisors. It is also important to be able to manage their time by themselves and have enough time to rest and recover. Communication and collaboration with other team members is also key to minimize stress and anxiety and to help developers feel in control of their work. Developers should also regularly reflect on their work and think about how they can improve their working conditions and prevent burnout syndrome.

By using the Agile approach and the Scrum method, it is possible to detect the possibility of causality leading to burnout syndrome by measuring Story points over time. Because of the use of short iterations in the Scrum method, it is possible to highlight factors leading to burnout syndrome early on and thus reduce the risk of jeopardizing project work.

Klíčová slova

Syndrom vyhoření; Agilní přístup; Scrum; Story points; Riziko

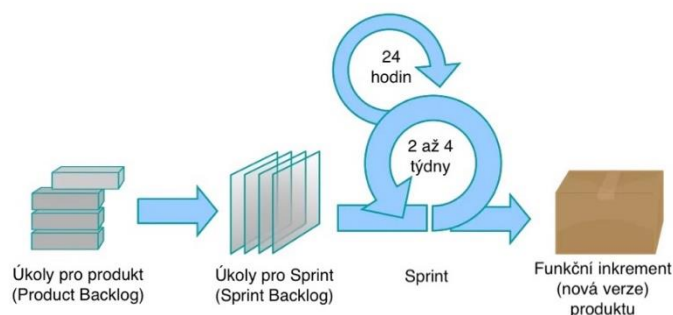
Keywords

Burnout syndrome; Agile approach; Scrum; Story points; Risk

¹ Autor: Ing. Zdeněk Vafek, Ing., VUT, ÚSI, Purkyňova 464, 612 00 Brno-Medlánky, zdenek.vafek@vut.cz

² Školitel: Jitka Kreslíková, doc., RNDr., CSc., VUT, FIT, Božetěchova 2, 61200, Brno, kreslika@fit.vut.cz

Pro řízení týmu byla využita metoda Scrum, což je agilní metodika navržená pro komplexní projekty, kde je často nutné přizpůsobit se změnám. Scrum je založen na krátkých vývojových cyklech nazývaných sprinty, které obecně trvají jeden až čtyři týdny. Scrum tým je samoorganizovaný, malý (obvykle ne více než deset lidí) a zahrnuje jednoho Scrum Mastera a jednoho produktového vlastníka. Zbytek týmu se nazývá vývojový tým [5], [6]. Členové vývojového týmu se pokouší odvést v rámci jednoho Sprintu práci minimálně za počet plánovaných SP, v ideálním případě každý Sprint naváší jejich počet. Neustálým zvyšováním počtu SP ze strany Scrum Mastera je možné opatrně zvyšovat produktivitu jednotlivých členů vývojového týmu a tím urychlit celý vývoj produktu.



Obr.2: Postup v metodě Scrum.

Sběr počtu splněných SP probíhal pomocí softwaru Jira od společnosti Atlassian, který umožňuje kompletní správu projektů a podporuje uplatnění AP s metodou Scrum. V Jira je vedený seznam všech úkolů pro vytvoření nových funkcí a nahlášených chyb. Po výběru těchto položek do seznamu úkolů pro konkrétní Sprint probíhá v Jira pomocí rozšíření planning poker přiřazení počtu SP, kde jeden SP odpovídá přibližně dvěma hodinám práce pro senior developera. Po hlasování jsou úkoly rozděleny tak, aby počet přidělených SP každého vývojáře byl přibližně stejný (ideálně vyšší), než v předchozím Sprintu.

Měření probíhalo od prvního Sprintu týdne, kdy nebylo možné brát v potaz hodnoty z přecházející iterace, z toho důvodu se u Senior developer 1 vyskytuje vyšší rozdíl mezi plány prvního a druhého Sprintu. Další důležitým faktorem bylo, že Student 3 a Student 4 začínali svoji staž ve vývojářském týmu zároveň se zavedením metody Scrum.

V průběhu získávání dat byl zaznamenáván počet splněných SP u všech vývojářů každý den, díky čemuž bylo možné vytvořit tzv. Burndown Chart obsahující pracovní postup všech členů týmu zvlášť pro každý Sprint. Následně byla vytvořena tabulka pro shromáždění hodnot plánovaných a splněných SP ze všech Sprintů.

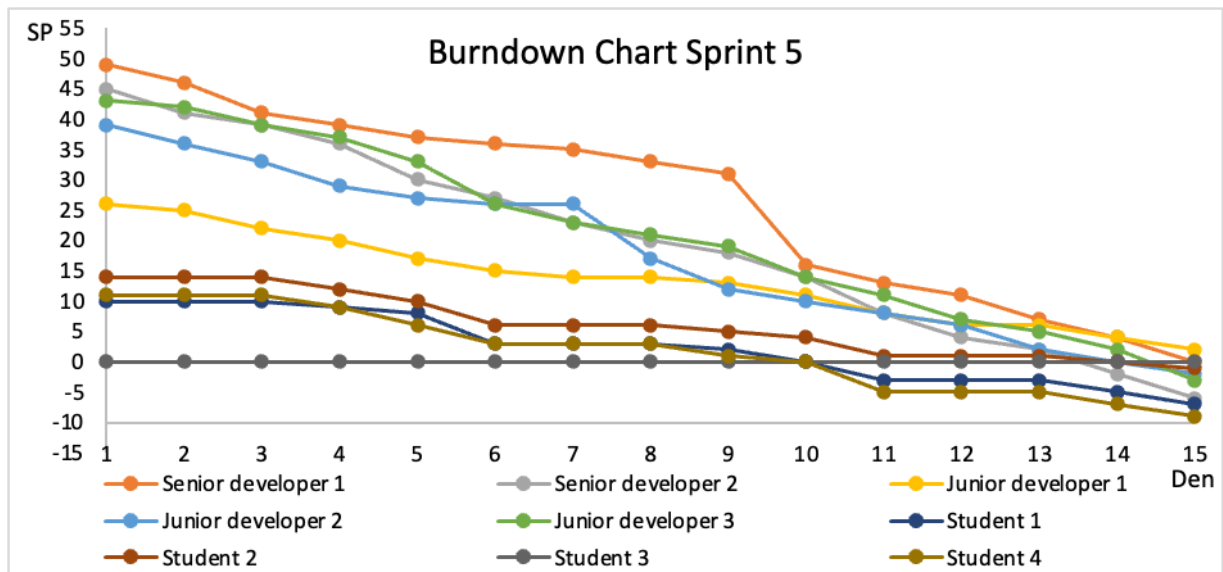
3 VÝSLEDKY A DISKUZE

Z naměřených dat (viz. Tab 1: Počet plánovaných (P) a splněných (S) SP v jednotlivých Sprintech) je možné sledovat motivovanost členů týmu pomocí rostoucího počtu SP během jednoho Sprintu. Zde u čtyř z šesti Sprintů byla hodnota splněných SP vyšší než plánovaná. Klesající tendence SP se projevila u Junior developera 1 a Studenta 3.

Tab 1: Počet plánovaných (P) a splněných (S) SP v jednotlivých Sprintech

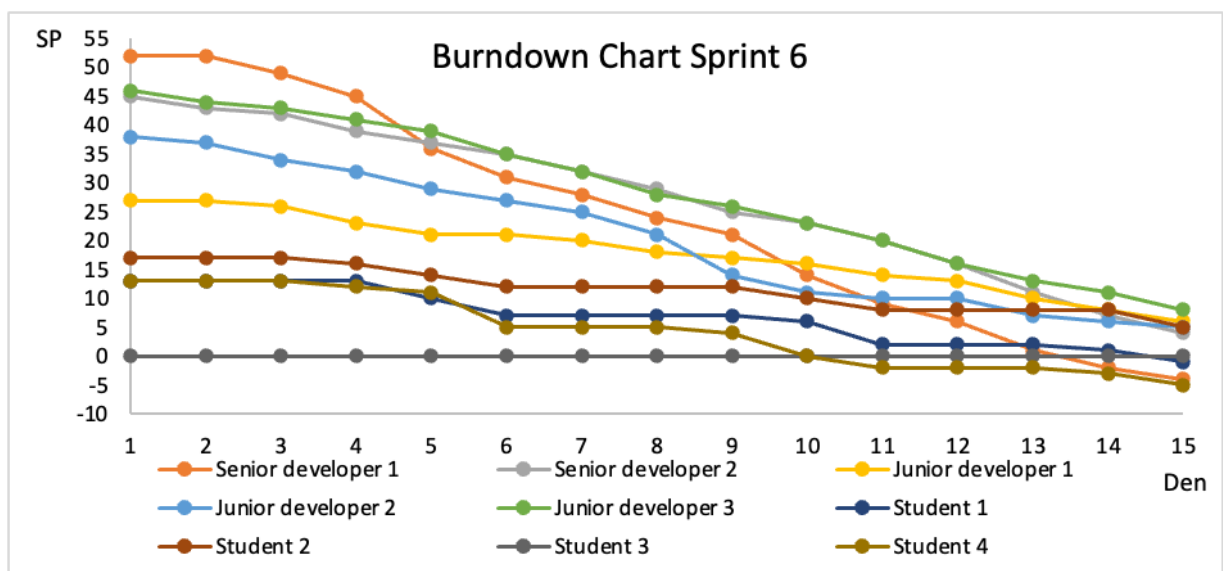
	Sprint 1		Sprint 2		Sprint 3		Sprint 4		Sprint 5		Sprint 6	
	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S
Senior developer 1	47	54	52	55	51	52	50	55	53	53	52	56
Senior developer 2	45	48	46	51	49	49	52	51	48	54	47	43
Junior developer 1	34	29	33	26	31	27	32	23	28	26	27	21
Junior developer 2	39	40	40	41	39	41	37	41	41	43	40	35
Junior developer 3	41	41	42	43	42	42	41	43	44	47	46	38
Student 1	9	9	12	12	11	13	14	15	12	19	15	16
Student 2	12	12	14	13	13	15	17	15	15	16	18	13
Student 3	8	6.5	8	2	8	1	8	5	0	0	0	0
Student 4	8	9	9	12.5	12	17	13	18	12	21	16	21
Celkem	243	248.5	256	255.5	256	257	264	266	253	279	261	234

Student 3 byl od začátku nekomunikativní a nemotivovaný, z toho důvodu byl po třetím Sprintu upozorněn na možné ukončení spolupráce s týmem. Během následujícího Sprintu proběhlo zvýšení splněných SP, ale nedosáhl plánu, který mu byl přidělen. Z toho důvodu byl před zahájením pátého Sprintu propuštěn. Tato situace však měla neočekávaný vliv na ostatní studenty, kterým v následujícím Sprintu vzrostla produktivita (Graf 1: *Graf splněných SP ve Sprint 5*).



Graf 1: Graf splněných SP ve Sprint 5.

Podobná situace vznikla rovněž u Junior developer 1, který je součástí týmu už téměř dva roky. Poslední rok však jeho práce má velkou chybovost v kódu, tudíž se mu vysoké množství práce vrací zpět a je nucen kód opravovat. Z toho důvodu má nižší počet SP než ostatní členové týmu na stejné pozici, navíc se tento počet v čase stále snižuje. Po ukončení Sprint 5 mu bylo oznámeno, že není jeho smlouva prodloužena a do 2 měsíců ve vývojovém týmu končí. Zde nastala opačná situace než u Student 3 a počet splněných SP se téměř u všech vývojářů snížil (Graf 2: *Graf splněných SP ve Sprint 6*), dle předpokladů se jedná o pracovní napětí, které při dlouhodobém působení může vést k SV. S Junior developer 1 nejvíce spolupracoval Senior developer 2, který poprvé ve Sprint 6 nedosáhl hranice plánovaných SP. V případě Senior developer 2 se tedy kromě pracovního napětí pravděpodobně jedná i o vidinu budoucího pracovního přetížení, což je další příčinnou souvislostí SV.



Graf 2: Graf splněných SP ve Sprint 6.

4 ZÁVĚR

Při využití metody Scrum je možné sledovat pracovní nasazení jednotlivých vývojářů v agilních týmech při vývoji produktu a vlivem krátkých iterací je možné případné výkyvy ve splněných Story points detekovat včas a vhodným způsobem na ně zareagovat. Příčinné souvislosti k syndromu vyhoření u jednotlivých vývojářů je možné pomocí dlouhodobého měření hodnot Story points. Zmíněný předpoklad je potvrzený vlivem rozvázání spolupráce se Student 3, kdy u ostatních vývojářů na pozici Student byla zvýšena produktivita. Zároveň byl předpoklad potvrzen rovněž při rozvázání spolupráce s Junior developer 1, kdy u ostatních členů týmu došlo ke snížení produktivity pravděpodobně z důvodu pracovního napětí vlivem nejistoty na pracovišti. U vývojáře blíže spolupracujícího s Junior developer 1 došlo k nejvyššímu poklesu pravděpodobně z důvodu i možného budoucího pracovního přetížení. Je zde však nutné pokračovat s dalším výzkumem a zaměřit se na rozšíření o dotazníkové šetření psychického stavu vývojářů v průběhu experimentálního měření. Je nutné dále prozkoumat možné kombinace poklesu, či zvýšení počtu Story points u více členů týmu najednou. Zjištěná data pak ověřit i na větším počtu vývojářů v rozdílných prostředích.

Literatura

- [1] Beck, K. a Beedle, M. a Bennekum, A. a Cockburn, A. a Cunningham, W. a Fowler, M. a Grenning, J. a Highsmith, J. a Hunt, A. a Jeffries, R. a Kern, J. a Marick, B. a Martin, R. a Mellor, S. a Schwaber, K. a Sutherland, J. a Thomas, D.: Manifest agilního vývoje software.]
- [2] KEBZA, V; ŠOLCOVÁ, I. Well-being jako psychologický a zároveň mezioborově založený pojem. Čs. psychologie 47, 2003. Str.333-345.).
- [3] RADIGAN, DAN. Story points and estimation. Atlassian [online]. [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.atlassian.com/agile/project-management/estimation#:~:text=Story%20points%20are%20units%20of,work%2C%20and%20risk%20or%20uncertainty>
- [4] TULITI, Tien Rahayu et al. Burnout in software engineering: A systematic mapping study [online]. 2023, 155 [cit. 2023-04-17]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2022.107116>.
- [5] Scrum Methodology. International Journal Of Engineering And Computer Science [online]. 2016, 2016(5) [cit. 2023-05-14]. Dostupné z doi:10.18535/ijecs/v5i6.11
- [6] L. Pries-Heje and J. Pries-Heje, "Why Scrum Works: A Case Study from an Agile Distributed Project in Denmark and India," 2011 Agile Conference, Salt Lake City, UT, USA, 2011, pp. 20-28, doi: 10.1109/AGILE.2011.34.

Recenzovala

Ing. Jana Victoria Martincová, Ph.D., LL.M., Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, odborný asistent, Purkyňova 464/118 Brno, +420 541 148 953, jana.victoria.martincova@vut.cz

Konference JuFoS 2023 se konala za podpory partnerů, kterým tímto děkujeme.

B | R | N | O |



 **BRAVIS**