

25. ROČNÍK KONFERENCE INTEGROVANÉ INŽENÝRSTVÍ V ŘÍZENÍ PRŮMYSLOVÝCH PODNIKŮ 2025

**DATA-DRIVEN MANAGEMENT PRO PRŮMYSLOVÉ PODNIKY:
ANALÝZA DAT JAKO KLÍČOVÝ PRVEK ROZHODOVÁNÍ, VLIV VELKÝCH
DAT A UMĚLÉ INTELIGENCE NA STRATEGICKÉ ŘÍZENÍ FIREM.**

9:15 – 18:00

ČTVRTEK 11. 9. 2025

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ



VE SPOLUPRÁCI S



Autor (editor):	Ing. Vojtěch Hlinák
Název díla:	Recenzovaný sborník příspěvků z 25. odborné konference z cyklu Integrované inženýrství v řízení průmyslových podniků na téma Data-driven management pro průmyslové podniky.
Vydalo:	České vysoké učení technické v Praze
Zpracovala:	Fakulta strojní, Ústav řízení a ekonomiky podniku
Kontaktní adresa:	Karlovo náměstí 13, 121 35 Praha 2
Tel.:	+420 224 355 798 (sekretariát ústavu)
Počet stran:	48
Vydání:	První elektronické

Příspěvky prošly recenzním řízením.

Recenzenti sborníku:

prof. Ing. František Freiberg, CSc. – ČVUT v Praze

doc. Ing. Theodor Beran, Ph.D. – ČVUT v Praze

doc. Ing. Jan Horejc, Ph.D. – ČVUT v Praze

Ing. Jan Lhota, Ph.D. – ČVUT v Praze

Ing. Miroslav Žilka, Ph.D. – ČVUT v Praze

ISBN 978-80-01-07496-1

11. 9. 2025

www.rep.fs.cvut.cz/konference

OBSAH

METODIKA ZNAČENÍ A SLEDOVÁNÍ VÝKOVKŮ	4
Petr Kolouch	
STRATEGICKÝ MANAGEMENT A STRATEGICKÉ ROZHODOVÁNÍ V 21. STOLETÍ	12
Pavel Machala, Jan Horejc	
MODEL PREDIKCE ODHADŮ VÝROBNÍCH PARAMETRŮ, COSTDRIVERŮ A NÁKLADŮ S VYUŽITÍM SUPERVISED TECHNIK STROJOVÉHO UČENÍ	24
Michal Matějka, Vojtěch Hlinák	
VIZUÁLNÍ SMOG A VENKOVNÍ REKLAMA: VNÍMÁNÍ A SPOTŘEBITELSKÉ CHOVÁNÍ V ČESKÉ REPUBLICE A FRANCII U VYSOKOŠKOLSKÝCH STUDENTŮ	37
Adéla Šnajdrová	

METODIKA ZNAČENÍ A SLEDOVÁNÍ VÝKOVKŮ

METHODOLOGY FOR MARKING AND TRACKING FORGINGS

Petr Kolouch

Abstrakt

Cílem výzkumu bylo navrhnout metodiku značení a sledování výkovků pro použití v průmyslu, konkrétně ve společnosti Strojmetal Aluminium Forging a.s. zabývající se výrobou tvářených dílů ze slitin hliníku. Hlavní výzvou bylo nalézt použitelné parametry značení, čemuž je věnována experimentální část jakožto stěžejní segment celého výzkumu. Bez kvalitního a aplikovatelného značení totiž nelze sestavit přesnou a efektivní sledovatelnost a bez účinné sledovatelnosti nelze navrhnout funkční metodiku, která by se dala implementovat do výroby. Práce se dělí na tři hlavní části, a to teoretický podklad pro danou problematiku, experimentální zkoumání způsobů značení technologií mikroúderu a laseru a návrh metodiky s implementací získaných dat a jejího zhodnocení.

Klíčová slova: Průmysl 4.0, traceabilita, druhy značení, technologie značení, metodika značení a sledování výkovků

Abstract

The aim of the research was to propose a methodology for marking and tracking forgings for use in industry, specifically at Strojmetal Aluminium Forging a.s., a company engaged in the production of formed parts from aluminum alloys. The main challenge was to find usable marking parameters, which is the focus of the experimental part as the core segment of the entire research. Without high-quality and applicable marking, it is not possible to establish accurate and effective traceability, and without effective traceability, it is not possible to propose a functional methodology that could be implemented in production. The work is divided into three main parts: the theoretical basis for the issue, experimental research into micro-impact and laser marking methods, and the design of a methodology with the implementation of the data obtained and its evaluation.

Key words: Industry 4.0, traceability, types of marking, marking technology, marking methodology, and tracking of forgings

1 Traceabilita

V průmyslovém prostředí je identifikace dílů a komponentů pro sledovatelnost zásadní. Sledovatelnost obecně je definována jako schopnost sledovat pohyb produktů v rámci výrobního procesu a uchovávat základní informace, jako jsou výrobci, dodavatelé, sériová čísla a další relevantní údaje související s výrobou. Tyto údaje jsou sledovány během všech procesů vedoucích k finálnímu produktu, od nákupu surovin a obrábění až po montáž, distribuci a prodej zákazníkům. Význam tohoto procesu je zřejmý v případech problémů s kvalitou výrobků, kdy je nutné, aby výrobce přijal rychlá a účinná opatření, aby zabránil ztrátě důvěry zákazníků a partnerů. Například v automobilovém průmyslu se vozidla skládají z mnoha komponentů pocházejících od různých dodavatelů a montovaných na odlišných výrobních mís-tech. Každé součástce je přiřazen předem definovaný identifikační kód, který obvykle obsahuje informace o výrobcu, čísle směny, dni v týdnu, čísle týdne a roce výroby. Tato přesná identifikace je zásadní pro sledování a určování příčin potenciálních stížností, protože jakákoli vada kritických součástí by mohla ohrozit bezpečnost vozidla. [1, 2, 3]

Vzhledem k rozmanitosti materiálů používaných ve výrobě existuje několik metod průmyslového značení. Žádná z těchto metod však není univerzální pro všechny materiály, a proto volba často závisí na konkrétních vlastnostech materiálu, produktu a výrobním procesu. Například hořlavé nebo výbušné vedlejší produkty vznikající během výroby mohou kvůli svým rizikům vylučovat použití laserového značení. Podobně, pokud je materiál nebo produkt velmi křehký, nemusí být vhodný mikroúder, aby nedošlo k poškození. Tyto výzvy jsou dále popsány v samostatných kapitolách. Značení produktů je kritickým procesem ve výrobě a nachází uplatnění v různých odvětvích, včetně strojírenství, potravinářství a farmaceutickém průmyslu. V této práci se zaměřuji na výkvy z hliníkových slitin pro automobilový průmysl. [1, 2, 3]

1.1 Druhy značení

Produkty lze identifikovat různými způsoby v závislosti na potřebách, ať už se jedná o logo společnosti, datum výroby nebo typ produktu. Pouhý text nemusí být vždy optimální, protože je důležité minimalizovat prostor potřebný pro označení a zároveň maximalizovat množství sdělovaných informací. K dosažení tohoto cíle se používají různé metody kódování. Jednoduché informace se kódují pomocí jednorozměrných kódů, které umožňují přenos základních popisů nebo čísel. Kromě toho se používají dvourozměrné kódy, jako jsou Data Matrix (DMC) a QR kódy (Quick Response Code), které umožňují kódování mnohem většího objemu dat. Největší množství informací lze kódovat pomocí sofistikovaných značkových prvků, jako jsou čipy RFID (Radio-Frequency Identification). [3]

Data matrix (DMC)

Pro tento výzkum byl vybrán DMC kvůli snadnému použití a objemu informací. Popisovaný dvourozměrný kód má charakteristický tvar písmene „L“, který tvoří dvě sousední hrany matice. Tento tvar slouží jako rozlišovací značka, která usnadňuje čtení kódu v jakékoli orientaci v rozsahu 360°. Ve své čtvercové podobě pojme až 3116 číselných a 2335 alfanumerických znaků. Využití takto kompaktního kódu, který zabírá pouze několik milimetrů čtverečních, umožňuje jeho efektivní použití v miniaturních součástech, jako jsou čipy, procesory a jiné malé elektronické nebo mechanické součásti. Tato metoda kódování se vyznačuje vysokou odolností proti poškození, která dosahuje až 65 % redundance, což je dáno technikou opravy chyb Reed-Solomon. Navíc má podstatně menší velikost než QR kódy při kódování stejného počtu znaků. Zároveň tato technika usnadňuje přijetí přímého značení dílů (DPM), která se převážně používá v průmyslovém prostředí pro značení různých komponent nebo náhradních dílů. V DPM je symbol přímo zaznamenán do identifikovaného produktu a stává se jeho nedílnou součástí po celou dobu jeho životního cyklu. [2, 4, 5, 6, 7]

2 Technologie značení

V této části jsou prozkoumány možnosti a principy značkových technologií především pro kovové materiály. Všechny tyto technologie by byly použitelné ve zkoumaném případě, ale každá z nich má své výhody a nevýhody, díky čemuž je pro dané použití více či méně vhodná.

2.1 Mikroúder

Také známá jako mikroperkuse nebo mikrodotové značení, je technologie založená na přechování materiálu a následné plastické deformaci. Její hlavní výhodou je viditelnost i pod povrchovými úpravami, jako jsou nátěry, stříkání nebo galvanizace. Je efektivní, přesná a bezproblémová a nachází široké uplatnění v průmyslových odvětvích, včetně auto-mobilového, hutního a elektrotechnického průmyslu. Tato metoda efektivně a přesně značí texty, loga a 2D kódy, jako jsou výše zmíněné DMC. Mezi běžné aplikace patří značení dat, časů, sériových čísel, kódů VIN, log a dalších grafických prvků. Systémy mikroúderu jsou navrženy tak, aby zvládaly značení různých materiálů, od oceli a kalené oceli až do 62 HRC, po hliník, nerezovou ocel, plasty, dřevo, sklo a keramiku. Většina těchto systémů vyžaduje minimální údržbu (pouze výměnu opotřebovaných hrotů), je snadno ovladatelná a

programovatelná. Jsou k dispozici v různých provedeních, včetně ručních, stojanových, inline nebo kombinovaných systémů. [8, 3]

Ve srovnání s jinými metodami značení, jako je inkoustové značení nebo termotransfer, technologie mikroperekuse nevyžaduje žádné další spotřební materiály, dochází pouze k opotřebení hrotu. K dispozici jsou také verze s více hroty, které nabízejí ještě vyšší produktivitu práce. Mikroúderové a obdobné razicí technologie jsou obecně ekonomicky efektivní metody značení, a to nejen díky pořizovacím nákladům, ale také minimálním provozním a údržbovým nákladům. Nižší formy ražby, jako jsou razicí jednotky a raznice, jsou vhodné pro opakující se vzory, zatímco vyšší formy ražby, systémy mikroteček, nabízejí větší flexibilitu a jsou vhodné pro složitější vzory. Navzdory ekonomickým výhodám, které tyto mechanické metody přinášejí, existují i některé nevýhody. Ražba je omezena na materiály s určitou tvrdostí. Při značení tvárných materiálů může dojít ke ztrátě vzoru v důsledku elasticity materiálu, zatímco u velmi tvrdých materiálů se ražební hrot rychle opotřebovává a může mít potíže s kvalitou ražení. Významnou nevýhodou je také výrazný hluk, který tato technologie produkuje. [3, 9]

2.2 Laser

Laser vytváří na povrchu materiálu trvalý, mechanicky odolný, vysoce kontrastní a jedinečný popis s velmi vysokou přesností. Princip této technologie spočívá v procesu ablace, což znamená lokální odpařování materiálu nebo změnu barvy povrchu. Tloušťka odpařené vrstvy materiálu se pohybuje v řádu mikrometrů. Tento proces probíhá bez nutnosti použití dalších komponent, jako jsou chemické přísady, inkousty nebo mechanické zásahy do struktury materiálu. Velikost znaků se obvykle pohybuje od zlomků po jednotky milimetrů, ale lze vytvořit i větší znaky. Laserová technologie umožňuje nanášet identifikační prvky na širokou škálu materiálů, včetně oceli, litiny, titanu, mosazi, bronzu, hliníku a jeho slitin, karbidu wolframu, zlata, keramiky, drahých kamenů, plastů, dřeva, skla, gumy, papíru, kůže a dalších. Povrch, který má být laserově značen, může být různým způsobem upraven, například broušením, pískováním, lakováním, černěním nebo potažen chromem, zinkem, karbidem titanu, nitridem titanu, keramickým povlakem a dalšími materiály. [3, 10]

Laserové značení nabízí několik výhod, včetně odolnosti vůči chemickým a tepelným vlivům. Proces značení je rychlý, přesný a šetrný k životnímu prostředí ve srovnání s metodami, jako je tisk inkoustem, protože nevyžaduje žádné další materiály, které by mohly znečišťovat životní prostředí. Nevyžaduje opotřebení nástrojů ani materiálů a lze jej použít na různé materiály, dokonce i na velké plochy a těžko přístupná místa, čímž se eliminují další kroky. Laserové zařízení se snadno integruje do automatizovaných výrobních procesů, což umožňuje jednoduché přizpůsobení. Existují však i nevýhody, jako jsou omezené možnosti barev a vysoké pořizovací náklady. [7, 11, 12, 13]

2.3 Stručné srovnání s jinými dostupnými technologiemi značení

Mikroúderové značení je hlubší, lze jej odstranit pouze broušením a je snadno čitelné lidským okem. Při pokusu o automatické čtení pomocí strojů nebo skenerů, zejména u 2D kódů, však mohou nastat problémy kvůli nedostatečnému kontrastu. Tento typ značení má významnou nevýhodu z hlediska hluku a rychlého opotřebení razicích hrotů, což vede k dalšímu zvýšení nákladů.

Inkoustové značení se vyznačuje nižšími pořizovacími náklady a poskytuje dobrý kontrast. Při dlouhodobém používání však náklady spojené s pravidelnou údržbou a spotřebou inkoustu mohou výrazně zvýšit celkové náklady této technologie. Další nevýhodou pro průmyslové aplikace je skutečnost, že inkoustové značení nemusí být na některých materiálech trvalé. Podobné parametry s nárůstem nákladů v důsledku provozních výdajů vykazuje technologie termo-transferu a obdobně může být problematické její použití na některých materiálech.

Laserová značkovácí technologie vyniká svou přesností. Navzdory vyšším pořizovacím nákladům a nutnosti dodržovat bezpečnostní opatření, jako je například úplné uzavření stroje, je tato technologie výhodná, protože je téměř bez-údržbová, a kromě elektrické energie nevyžaduje žádné další spotřební

materiály. Druhou výhodou je bezkontaktní povaha tohoto značení a jeho stabilita, která umožňuje použití na různých materiálech. Další významnou výhodou ve srovnání s jinými technologiemi je vysoká rychlost značení, a to i na zakřivených površích, což by mohlo být pro jiné technologie problematické. Na základě výše uvedených informací a srovnání, byla pro experimentální část zvolena technologie mikroúderu s laserovou značkovací technologií jako alternativou. [2]

3 Experimentální testy

Cílem výzkumu je navrhnout metodiku značení a sledování výkovků s praktickým zaměřením na problematiku značení. Jak je uvedeno v abstraktu, jedná se o klíčovou část celého projektu, protože bez kvalitního a použitelného značení nelze zajistit přesnou a efektivní sledovatelnost a bez efektivní sledovatelnosti nelze navrhnout funkční metodiku. Po-stupy a metody testování, použité vybavení a nástroje, podrobné obrázky, 3D skeny povrchu, naměřená data a jejich vývoj, průběžné hodnocení a závěry jsou podrobně popsány v rozšířeném výzkumném dokumentu. Na konci jsou shrnuty výsledky a závěry obou technologií a jsou doporučeny další kroky.

3.1 Mikroúderové značení

V této kapitole se zabývám technologií mikro-perkuse. Byly použity dva stroje, a to značkovače Gravotech a Liftec. Poté podrobně popisují, jak bylo testování provedeno a jak se změnila čitelnost, která byla primárním sledovaným parametrem. Naměřená data jsou znázorněna a pod každou sérií testů je v rozšířené analýze uveden stručný závěr a návrh dalších kroků.

Svou analýzu zakládám na konvenčním výrobním procesu, při kterém komponent nejprve opustí kovářskou linku, poté prochází mořením, a nakonec se přistupuje k tryskání pro zpevnění povrchu a zmatnění. Testování značení proběhlo mezi každou z těchto operací, aby se zjistilo, jak každý krok ovlivňuje čitelnost maticového kódu. Tato data byla analyzována, znovu ověřena a prostřednictvím postupných iterací bylo dosaženo optimálních parametrů značení.

Měření čitelnosti DMC

Navrhovaný přístup k měření a identifikaci optimálních parametrů zahrnuje postupné značení následované okamžitým čtením na skenovacím zařízení po každém kroku. Cílem je stanovit korelace mezi výslednou čitelností a změnami ve značení způsobenými změnami parametrů značení nebo odchylkami během různých fází výrobního procesu (například moření, tryskání). Vyvíjející se parametry by mohly vykazovat jasný trend směrem k postupně lepším výsledkům. Jedná se však o multifaktoriální hodnotící proces, při kterém změna jednoho parametru může pozitivně nebo negativně ovlivnit ostatní parametry, což činí hledání velmi složitým.

Závěr mikroúderu

Po analýze všech shromážděných údajů z téměř 130 naměřených kódů Data Matrix bylo dosaženo relativně uspokojivého posunu směrem ke zlepšení čitelnosti a identifikaci parametrů značení s potenciálem dobré čitelnosti za „ideálních podmínek“. To by však vyžadovalo použití sofistikovaných a velmi drahých čtecích zařízení, jako jsou Keyence HR-X500 nebo Cognex Dataman 282X. Dosáhnout požadovaných podmínek ve výrobě by však bylo náročné.

Nejkritičtějším parametrem se jeví velikost DMC a umístění v upínacím zařízení. U kódů DMC menších než 16x16 mm mají vyražené prohlubně tendenci se navzájem rušit, zatímco kódy DMC větší než 19x19 mm vedou k rozpadu maticové struktury, což v obou případech vede ke snížení čitelnosti. Dalším parametrem, který byl během testování pozorován, ale nebyl systematicky sledován, je citlivost umístění upínacího zařízení pro značení. Tento parametr souvisí s vzdáleností od špičky razníku. I malé odchylky, jako je mírně zkosené umístění, vedly k nekonzistentnímu značení v celé matici DMC kvůli mechanice razící špičky a její maximální síle v dolní úvrati. Tolerance kolísání byla stanovena na 0,5 mm, což je nepřijatelné vzhledem k možné nestabilitě upevnění kovaného dílu v důsledku přítomnosti

nečistot nebo chyb při upevňování, a zejména v důsledku rozměrové nestability kovaného dílu, jehož rozměry přes dělicí rovinu jsou v tolerančním rozmezí 1,5mm.

Další nevýhodou je otupení značkovacích hrotů, které může způsobit další kolísání kvality značení a vyžadovat je-jich výměnu. Robustnost konstrukce značkovací stanice se také jeví jako kritická, protože musí odolávat značným silám během značení. Dalším kritickým parametrem je rychlost značení s ohledem na dobu cyklu výrobní linky, která je 7 sekund pro dvou kus. Naměřená data ukazují rychlost značení kolem 7,5 sekundy na jednu součást, což vyžaduje použití 4 značkovacích hlavíc, aby bylo možné pokrýt dobu cyklu linky. To také komplikuje nastavení, údržbu a zvyšuje pravděpodobnost poruchy.

Ačkoli se zpočátku jednalo o velmi slibnou metodu pro použití ve výrobních podmínkách, variabilita sledovaných parametrů díky velkému množství dat a různým experimentálním postupům nevykazuje uspokojivou přesnost pro praktické použití. Proto se přechází k dalším testům, konkrétně s využitím laserové technologie, o které je pojednáno v následující kapitole.

3.2 Laserové značení

Tato kapitola popisuje testovací postupy, naměřená data a v plném znění dokumentu poskytuje stručný závěr pro každou sérii testů. Tato technologie představuje nejmodernější průmyslové laserové značící zařízení. Vyznačuje se automatickým zaostřováním v celé značící oblasti, úpravou sklonu při značení velkých produktů, a navíc obsahuje integrovanou kameru pro úpravu polohy a korekci odchylek způsobených manipulací nebo zakládáním výrobku. Díky vysoce výkonným laserům a laserům s krátkými pulzy nabízí možnost značení široké škály materiálů. Údržba je téměř úplně automatická a zahrnuje kontrolu čistoty čoček, sledování výkonu, kalibraci a přístup k webovému monitoru pro statistickou analýzu v reálném čase.

Zkoušená odolnost proti mechanickému opotřebení laserovaných DMC se jevila jako problematická, ale tento problém se podařilo úspěšně vyřešit vývojem ochranné součásti, která chrání kód DMC během výrobního procesu a zároveň zajišťuje jeho viditelnost pro nepřetržité čtení. Podobně byla v závěrečném testu vyřešena otázka ochrany DMC během tryskání pomocí polyuretanové lepicí krycí pásky.

Po přezkoumání všech 60ti vyhodnocených údajů lze konstatovat, že bylo dosaženo velmi uspokojivých výsledků a že tato technologie má parametry vhodné pro praktické použití. Ačkoli je tato technologie spojena s vysokými pořizovacími náklady, její technologické výhody, zejména ověřená použitelnost za stanovených výrobních podmínek, zajišťují její úspěšné zavedení. Dalším důležitým parametrem je rychlost značení, která při běžném použití dosahuje až 6,8 sekundy pro dva kódy DMC, což je dostatečné s ohledem na výše zmíněnou dobu cyklu linky 7 sekund. Funkce automatického zaostřování navíc umožňuje laseru adaptivně upravovat ohniskovou vzdálenost na základě aktuálního vyrovnání dílu. Jak již bylo zmíněno, zařízení vyžaduje minimální údržbu, což dále usnadňuje a zefektivňuje jeho průmyslové použití.

S ohledem na výše zmíněné tato kapitola plně podporuje vhodnost této technologie pro zamýšlené použití.

4 Návrh metodiky pro značení a sledování výkolků

V předchozích kapitolách byly popsány různé metody značení, které byly nejprve teoreticky popsány a následně experimentálně otestovány a zdokonaleny a které slouží jako hlavní parametry pro úspěšnou sledovatelnost. V této kapitole se pozornost přesouvá k návrhu metodiky – jak zvýšit efektivitu procesu, spolu s potenciálními dopady a přínosy, které by to mohlo přinést.

Vstupní materiál je nejprve označen výrobcem, obvykle čárovým kódem. Po příjezdu do výrobního závodu je tento čárový kód naskenován pomocí ručního čtečky a zadán do systému. Poté co projde

kontrolou kvality je mu přiděleno číslo tavby. Po opětovném vytištění čárového kódu je materiál uložen a uvolněn pro další výrobní procesy. Před zahájením tvářecího procesu se čárový kód příchozího materiálu naskenuje v kovárně pomocí ručního čtečky. Načtou se parametry linky pro konkrétní tavicí šarži a na základě pokynů v systému se vymění kovací nástroje a nastaví se parametry tváření, parametry tepelného zpracování a další operace. Po dokončení procesu kování a tepelného zpracování je každému jednotlivému kusu přiřazen specifický DMC kód vytvořený laserovou technologií. V tomto okamžiku je DMC propojen s použitými parametry tváření, včetně parametrů tepelného zpracování. Na základě taktu linky se s vysokou přesností přiřadí výrobní parametry přesně odpovídající výrobě dané konkrétní součásti.

Všechny následující kroky jsou již zaznamenány online do databáze přímo propojené s konkrétním dílem podle procesu, kterým prochází. Polep krycí páskou a proces tryskání, přičemž délka a parametry tryskání jsou již propojeny s daným dílem. Dále je páska odstraněna, pro bezpečnou manipulaci je nasazen ochranný kryt a kód DMC je naskenován a propojen s dalším čárovým kódem, který je připevněn na krabici, ve které je díl uskladněn mezi nadcházejícími kroky zpracování. Skladové zásoby jsou zaznamenány online do systému, což umožňuje adaptivní úpravy a například zrychlení toku materiálu. Konkrétní krabice by již nemusely mít přidělená místa, byly by uloženy v neoptimálnějším dostupném prostoru v daném okamžiku a spárovány pouze s čárovým kódem příslušného místa.

Během kontroly kvality jsou ze skladu vybrány nejstarší výkovky, aby byl dodržen princip FIFO (first in, first out). Po úspěšném dokončení kontroly kvality jsou díly nebo celá šarže (podle výrobních postupů) uvolněny k obrábění. V obráběcím centru je každý díl před procesem naskenován a systém mu přiřadí správnou CNC stanici a obráběcí parametry/program, které jsou přímo zaznamenány v databázi pod příslušným dílem. Během dalšího meziskladování je čárový kód skladovacího boxu opět přiřazen ke skupině dílů, které obsahuje. Před montáží se proces opakuje a po naskenování DMC stroj přiřadí správné lisovací parametry. Jelikož je součástí procesu i značící zařízení, je podle požadavků zákazníka přiřazeno specifické označení, které laser případně doplní. Hotové díly jsou pak jednotlivě naskenovány a zabaleny do exportních krabic, z nichž každá má přidělený jedinečný čárový kód a je spojena s díly, které obsahuje. Tyto informace jsou spárovány s dodacím dokladem a předány dopravci k přepravě zákazníkovi.

Tento přístup poskytuje zákazníkovi všechny výrobní parametry, včetně doby skladování. V případě jakýchkoli vad na jednom kusu je tak možné dosledovat všechny související díly, které by mohly být podobným problémem také postiženy. To zajišťuje včasnou opravu nebo výměnu a zabraňuje poškození zdraví, majetku a zbytečným finančním nákladům pro výrobce, dodavatele a zákazníky.

4.1 Technické hledisko

Z tohoto pohledu lze shrnout, že návrh je proveditelný při použití laserového značení. Všechny použité postupy a přístupy jsou dostupné a jejich potenciální použití v reálném výrobním procesu bylo ověřeno během experimentů. Pokud jde o návrh metodiky značení a sledování, představuje významný zásah do současného provozu. Některé jeho části jsou však již v praxi implementovány a vyžadovaly by pouze úpravy stávajících systémů, nikoli vytvoření zcela nových, což naznačuje reálné možnosti implementace takového návrhu. Kompatibilita databáze a sledovacích systémů se softwarem a hardwarovými periferiemi nově používaných strojů a zařízení však může vyžadovat další prozkoumání.

4.2 Ekonomické hledisko

Z tohoto hlediska se situace může jevit jako složitější kvůli rozdílům v pořizovacích nákladech jednotlivých technologií. Na základě poskytnutých hodnot nákladových výpočtů, které nebudou zveřejněny z důvodu zachování firemního tajemství, bude počáteční investice do laserového značkovacího zařízení přibližně o 30 % dražší než při použití technologie mikroúderu. Tento rozdíl se však v budoucnu významně vykompenzuje kvůli výrazně vyšším provozním nákladům technologie mikroúderu (v důsledku použití stlačeného vzduchu a opotřebení razicích hrotů). Z ekonomického

hlediska je proto výhodnější aktuálně navrhovaný model s laserem. Je třeba zohlednit dodatečné náklady na implementaci změn do databázových systémů a odborné školení personálu. Ekonomická návratnost investice by měla být ovšem jednoznačná díky zjednodušení a zefektivnění výrobního procesu a potenciálnímu přílivu nových objednávek nebo nabídek pro klienty v podobě lepšího a komplexnějšího toku informací o dodávaných produktech, které mohou využít k zefektivnění svých výrobních procesů a produktové komunikace.

5 Závěr výzkumu

Cílem výzkumu bylo analyzovat a navrhnout metodiku značení a sledování výkovků na úrovni jednotlivých kusů, která by umožňovala zaznamenávat jejich celou historii od vstupního materiálu po provedené technologické operace a skladování. To by usnadnilo efektivnější tok informací od výrobce k zákazníkovi a otevřelo nové možnosti kontroly a logistiky produktů v průběhu jejich životního cyklu.

V praktické části byly provedeny testy značení, které zahrnovaly přibližně 130 měření pro technologii mikrouderu a přibližně 60 měření pro laserové značení. Ukázalo se, že technologie mikrouderu není pro zamýšlené použití optimální z důvodu několika nevýhod. Zejména byly zjištěny významné nejistoty ve výsledcích ražení, vysoká citlivost čitelnosti kódu na parametry značícího procesu, podmínky osvětlení, přesnost vyrovnaní součástí v značkovacím zařízení, rozměrové tolerance výkovku a citlivost procesu čtení na pohyb dílu nebo čtecí zařízení. Kromě toho byla rychlost značení omezující a neodpovídala době cyklu linky, což vyžadovalo přidání zařízení, čímž by se zvýšily náklady a zkomplikovala se instalace, kalibrace a údržba.

V důsledku toho byla testována alternativní technologie laserového značení, která přinesla úspěšné výsledky pro potenciální reálné nasazení. Ačkoli se odolnost DMC kódu proti mechanickému poškození jevila jako problematická, tento problém byl vyřešen vývojem ochranné krytky pro bezpečnou manipulaci a použitím polyuretanové krycí pásky pro proces tryskání. Rychlost značení byla rovněž dostatečná a čas cyklu linky mohl být zajištěn jediným laserovým zařízením. Adaptivní funkce, jako je automatické zaostřování, okamžitá kontrola kvality značení a nízké nároky na údržbu, dále zvyšují potenciál nasazení této technologie.

Na základě všech provedených testů a měření je navrhovaná metodika považována za použitelnou v reálných výrobních odvětvích, čímž splňuje cíl výzkumu.

Prameny

1. Traceability Textbook. Keyence [online]. Itasca, Canada:keyence corporation of America, 2017 [cit. 2025-01-08]. Dostupné z: <https://www.keyence.com/>
2. KARAS, Martin. Návrh značící stanice pro značení dílů v automobilovém průmyslu. Online, Bakalářská práce. Praha: Čes-ké vysoké učení technické v Praze, 2019. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/84743/F2-BP-2019-Karas-Martin-BP0243_Karas_2019.pdf?sequence=-1&isAllowed=y. [cit. 2025-01-08].
3. SÁNDOR, Václav. Značení výrobků v průmyslu. Online, Bakalářská práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2017. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/70010/F3-BP-2017-Sandor-Vaclav-Znaceni%20vyrobku%20v%20prumyslu.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [cit. 2025-01-08].
4. ČÁDA, David. Využití 2D kódů v běžné praxi [online]. Zlín, 2016 [cit. 2025-04-08]. Dostupné z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/38447/%C4%8D%C3%A1da_2016_dp.pdf?sequence=1. Bakalář-ská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky. Ing. Bronislav Chamcov, Ph.D.
5. BÍLÍ, Michal. GS1 DataMatrix vs.Gs1-akademie [online]. ČR: GS1, 2018, prosinec 2018 [cit. 2025-04-08]. Dostupné z: <http://www.gs1-akademie.cz/info-859/gs1-datamatrix-vs-gs1-qr-code-s611702509>.
6. BLATOVÁ, Daniela. Požadavky na značení léků (FMD). Online. In: Bartech. 2019. Dostupné z: <https://bartech.cz/2018/06/13/pozadavky-na-znaceni-leku-fmd/>. [cit. 2025-04-08].
7. KUTLÁKOVÁ, Šárka. Produktivní značení laserem. Online, Bakalářská práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2022. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/103342/F2-BP-2022-Kutalkova-Sarka-Bakalarska%20prace.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. [cit. 2025-01-08].
8. Mikroúderové značení. Online. MARKSYS S.R.O. Marksys. 2023. Dostupné z: <https://marksys.cz/mikrouderove-znaceni/>. [cit. 2025-04-08].
9. Mikroúder. Online. LIFTEC CZ A.S. LIFTEC. 2023. Dostupné z: <https://www.liftec.cz/sluzby/slovnicek-pojmu/mikrouder/>. [cit. 2025-05-08].
10. ŘASA, Jaroslav a Zuzana KEREČANINOVÁ. Nekonenční metody obrábění – 5. díl. In: Průmyslové spektrum [online]. 2008 [cit. 2025-05-08]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/nekonvecni-metody-obrabeni-5-dil>.
11. Laserové označení: Gravírování laserem. Online. In: Trumpf. 2023. Dostupné z: https://www.trumpf.com/cs_CZ/reseni/aplikace/laserove-oznacovani/gravirovani-laserem/. [cit. 2025-10-08].
12. LASCAM [online]. 2015 [cit. 2025-10-08]. Dostupné z: <https://www.lascam.cz/laserove-gravirovani/>
13. HUBÍK, Petr. Technologie laserového popisování [online]. Zlín, 2013 [cit. 2025-10-08]. Dostupné z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/24662/hub%C3%ADk_2013_bp.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická. doc. Ing. Libuše Sýkorová, Ph.D.

STRATEGICKÝ MANAGEMENT A STRATEGICKÉ ROZHODOVÁNÍ V 21. STOLETÍ

STRATEGIC MANAGEMENT AND STRATEGIC DECISION-MAKING IN THE 21st CENTURY

Pavel Machala, Jan Horejc

Abstrakt:

Příspěvek si všímá rostoucího významu kvalitního strategického managementu v podniku v podmínkách dynamicky se rozvíjejícího turbulentního okolí podniku. Speciální pozornost věnuje jádru strategického managementu – strategickému rozhodování, zejména jeho novým metodám a nástrojům a všímá si i růstu významnosti strategického controllingu a hodnocení realizace strategického managementu.

Klíčová slova:

Strategický management, vývoj okolí podniku, hybné faktory úspěchu, strategické rozhodování a jeho nové metody a nástroje, predikce budoucího vývoje, realizace strategie v 21. století, strategický controlling, rychlost realizace strategie, udržitelnost podniku v 21. století.

Abstract:

The article notes the growing importance of quality strategic management in a company in the conditions of dynamically developing turbulent business environment. It pays special attention to the core of strategic management - strategic decision-making, especially its new methods and tools, and also notes the growing importance of strategic controlling and evaluation of the implementation of strategic management.

Key words:

Strategic management, development of the company's environment, driving factors of success, strategic decision-making and its new methods and tools, prediction of future development, implementation of strategy in the 21st century, strategic controlling, speed of strategy implementation, sustainability of the company in the 21st century.

Úvod

Strategický management byl vždy významnou součástí managementu podniku. Nyní, v 21. století, století plném bezprecedentní dynamiky a stále častěji se vyskytujícími zvraty se stále častěji ozývá otázka: má vůbec smysl investovat stále více peněz i času do této aktivity? Není už jen přežitkem dvacátého století? Tento příspěvek má za úkol jednak odpovědět na tyto a podobné otázky a dále i prokázat, jak se vyvíjí pozice strategického managementu v rámci podnikového managementu a jak naopak využití nových, modernějších metod a nástrojů může zvýšit kvalitu jak strategického managementu podniku, tak i jeho rozhodující části: strategického rozhodování, kterém je nejzávažnějším faktorem podnikového managementu.

1 Strategický management v 21. století

1.1 Strategický management – nezbytný předpoklad existence podniku

Slovo „strategos“, které je složeninou dvou řeckých slov „stratos“ (vojsko) a „agein“ (vést), se dá přeložit jako „velitel armády“ či „vůdce s rozsáhlou mocí“, a už to samo naznačuje význam slova „strategický“. Nejde tedy o jednotlivé, někdy zcela nahodilé aktivity, ale o soustavu rozhodujících, obvykle složitých aktivit, které mají vést k dosažení celkového vítězství.

Strategickým managementem pak nazýváme obvykle soustavu mnoha aktivit, které jsou určující pro dlouhodobé směřování podniku a jsou rozhodující pro konkurenceschopnost, udržitelnost, výkonnost, efektivnost a další rozhodující parametry podniku. Vychází z vize a mise (poslání) podniku a z hodnot, které podnik v rámci své činnosti bezesbýtku respektuje, určuje strategické cíle a vymezuje i možné cesty k jejich dosažení a volí z nich tu, která se ukazuje v dané situaci či konstelaci jako nejvhodnější. Přitom zvolená strategie reaguje jak na aktuální stav okolí podniku, tak i na efektivní využívání vlastních disponibilních zdrojů, tak i na možný odhadovaný vývoj v těchto dvou oblastech.

Kvalitní zvládnutí všech procesů strategického managementu (viz kap. 1.3) je sice finančně, časové i znalostně nesmírně náročnou aktivitou, ale jejich zvládnutí je základním předpokladem jak existence a dalšího přežití, ale zejména i dalšího rozvoje podniku. Strategický management je často zpochybňován pro vysokou míru nejistot (a tedy i vysokou subjektivitu!) rozhodujících strategických rozhodnutí, ale bez jeho zvládnutí nelze zajistit dlouhodobou existenci podniku i racionální využívání jeho zdrojů. Navíc se stále častěji ukazuje, že v neúspěšnějších podnicích je strategický přístup i motivací a tmelem veškerých složek podniku.

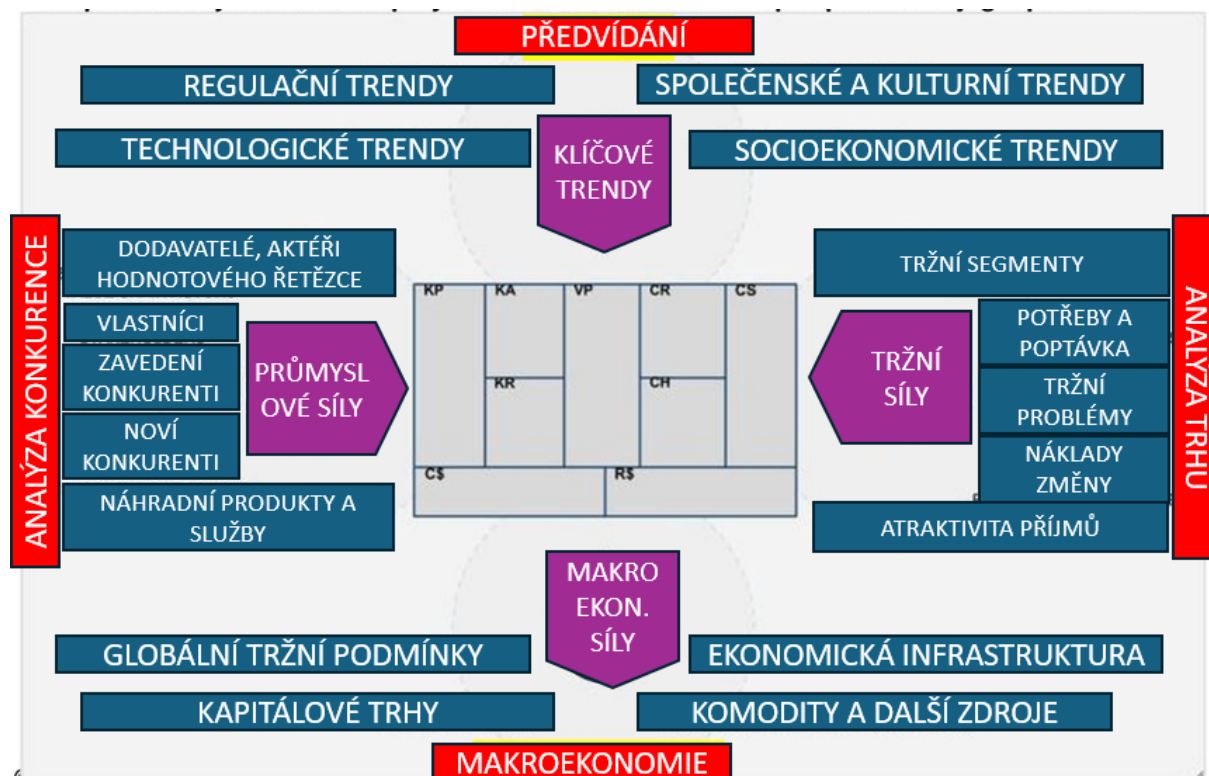
1.2 Vývoj okolí podniku v 21. století

Jak již bylo uvedeno, strategický management vychází z kvalifikované konfrontace dvou prostředí: interního stavu podniku a jeho zdrojů a ze stavu a předpokládaného vývoje podstatných parametrů okolí podniku. Vývoj okolí podniku se v 21. století vyznačuje rychlými změnami, globalizací a dynamickým růstem rozdílů mezi podniky i regiony, explozivním vývojem některých (obvykle klíčových) parametrů podnikání a rychle rostoucí konkurencí, která se často liší je v nepatrných rozdílech konkurenčních parametrů. Navíc stále ještě přetrvávají rozdíly i v přístupech k podnikání a v postojích k jeho základním parametrům, jako jsou udržitelnost, etika podnikání a společenská odpovědnost.

Zároveň dochází k radikální změně i v orientaci podnikání: zatímco dříve byla rozhodující kvalita produkce či služeb a s nimi souvisejících aktivit, dnes je rozhodující individualizace a spektrum nabídky nabízených výstupů, zatímco dříve o konkurenceschopnosti rozhodovala efektivita klasických zdrojů (finance, půda, stroje a zařízení, lidé), dnes jsou rozhodujícími faktory znalosti a informace, dynamicky se vyvíjející produkční a informační a komunikační technologie (digitalizace, umělá inteligence a nástroje business intelligence apod.) i jejich nasazení či používání (nové obchodní modely, sdílení, časově omezené maximální využití těch nejkvalitnějších zdrojů, postupné nasazování autonomních zdrojů apod.). Podniky se tedy musí jak rychle přizpůsobovat novým technologiím, tak i dynamicky se měnícím spotřebitelským preferencím a přístupům, i stále složitějšímu právnímu prostředí (viz obr. 1).

Přitom stále platí, že podniky musí věnovat detailní pozornost dvěma vrstvám svého okolí: jednak oborovému okolí (konkurence, odběratelé, dodavatelé, bariéry apod.), tak i obecnému okolí a jeho tradičním složkám, tj. politickému, ekonomickému, sociálnímu, technickému, ekologickému a legislativnímu okolí. V obou vrstvách podnikového okolí však jde nejen o zjišťování a optimální využívání stávajících prvků okolí, ale zejména o odhad jejich dalšího vývoje. A ačkoliv přibýlo i významné množství institucí, které mohou v této predikci napomoci, podnik musí věnovat stále více času i prostředků jak na analýzy těchto faktorů (viz obr. 1), tak i na adekvátní rozvoj svých vlastních zdrojů tak, aby byly alespoň ve vybraných potřebných parametrech minimálně konkurenceschopné

(lépe ještě schopnější) v porovnání rozhodujícími konkurenty. A zvládnutí těchto aktivit nesmí být potlačováno i stále se rozvíjejícími aktivitami operativního (provozního) managementu.



Obr. 1 – Monitoring faktorů okolí podniku

Zdroj: <https://slideplayer.com/slide/12547997/>

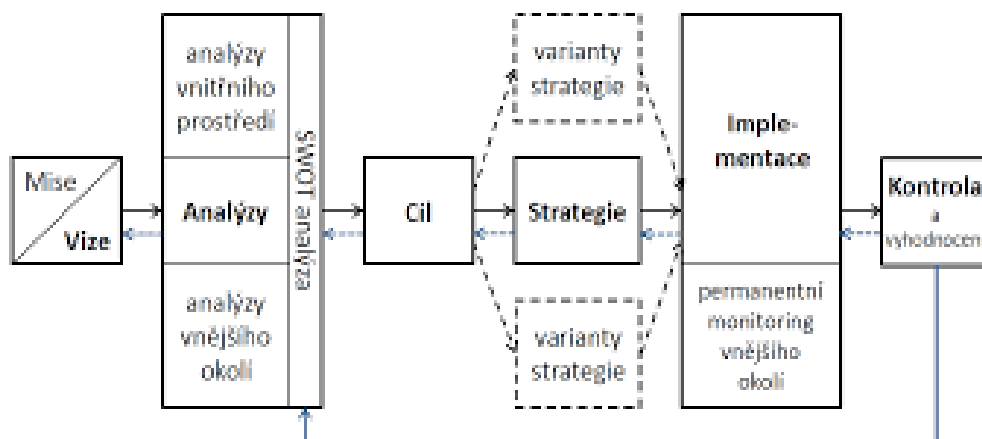
1.3 Procesy strategického managementu

Opakované výzkumy prokázaly, že strategicky efektivně řízené podniky dosahují dlouhodobě efektivnějších výsledků než srovnatelné podniky, které tuto orientaci důsledně nevyznávají. Tyto podniky využívají jak nových nástrojů a metod strategického managementu, tak i dvou jistot, které se ov oblasti strategického managementu nemění:

- Principů strategického myšlení,
- Procesů strategického managementu

Mezi základní principy strategického myšlení patří zejména principy komplexnosti a multidisciplinarity, princip maximální kreativity, princip variantnosti, princip vědomí práce s časem, rizikem a nejistotou, princip kombinování intuitivních a exaktních přístupů, princip koncentrace zdrojů, princip permanentnosti apod.

Zvládnutí všech procesů strategického managementu (viz obr. 2) je stále složitější, a to jak díky dynamickému vývoji okolí podniku, tak i díky stejnému dynamickému vývoji metod a nástrojů strategického managementu. Jedinou jistotou v této oblasti tedy zůstává celkový postup strategického managementu (viz obr. 2) i vazby jeho jednotlivých kroků. Zejména je třeba zdůraznit potřebu konkrétnosti stanovených strategických cílů (a jejich milníků) a variantnost přístupu, kterou podnik obvykle ocení až při výrazných změnách rozhodujících prvků okolí podniku.



Obr. 2 - Procesy strategického managementu

Zdroj: <https://www.mvso.cz/files/strategicky-management-studijni-text.pdf>

1.4 Hybné faktory úspěchu - HOT

Jak už bylo naznačeno, úspěchy podniku a jeho konkurenceschopnost je závislá na stále rostoucím počtu vybraných faktorů. Stávající vývoj však jednoznačně prokazuje, že rozhodujícími a hybnými faktory jsou faktory, které např. Filip Dřímalka [3] označuje jako HOT – H(umans) – O rganizations) – T(echnologies). Toto označení je jednak bezzbytku pravdivé, jednak má i ještě jeden význam – slovo „hot“ má v angličtině význam „horký, ostrý, kořeněný apod., což symbolicky rovněž odpovídá.

Na prvním místě jsou jednoznačně správně lidé, tj. jak stálí pracovníci podniku, tak i vybraní externí výteční specialisté, které podnik využívá v časově omezeném období na špičkové zvládnutí potřebných odborných činností. Ve vztahu k vlastní zaměstnancům je pak důležité, aby to byli rovněž co nejkvalitnější odborníci v daném oboru, měli však zároveň i co nejširší rozhled o současném světě, byli kreativní a měli (dle C. Newporta [8]) dvě hlavní schopnosti pro dosažení úspěchu v současné ekonomice, jimiž jsou:

- schopnost rychle se učit komplikovanými věcmi,
- schopnost produkovat špičkové výstupy, co se týče kvality i rychlosti.

Získávání takových lidí, ale zejména pak jejich řízený rozvoj je jedním ze základních předpokladů budoucích úspěchů podniku, na nichž se však podílí nejen kvalitní personální práce a vzdělávání v podniku (i mimo něj), ale i působení manažerů jako lídrů a co nejlepší a nejinspirativnější podniková kultura, jejíž vliv je v českých podnicích, bohužel zatím stále nedoceňován.

Pojem „organizations“ (organizace, podniky, firmy) rovněž skrývá celou řádku aspektů, zdaleka nejde jen o organizaci útvarů či procesů nebo projektů, ale o celkové nastavení organizace v dnešních podmínkách. Čili jde zejména o systém vnitřní (ale i vnější) komunikace, o spolupráci a týmové řešení úkolů, o sdílení (a to nejen informací), ale i o motivaci a vhodné soutěžení, o schopnosti a kreativitu ve všech směrech, o schopnosti přechodu na agilní formu managementu, využívání nástrojů znalostního managementu (vč. vlastního know-how), efektivního hospodaření s vlastními zdroji, řízený rozvoj podniku atd.

Pojem „technologie“ pak zahrnuje jak produkční technologie, jejich využívání a obměnu a rozvoj (a to je bez strategického přístupu k managementu nemyslitelné!), ale i o informační a komunikační technologie, jejichž podíl na výstupech podniku bude neustále růst. Potřeba efektivního zvládnutí a podpory procesů jak produkčních, tak i řídicích a zejména znalostních bude jednou z hlavních starostí managementu 21. století.

1.5 Nové nástroje strategického managementu v 21. století

S tím souvisí i téma nástrojů strategického managementu, které jsou rovněž objektem dynamického rozvoje. Tyto nástroje doplňují a rozšiřují možnosti klasických nástrojů strategického managementu, jako jsou metody strategického myšlení, SWOT analýza (i její dílčí složky – PESTEL-analýza, Porterův model 5 sil, analýza interních zdrojů), analýzy pozice produktů na trhu (BCG, GE, SPACE, IFE, EFE apod.), benchmarking, brainstormingy atd.

Mezi nové či moderní nástroje lze zařadit zejména:

- Metody scénářů – tj. tvorby možných alternativních stavů podniku a jeho okolí s cílem návrhu možné přípravy na tyto stavy,
- Metody predikce a monitoringu rizik a reakcí na ně – vč. vytváření systémů včasného varování,
- Design thinking – tj. metody předvídání a chápání potřeb zákazníků a navrhování inovativních řešení těchto potřeb,
- Metody forecastu – tj. predikce budoucího vývoje interních, ale zejména externích faktorů,
- Foresight – mj. systematické zkoumání a předvídání budoucích trendů a možností,
- Vybrané nástroje e-businessu a digitálního marketingu,
- Metody využívání technologických, ekonomických a sociálních trendů apod.

1.6 Rychlost – základní atribut úspěchu podniku

Rychlost reakce na podstatné změny (zejména v okolí podniku) je jedním z klíčových předpokladů konkurenceschopnosti podniku. Na ni pak navazuje schopnost inovace prakticky ve všech oblastech i schopnost reagovat v rekordně krátkém čase jak na změny uvnitř podniku, tak i v poptávce zákazníků či řídicích a veřejných institucí. Podnik musí každodenně zvažovat možnosti změn prakticky ve všech oblastech. Ale jejich realizace musí být sice rychlá, ale zároveň i dobře zvážena.

2 Strategické rozhodování v 21. století

2.1 Strategické rozhodování – osa budoucích úspěchů

Strategické rozhodování je klíčovou aktivitou strategického managementu. Vyznačuje se (zejména vzhledem k dynamice vývoje okolí a obtížnosti jeho přesnější predikce) zvyšující se náročností, a to při současném růstu požadavků na jeho rychlost. Strategické rozhodování se tedy nemůže kvalitněji rozvíjet, pokud si neosvojí nové metody a nástroje. O jeho nových potřebách svědčí i tabulka, kterou vytvořil Rien Kamman [5] – viz Tab. 1:

Krok	Úkon	Popis	20. století	21. století
Stanovení cíle		<i>Čeho chci dosáhnout?</i>	• „Chci si koupit nový dům?“	• „Chci koupit dům, který si mohu dovolit, který je blízko práce a který si udrží svou hodnotu,“
Budování Inteligentní entity	Získávání dat	<i>Která data potřebuji?</i>	• Seznam domů, který má můj makléř • Můj hypoteční limit	• Seznam všech domů na prodej • Podrobné informace k domu • Historie vývoje cen • Různé nabídky hypoték
	Modelování dat	<i>Jak mám propojit data?</i>	• Propojit požadované ceny s hypotečním limitem	• Vytvoření jedné databáze se všemi relevantními informacemi o všech domech

				• Výpočet nových proměnných (např. prům. velikost místnosti, cena/metr čtvereční“)
	Analýza Dat	<i>Které analýzy jsou potřeba?</i>	• Vytvoření seznamu domů, které jsou uvedeny pod mým hypotečním limitem	• Které domy se blíží mému ideálu? • Které vybavení nejvíce ovlivňuje cenu? • Které domy se zdají být podhodnocené? • Stabilita ceny v jednotlivých čtvrtích
	Rozhodování	<i>Jak se mám rozhodnout?</i>	• „Prohlédnu si 10 domů, které se mně líbí, a vyberu nejlepší“	• „Kompletní přehled, který mi říká, které domy jsou nejzajímavější k prohlídce a kolik bych měl nabídnout.“
Provozování entity		<i>Jak mohu zlepšit rozhodování?</i>	• „Během prohlídek si mohu rozmyslet, které domy si mám prohlédnout.“	• „Možná zjistím, že bych v městě neměl žít (tj. přeformulování cíle)“ • „Během sledování budu zpětně propojovat nově objevené preference s algoritmy, abych zlepšil svůj seznam sledovaných videí.“ (tj. strojové učení)

Tab. 1 Rozhodování v 21. století – By Rien Kamman

Zdroj: <https://www.linkedin.com/pulse/how-ai-change-way-we-make-decisions-21st-century-rien-rien-kamman>

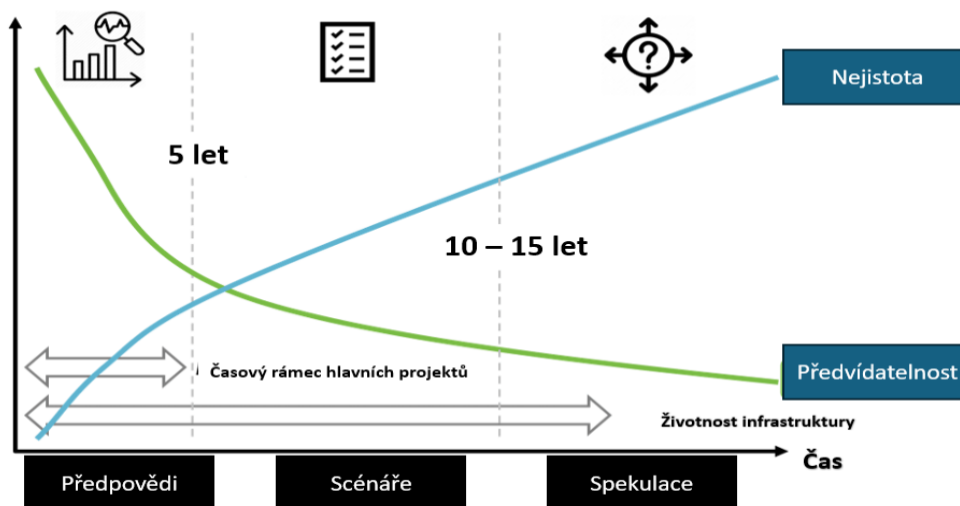
Rozhodování v podmínkách 21. století má tyto podstatné znaky:

- Jde o rozhodování integrované, jehož výsledek ovlivní rozhodujícím způsobem další existenci a rozvoj podniku,
- Jde o rozhodování komplexní, protože zahrnuje stále rostoucí počet podstatných faktorů, z nichž u výrazné části či dokonce u většiny je nesmírně obtížná jejich predikce a jejich vývoj může obvykle ovlivnit více subjektů,
- Jde o rozhodování za rizika, s ním je nutno při rozhodování počítat, a jeho součástí může být i nastavení hranic akceptovatelného rizika,
- Jde o rozhodování za nejistoty či dokonce za neurčitosti, kde stávající metody poskytují jen nevelkou podporu,
- Jde o subjektivní rozhodování, při němž je nutné vhodným způsobem promítnout i dosavadní zkušenosti a méně či více uplatnit i vlastní intuici.

Za existence těchto charakteristik pak dosud neexistují dostatečně spolehlivé metody a nástroje, které by toto rozhodování alespoň z části objektivizovaly. Navíc je už výběr metod pro toho rozhodování poměrně subjektivní záležitostí. Navíc se ukazuje, že nevyzpytatelný vývoj okolí, bohužel, přináší i nové komplikace, a to mj. rozhodování za hluboké nejistoty, která představuje složitější a komplikovanější budoucí stavy.

2.2 Schopnost predikce budoucího vývoje

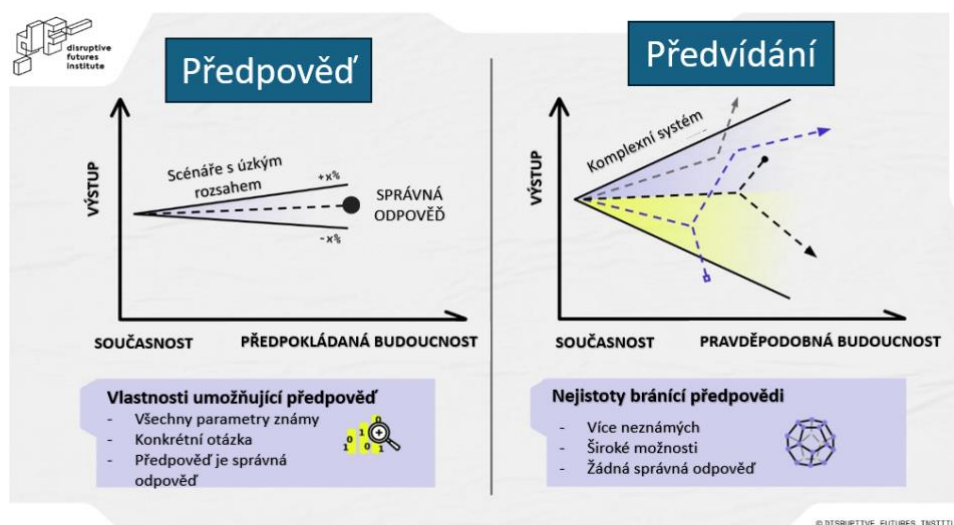
Výraznou pomoc při výše popsaném strategickém rozhodování představuje schopnost (alespoň částečně) predikce vybraných podstatných faktorů tohoto rozhodování. Podstatné faktory predikce budoucího vývoje znázorňuje obr. 3:



Obr. 3 - Predikce budoucího vývoje

Zdroj: <https://transportgeography.org/contents/conclusion/future-transportation-systems/prediction-future-outcomes/>

Základním problémem predikce budoucího stavu je existence disruptivních technologií, tj. technologií, jejichž uplatnění překonává a radikálně vytlačuje stávající užívané technologie. Vznik těchto technologií je sice stále častější, ale přesto velice obtížně predikovatelný. Ukazuje se však, že predikce sama osobě nemusí stačit a že bude nutné stále častěji využívat spíše – i díky růstu hluboké nejistoty - obecnější metodu, již je předvídání (foresight) – viz obr. 4.



Obr. 4 – Rozdíly mezi predikcí a předvídáním

Zdroj: <https://www.weforum.org/stories/2024/05/prediction-foresight-planning-future-disruption/>

Základním rozdílem mezi predikcí a předvídáním je v tom, že zatímco predikce se zaměřuje obvykle na kvantitativní odhady budoucích hodnot a využívá k tomu nástroje, jako jsou statistické modely, odhady krátkodobých a střednědobých horizontů apod., pak foresight se obvykle zabývá širší představou budoucnosti, a to za využití nástrojů jako jsou scénáře, odhady dlouhodobých horizontů, identifikace rizik a příležitostí apod. V praxi se obě metody obvykle vzájemně doplňují, ale z hlediska strategického rozhodování nabývá stále většího významu foresight, a ti nejen v oblasti technologií.

2.3 Nové metody a nástroje strategického rozhodování v 21. století

K podpoře a využití uvedených nových prognostických přístupů, ale zejména k rozšíření a zkvalitnění jednotlivých procesů strategického managementu bude nutné zvládnout i nové, dynamicky se rozvíjející metody a nástroje strategického rozhodování.

Mezi tyto nové metody strategického rozhodování lze zařadit zejména:

- Strategické myšlení řízené umělou inteligencí
- Rozšířené rozhodování, tj. kombinace lidského rozhodování s nástroji UI,
- Strategické rozhodování s využitím různých nástrojů a forem umělé inteligence (participativní, prediktivní, preskriptivní, polo-úzká apod.),
- Strategické řízení založené na datech (data-driven strategy, data mining)
- Participativní strategické plánování,
- Agilní strategické plánování,
- Strategický management s využitím principů design thinking, tj. řešení problémů a inovací s pochopením potřeb uživatelů apod.

S využitím těchto nových metod strategického rozhodování je nutně spojeno i používání nových nástrojů rozhodování, a to opět dominantně z oblasti umělé inteligence a business intelligence, jako jsou např.:

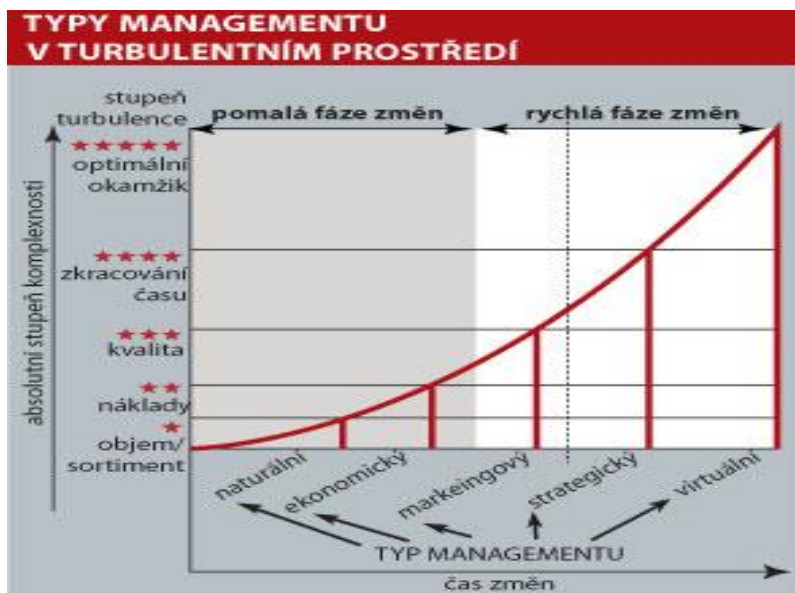
- Metody fuzzy logiky, genetické algoritmy
- Nástroje teorie chaosu,
- Neuronové a bayesovské sítě,
- Nástroje swarm intelligence (inteligence roje),
- Modely DAO (decentralizované autonomní organizace),
- My CEO (Boss) is an Algorithm,
- Metody rozhodování za hluboké nejistoty,
- Nové metody scénářů,
- Nová strategie modrého oceánu apod.

Zvládnutí těchto metod (společně s využíváním metod „klasických“, jako jsou metody operačního výzkumu, simulace, heuristické metody, brainstorming, delfská metoda apod.) bude nesporně náročnou aktivitou, ale je nezbytně nutné, pokud chceme udržet strategický management a strategické rozhodování na potřebné úrovni.

2.4 Rychlost, ale uvážlivost

Zvládnutí těchto metod je důležité i proto, že - jak už bylo řečeno – zvyšuje se potřeba rychlého strategického rozhodování, přičemž čas přípravy těchto rozhodnutí se výrazně zkracuje. Takže se strategické rozhodování dostává do téměř smrtícího paradoxu: na jedné straně bude jistě užitečné, aby nalezení konečné podoby budoucnosti podniku řešilo paralelně několik týmů a jejich výstupy byly v konečné fázi konfrontovány, na straně druhé nezmizí významný podíl, subjektivity tohoto rozhodnutí, což je v přímém rozporu s naznačenou cestou hledání řešení.

I velké podniky, velice dobře vybavené jak personálně, tak i moderními informačními technologiemi a jejich nástroji, mají už v dnešních podmínkách (a to jsme stále spíše v pomalé fázi změn – viz obr. 5), občas problém s přijetím konečného rozhodnutí, který někdy řeší tím, že po určitou dobu připouštějí více variant možného řešení (což jim může jejich kapitálová vybavenost umožňovat), a teprve později se rozhodují pro konečnou strategickou variantu. Malé a střední podniky obvykle tuto možnost nemají, o to uvážlivěji musí v této záležitosti postupovat.



Obr. 5 – Management v turbulentním prostředí

Zdroj: <https://www.silmahsg.cz/stanislav-hauser-publikovane-clanky/strategie-dlouhodobě-úspěšnosti/>

3 Realizace strategie v 21. století

3.1 Nové přístupy k realizaci strategie v 21. století

I realizace nové strategie v podmínkách 21. století přináší nové problémy, neboť se musí vyrovnat s celosvětově se promítanými dynamickými změnami, a to jak v oblasti moderní produkčních technologií (digitalizace!) i řídicích technologií (AI, BI, knowledge management), tak zejména měnící se společenské potřeby (nové obchodní modely, individualizace produkce apod.).

Na jedné straně musí sledovat a realizovat přijatou podnikovou strategii, na straně druhé pokusit se pružně a flexibilně reagovat na momentální stav trhu a jeho zákazníků. Se zvládnutím tohoto úkolu může pomoci použití nástrojů Balanced Scorecard, které zatím nejsou dostatečně využívány, a to jak pro jejich nedostatečnou znalost, tak i poměrnou náročnost tohoto nástroje, i když přináší poměrně spolehlivé výsledky.

Nejdůležitějšími kroky strategické implementace, které je nutno bezpečně zvládnout, jsou otázky řízeného rozvoje hybných faktorů úspěchu, růst úkolů a významu strategického controllingu a s tím související růst významu hodnotící fáze implementace.

3.2 Řízený rozvoj hybných faktorů úspěchu

Hybné faktory úspěchu podniku by měly být (při použití metody Balanced Scorecard) jednoznačně definovány a zakresleny ve strategické mapě, které znázorňuje rozhodující faktory přijaté strategie.

Obecně jsou rozhodujícími podmínkami úspěchu podniku zejména:

- úspěšný a funkční strategický management podniku,
- definování a vytvoření konkurenčních výhod podniku,
- znalost potřeb a přání zákazníky a schopnost na ně reagovat,
- kvalitní a dostatečné zdroje podniku a schopnost jejich rozvoje,
- schopnost kreativní inovace produkce podniku,
- motivující podniková kultura apod.

Jak už bylo dříve uvedeno, rozhodujícími složkami permanentní úspěšnosti podniku jsou 3 základní faktory, v úvodu označené jako – HOT, tj. lidé, organizace (či chcete-li systém řízení) a plánovitě nasazování a využívání nejmodernějších technologií, přičemž stále větší význam má kvalita prvního uvedeného faktoru – lidí, a to jak produktivních specialistů na zásadní problémy produkce, tak členů zejména top-managementu podniku.

3.3 Růst významu strategického controllingu

Strategický controlling nabývá - při růstu dynamiky okolí podniku i neustále se zvyšující rizikovosti podnikání – stále na větším významu, přičemž musí zvládnout zejména 3 podstatné funkce:

- Kontrolovat, zda realizace podnikové strategie probíhá v souladu s přijatými dokumenty,
- Testovat v pravidelných intervalech, zda přijatá a realizovaná strategie, představuje – zejména v porovnání s konkurencí – skutečně progresivní vývoj,
- Nastavit účinný systém včasného varování, který vyše své signály v okamžiku, kdy buď selhává realizace dané strategie (ať už je selhávání vyvoláváno jakýmkoliv faktorem), nebo když v daném oboru dochází k možným disruptivním změnám, jejichž nezachycení by znamenalo ztrátu významného postavení podniku.

Zároveň však tento controlling nesmí podléhat a reagovat na vznik momentální dílčích nahodilých odchylek či nečekaných marginálních událostí, aby nevyvolal pochybnosti o platnosti a kvalitě realizované strategie. Významným nástrojem, který napomáhá ne právě jednoduchému rozhodování v této oblasti, je zejména funkční a neustále se rozvíjející podnikový systém managementu rizik.

3.4 Růst významu hodnotící fáze strategického managementu

Na významu nabývá i hodnotící fáze strategického managementu, která vychází zejména z výstupů podnikového strategického controllingu, ale zároveň reflektuje i další impulsy. Hlavními úkoly této fáze, která se opakuje v pravidelných, strategií obvykle stanovených intervalech, jsou zejména:

- Kontrola realizace přijaté strategie, zda-li probíhá v souladu s plány její realizace,
- Nalezení a analýza příčin zjištěných odchylek, jejich posouzení a případný návrh jejich eliminace či dalšího využití,
- Posouzení a vyhodnocení úspěšnosti využívání podnikových zdrojů (vč. zdrojů znalostních),
- Posouzení hodnoty přínosu realizované strategie pro podnik,
- Registrace významných odchylek v okolí podniku, pokud souvisejí s realizací přijaté strategie,
- Posouzení úspěšnosti managementu realizace přijaté strategie,
- Kontrola využívání a případně návrh nových motivačních nástrojů, souvisejících s realizací strategie a reakcí podniku na případné odchylky apod.

S uvedenými úkoly souvisí i potřeba deskripce probíhající realizace strategie i zvládnutí nových nároků na monitoring a vizualizaci dosahovaných výsledků. Kvalitní zvládnutí uvedených i dalších souvisejících aktivit není však v žádném případě nahrazovat nebo suplovat předepsané aktivity členů managementu podniku.

Závěr

Příspěvek se zabývá pozicí strategického managementu a strategického rozhodování v podmínkách 21. století. Potvrzuje na jedné straně potřebu a nezbytnost existence kvalitního strategického managementu v následujícím období, všímá si růstu důležitosti některých jeho částí (strategické analýzy, strategické rozhodování, hodnotící fáze apod.), ale zároveň upozorňuje i na nutnost využívání a zvládnutí i nových moderních nástrojů v těchto procesech, jejichž užití se stane nezbytnou podmínkou řízeného zvládnutí těchto stále složitějších procesů, a to v podmínkách růstu rizik, nejistoty a neurčitosti vývoje podstatného okolí podniku, a to při zvyšující se rychlosti i závažnosti změn jeho rozhodujících faktorů.

Prameny:

1. ACEMOGLU, Daren, JOHNSON, Simon. *MOC A POKROK. Tisíciletý boj o technologii a prosperitu*. Praha: Argo/Dokořán, 2024, 450 s., ISBN 978-80-257-4409-3 (Argo), ISBN 978-80-7675-196-5 (Dokořán),
2. DOSTÁL, Petr, RAIS, Karel, SOJKA, Zdeněk. *Pokročilé metody manažerského rozhodování*. Praha: Grada Publishing, 2005, 166 s., ISBN 80-247-1338-1,
3. DŘÍMALKÁ, Filip. *HOT. JAK USPĚT V DIGITÁLNÍM SVĚTĚ*. Praha: Jan Melvil publishing, 2020. 384 s. ISBN 978-80-11-03715-4,
4. FOTR, Jiří, SOUČEK, Ivan. *Scénáře pro strategické rozhodování a řízení. Jak se efektivně vyrovnat a budoucími hrozbami a příležitostmi*. Praha: Grada Publishing, 2020, 235 s., ISBN 978-80-271-2020-8,
5. KAMMAN, Rien. *Decision making in the 21st century*. 7. 6. 2016, přístupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/how-ai-change-way-we-make-decisions-21st-century-rien-rien-kamman>,
6. NAVRÁTILOVÁ, D.: *STRATEGICKÝ MANAGEMENT*. Olomouc: Moravská vysoká škola, 2018,
7. NENADÁL, Jaroslav, VYKYDAL, David, HALFAROVÁ, Petra. *BENCHMARKING. MÝTY A SKUTEČNOST. Model efektivního učení se a zlepšování*. Praha: Management Press, 2011, 265 s., ISBN 978-80-7261-224-6,
8. NEWPORT, Cal: *HLUBOKÁ PRÁCE. Pravidla pro soustředěný úspěch v roztěkaném světě*. Praha: Jan Melvil Publishing, 2016, 240 s., ISBN 978-80-7555-008-8,
9. SPITZ, Roger. *The Future of Strategic Decision-making*. Journal of Futures Study, 26. 7. 2020, přístupné z: <https://jfsdigital.org/2020/07/26/the-future-of-strategic-decision-making/>,
10. ŠTĚDROŇ, Bohumír, PALÍŠKOVÁ, Marcela, SOUČEK, Zdeněk, DVOŘÁK, Antonín, TILINGER, Pavel a kol.: *Prognostika*. Praha: C. H. Beck, 2019, 236 s., ISBN 978-80-7400-746-0,
11. URBANCOVÁ, Hana, VRABCOVÁ, Pavla. *Strategický management lidských zdrojů. Moderní trendy v HR*. Praha: Grada Publishing, 2023, 292 s., ISBN 978-80-271-3675-9,

MODEL PREDIKCE ODHADŮ VÝROBNÍCH PARAMETRŮ, COSTDRIVERŮ A NÁKLADŮ S VYUŽITÍM SUPERVISED TECHNIK STROJOVÉHO UČENÍ

PREDICTIVE ESTIMATION MODEL OF MANUFACTURE PARAMETERS & COSTDRIVERS USING SUPERVISED TECHNIQUES OF MACHINE LEARNING

Michal Matějka, Vojtěch Hlinák

Abstrakt

*Příspěvek ukazuje, že transparentní **supervised Machine Learning (ML)** lze účelně nasadit pro rychlý a obhajitelný odhad nákladů v malých a středních podnicích (MSP). z podnikového Enterprise Resource Planning (ERP) systému (export do Excelu) provádíme korelační screening costdriverů a porovnáváme lineární i nelineární modely pod jednotnou validací po zakázkách. Výsledky potvrzují, že pro většinu cílů stačí interpretovatelná **lineární baseline**, zatímco vybrané veličiny (např. prodejní cena) těží z kapacitnějších nelineárních přístupů. Řešení je snadno nasaditelné v běžných nástrojích, auditovatelné a podporuje „what-if“ scénáře; navrhujeme i rozšíření o **multi-output** pro vyšší konzistenci odhadů.*

Klíčová slova: Strojové učení, více výstupů, regrese, hnací síly výrobních nákladů, odhad nákladů

Abstract

*We demonstrate that transparent **supervised ML** can deliver fast, defensible cost estimation in small and medium enterprises (SMEs). Using ERP history exported to Excel, we screen cost drivers via correlations and benchmark linear and nonlinear models under consistent job-grouped validation. An interpretable **linear baseline** suffices for most targets, while selected ones (e.g., sales price) benefit from higher-capacity nonlinear methods. The approach is deployable in everyday tools, auditable, supports “what-if” analyses, and we outline a **multi-output** extension to improve cross-target consistency.*

Keywords: Machine Learning, Multi-output, Regression, Manufacturing Costdrivers, Cost-Estimation

Úvod

V dnešním rychle se vyvíjejícím výrobním prostředí je nákladová konkurenceschopnost jedním z rozhodujících faktorů úspěchu, zejména pro MSP. Tyto organizace pracují s omezenými zdroji a zároveň se snaží plnit stále dynamičtější a přizpůsobenější požadavky zákazníků. Jedním z nejnáročnějších a časově nejnáročnějších kroků v tomto procesu je přesný odhad nákladů, zejména v raných fázích vývoje výrobku, kdy jsou k dispozici pouze dílčí informace.

V praxi typický proces začíná, když zákazník zašle poptávku nebo požadavek na výrobek. To spustí sled kroků: vyhodnocení proveditelnosti, příprava předběžného návrhu, odhad nákladů a vypracování cenové nabídky před potvrzením objednávky a zahájením plánování výroby. v mnoha malých a středních podnicích se odhad nákladů stále provádí ručně, často na základě tabulek a odborného posouzení zkušených pracovníků. Tento přístup sice může fungovat u opakujících se výrobků, ale je náchylný k subjektivitě, nekonzistentním výsledkům a obtížím při sdílení znalostí v rámci organizace. Kromě toho je tento proces často časově náročný a chybí mu flexibilita pro škálování nebo přizpůsobení rychle se měnícím podmínkám na trhu [1][2][3][4][5].

Přesný odhad nákladů je nezbytný pro udržení ziskovosti a konkurenceschopnosti. Podcenění nákladů může mít za následek snížení nebo dokonce záporné ziskové marže, zatímco jejich nadhodnocení může odradit potenciální zákazníky. Prediktivní modelování nabízí způsob, jak tento problém řešit. s využitím strojového učení (ML) mohou společnosti nahradit statické výpočty založené na předpokladech dynamickými modely, které se učí přímo z historických dat. Algoritmy ML jsou schopny identifikovat složité a nelineární vztahy mezi atributy výrobku, parametry procesu a náklady - i když tyto vztahy nejsou inženýrům explicitně známy [1][6][7]. Díky tomu jsou obzvláště cenné v raných fázích návrhu, kdy ještě nemusí být k dispozici podrobné specifikace.

Výzkumy ukazují, že pro predikci nákladů lze použít jak řízené, tak hybridní ML přístupy. v různých odvětvích dosáhly algoritmy, jako jsou stroje s podpůrnými vektory (SVM), umělé neuronové sítě (ANN), regrese Gaussovým procesem (GPR), rozhodovací stromy (DT), k-nejbližší sousedé (KNN) a ansámblové modely (např. Adaboost/DT), vyšší přesnosti než tradiční regresní techniky [1][2][8][9]. Například v odvětví výroby elektrických transformátorů se ukázalo, že GPR předpovídá člověkohodiny - hlavní faktor ovlivňující náklady - přesněji než expertní odhady nebo alternativní ML metody [2]. Ve stavbě lodí a při montáži v leteckém průmyslu překonává odhad člověkohodin založený na ML vícenásobnou regresi a expertní odhad [3][4][10]. Dokonce i v softwarovém inženýrství, kde je tento koncept znám jako "odhad úsilí", překonávají ANN a SVM ostatní přístupy [11].

Kromě predikce pracovních hodin byly metody ML použity k předpovědi spotřeby materiálu, spotřeby energie, nákladů na nákup a úplné struktury nákladů. v oblasti řízení dodavatelského řetězce byly inteligentní ML systémy, jako jsou ANN, Least Squares Support Vector Machine (LS-SVM) a vícerozměrné adaptivní regresní splajny (MARS), použity pro odhad nákladů na nákup a pro interpretaci vlivu nákladových faktorů [6]. v aditivní výrobě mohou ML využívat data 3D modelu a procesní instrukce (např. G-kód) k odhadu nákladů na základě geometrie, typu materiálu a parametrů procesu [12] [13]. Podobné koncepty byly rozšířeny na výrobu letadel [8] a rámce pro odhadování nákladů hybridní výroby [5], jakož i na infrastrukturní projekty, jako je výstavba metra a lehkých železnic [9].

Pokročilé techniky ML se objevují také ve specifických oblastech. Například v aditivní výrobě s drátěným obloukem byly vyvinuty přístupy metaučení kombinující více základních učících se (RF, SVR, XGB, KNN) s hřebenovou regresí pro odhad nákladů a optimalizaci [14] [15]. Techniky hlubokého učení, včetně 3D konvolučních neuronových sítí (CNN), byly použity pro rozpoznávání prvků a predikci nákladů v procesech obrábění [7]. Ve stavebnictví se metody umělé inteligence integrují s parametrickým modelováním pro odhad nákladů v rané fázi [16].

Přestože ML nabízí značný příslib, zůstává několik výzev. Pro přesnost modelu je rozhodující kvalita a množství dostupných trénovacích dat a nekonzistentní nebo neúplné soubory dat mohou snížit spolehlivost predikce [1][13]. Mnoho malých a středních podniků nemá k dispozici strukturovaná historická data, což vyžaduje zavedení systematických procesů sběru dat a metod extrakce příznaků (např. z CAD nebo procesního kódu) předtím, než bude možné efektivně aplikovat ML modely. Interpretovatelnost je dalším klíčovým hlediskem; zatímco modely černé skříňky, jako jsou hluboké ANN, mohou nabízet vysokou přesnost, pro manažerské rozhodování mohou být vhodnější interpretovatelnější modely, jako je MARS nebo LS-SVM [5][6].

Cílem této studie je navrhnout prediktivní nástroj pro odhad úplných vlastních nákladů a cenových objednávek s využitím přístupu tenzorové regrese rozšířeného o techniky strojového učení, implementovaného ve známém a dostupném prostředí aplikace Microsoft Excel. Díky integraci historických údajů o výrobě a nákladech bude tento nástroj schopen předpovídat počet hodin práce, spotřebu materiálu a energie a zároveň překlenout propast mezi teoretickými odhady a skutečným výkonem. To umožní malým a středním podnikům přejít od subjektivních, manuálních metod odhadů ke škálovatelnému rozhodování založenému na datech, což v konečném důsledku zvýší provozní efektivitu i strategickou konkurenceschopnost v éře Průmyslu 4.0.

1 Metodika – Supervised Machine Learning

Cíl této studie je jednoznačně **prediktivní**: z konstrukčních a technologických vstupů (costdriverů) chceme **kvantitativně odhadnout** parametry jako materiálové náklady, pracovní hodiny a prodejní cenu. v podnikové praxi (a zvláště v MSP) máme k dispozici **historické, označované záznamy** – ke každé položce/zakázce existují známé hodnoty Y (skutečnost). To přesně odpovídá paradigmatu **supervised ML**, které se učí mapování $X \rightarrow Y$ z příkladů a umožňuje transparentně **měřit výkon** (R^2 , MAE, SMAPE) a řídit kvalitu modelu pomocí k-fold validace. Supervised ML tak přináší tři klíčové výhody pro naše zadání:

Přímá optimalizace na podnikových cílech. Optimalizujeme chybu predikce nad přesně těmi veličinami, které podnik potřebuje (čas, náklad, cena).

Auditovatelnost a „governance“. Lineární a penalizované modely dávají čitelné koeficienty a lze je provozovat i v Excelu; složitější modely (stromy/ensemblové metody) doplníme o vysvětlivače (permutation importance, SHAP). v MSP je tato **srozumitelnost** zásadní pro přijetí řešení.

Škálovatelnost ke složitějším strukturám dat. Pokud výstupy spolu souvisejí (multi-output) nebo pokud jsou data vícerozměrná (položka $\times$ operace $\times$ středisko $\times$ čas), supervised rámec plynule rozšíříme na **multi-output** a **tenzorovou** regresi – přístupy doporučené pro průmyslová a procesní data, kdy tradiční „rozplácnutí“ do tabulky ztrácí informaci a vede k suboptimálním modelům.

Volba supervised ML je tedy **datově i organizačně přirozená**: využije dostupné „labelované“ firemní historie, drží se měřitelných metrik, umožňuje řízení modelu ve standardních IT nástrojích (Excel/Python/Power BI) a současně nechává otevřená vrátka k pokročilejším strukturám (multi-output, tensor) pro zvýšení přesnosti a robustnosti v dalších fázích výzkumu i nasazení. Toto směřování je v souladu s teoretickým rámcem disertační studie i s praxí moderního modelování výrobních procesů.

1.1 Zvolená rodina modelů a jejich role v článku

V kapitole 1 postupujeme **od jednoduchého k komplexnímu**, aby bylo zřejmé, co přináší, která třída algoritmů a jaké kompromisy volíme v MSP:

- **Lineární a vícenásobná regrese (OLS)** – baseline pro rychlé naceňování a auditovatelné koeficienty; jasné předpoklady, velmi nízké náklady na provoz.
- **Penalizovaná regrese (Ridge)** – robustní proti multikolinearitě costdriverů; stabilnější koeficienty a lepší generalizace při malé/střední velikosti vzorku (typické pro MSP).
- **Support Vector Regression (SVR)** – řízená nelinearita přes kernel; silná volba na středně velkých datech, pokud lineární vztah nestačí.
- **Stromové metody (CART)** – interpretovatelné segmentace; vhodné pro zjištění hrubých nelinearit a interakcí.

- **Random Forest (RF)** – „průměr přes stromy“ s nízkým rizikem přeučení; dobrý nelineární baseline bez agresivního ladění.
- **Gradient Boosting / XGBoost** – additivní učení stromů s druhým řádem (grad/hes); typicky nejvyšší přesnost na heterogenních datech za cenu pečlivého ladění a přísného řízení overfittingu.

Tyto modelové rodiny pokrývají celé spektrum kompromisů (**přesnost ↔ interpretovatelnost ↔ provozní náročnost**). v článku je nejprve srovnáme na **stejně validační proceduře** a společných metrikách; následně doplníme **multi-output** pohled (když více výstupů Y sdílí informaci) a v diskuzi vytyčíme situace, kdy má smysl přejít na **tensorovou regresi** pro vícerozměrná procesní data.

1.2 Lineární přístup k predikci/odhadům

Lineární rodina modelů představuje **základní, transparentní a provozně nenáročný** způsob, jak z costdriverů (X) odhadovat cílové veličiny (Y). Vychází z předpokladu (lokálně) lineárního vztahu a minimalizace chyby mezi skutečností a odhadem. Díky **čitelnosti koeficientů** (vliv každé proměnné na výstup) je tento přístup ideální jako **baseline** pro MSP i jako auditovatelný „referenční bod“ pro složitější nelineární modely.

1.2.1 Vícenásobná lineární regrese

Lineární regrese předpokládá (lokálně) lineární vztah mezi vstupními proměnnými $x_1, \dots, x_p$ a cílem y . Pro jednu cílovou proměnnou má model tvar:

Predikční funkce:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_p \quad (1)$$

Kritérium (metoda nejmenších čtverců, OLS): minimalizovat součet čtverců reziduí

$$SSE = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2)$$

Maticový zápis: nechejme $X_{(n \times p)}$ matici prediktorů (typicky se sloupcem jedniček pro intercept), $y_{(n \times 1)}$ vektor cíle. Odhad koeficientů:

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T y \quad (3)$$

Multi-output (více cílů najednou): nechť $Y_{(n \times m)}$ je matice cílových proměnných a $B_{(p \times m)}$ matice koeficientů.

$$\hat{Y} = XB; \hat{B} = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (4)$$

Poznámky k praxi (MSP): OLS je velmi rychlá a **interpretovatelná** baseline (koeficient β_p říká, o kolik se změní y při jednotkové změně x_p , ostatní konstantní). Slabiny: citlivost na **multikolinearitu** a outliers; zde pomáhá penalizace (Ridge) a robustní předzpracování.

1.2.2 Penalizační Ridge regrese

Ridge regrese rozšiřuje klasickou metodu nejmenších čtverců (OLS) o penalizaci velikosti koeficientů, a tím zvyšuje stabilitu odhadu v situacích s multikolinearitou vstupních proměnných a/nebo menším počtem pozorování. Intuice je jednoduchá: namísto čisté minimalizace chyby model rovnou „trestá“ příliš velké váhy β , aby se zabránilo přeučení a nadměrnému kolísání odhadů mezi jednotlivými výběry dat. Optimalizační úloha pro jednu cílovou proměnnou y vypadá následovně:

Cílem je minimalizovat dopad koeficientů beta pomocí hyperparametru λ a následně:

$$\min \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 + \lambda \sum \beta_p^2 \quad (5)$$

Parametr $\lambda \geq 0$ řídí sílu penalizace: čím je λ větší, tím více jsou koeficienty „smrštěny“ směrem k nule (nižší rozptyl odhadu, ale vyšší zkreslení). v maticovém zápisu má uzavřené řešení tvar:

$$\hat{\beta} = (X^T X + \lambda I)^{-1} X^T y \quad (6)$$

V praxi se intercept (β_0) obvykle nepenalizuje a numerické vstupy se standardizují (např. na z-skóry), aby byl efekt penalizace mezi proměnnými srovnatelný. Pro případ více cílových proměnných Y (multi-output) se řešení přirozeně zobecní:

$$\hat{B}_{ridge} = (X^T X + \lambda I)^{-1} X^T Y, \quad (7)$$

kde B_{ridge} je matice koeficientů pro jednotlivé výstupy.

Důležitou praktickou výhodou ridge regrese je, že i při silné kolinearitě (např. plocha, hmotnosti podle materiálu, počty příbuzných operací) zůstávají koeficienty stabilní a interpretovatelné. Ladění λ se provádí obvykle k-fold validací na jednotném řezu dat; při rozumném nastavení λ ridge často překoná čistou OLS na validační sadě (lepší generalizace) a přitom zůstává snadno auditovatelná v nástrojích, jako je Excel. To z ní dělá vhodnou produkční baseline v prostředí MSP, kde je požadavek na transparentnost modelu stejně důležitý jako jeho predikční výkon.

1.2.3 Support Vector Regression

Support Vector Regression (SVR) představuje marginový přístup k regresi, který je robustní vůči šumu a outlierům a zároveň umožňuje řízeně zavést nelinearitu pomocí jádra (kernelu). Základní myšlenka spočívá ve vyhledání co „nejrovnější“ funkce, která pro většinu vzorků leží uvnitř pásma tolerance $\pm \varepsilon$ kolem skutečných hodnot; porušení tolerance je penalizováno. Primal formulace (stručně) má tvar:

Minimalizovat:

$$\min \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^n (\xi_i + \xi_i^*) \quad (8)$$

za podmíněk:

$$\begin{aligned} y_i - (w^T \phi(x_i) + b) &\leq \varepsilon + \xi_i \\ (w^T \phi(x_i) + b) - y_i &\leq \varepsilon + \xi_i^* \\ \xi_i, \xi_i^* &\geq 0 \end{aligned}$$

Zde $\phi(\cdot)$ značí (potenciálně nelineární) zobrazení do feature-prostoru, $C > 0$ váží penalizaci porušení tolerance a ε je šířka „trubky“ bez penalizace. Po přechodu do duálního tvaru a použití jádrového triku $K(x, z) = \phi(x)^T \phi(z)$; $K(x, z) = \phi(x)^T \phi(z)$; $K(x, z) = \phi(x)^T \phi(z)$ dostaneme predikční funkci:

$$\hat{y}(x) = \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \alpha_i^*) K(x_i, x) + b \quad (9)$$

$$K_{lin}(x, z) = x^T z \quad K_{RBF}(x, z) = e^{-\gamma \|x - z\|^2} \quad K_{poly}(x, z) = (x^T z + c)^d$$

Koeficienty s nenulovou hodnotou ($\alpha_i - \alpha_i^*$) odpovídají tzv. support vectors, které „nesou“ výsledný model. Volba jádra rozhoduje o tom, jak bohatá nelinearita může být zachycena: lineární jádro ($K(x, z) = x^T z$) poskytuje robustnější verzi lineárního modelu s marginem; RBF (Gaussovské) jádro ($K(x, z) = e^{-\gamma \|x - z\|^2}$) zachytí obecné zakřivení, ale vyžaduje pečlivé ladění parametru γ a společně s C a ε i přísnou validaci, aby se předešlo přeučení. v praxi je nezbytné standardizovat numerické vstupy, ladit (C , ε , γ) grid-search postupem na k-fold validačním řezu a sledovat počet support vectors (příliš vysoký počet zpravidla indikuje slabou generalizaci).

Z hlediska interpretovatelnosti je SVR méně „koeficientově průhledné“ než ridge; pro lineární jádro však poskytuje podobnou směrovou informaci a bývá odolnější vůči odlehlostem. Pro RBF jádro je třeba akceptovat nižší transparentci výměnou za schopnost zachytit nelineární vztahy a interakce bez ručního feature engineeringu. v kontextu MSP je rozumným postupem začít lineárním SVR jako robustnější alternativou k ridge pro části problému citlivé na šum a až poté zvažovat RBF SVR na podproblémy, kde validace jasně prokáže přínos nelinearity oproti ridge či stromovým ensemblem.

1.3 Nelineární přístup k predikci/odhadům

Nelineární metody rozšiřují lineární baseline o schopnost modelovat ohyby, interakce a lokální chování dat bez nutnosti explicitně přidávat ručně konstruované členy. v této práci používáme tři osvědčené přístupy: **CART** (stromy), **Random Forests** (souhrnný stromů) a **Gradient Boosting/XGBoost** (additivní učení slabých stromů). Každý z nich nabízí jiný kompromis mezi přesností, interpretovatelností a provozní náročností.

1.3.1 Klasifikační a regresní stromy

Regresní stromy aproximují neznámou funkci po částech: prostor vstupů dělí na obdélníkové regiony jednoduchými „if-then“ pravidly a v každém regionu dávají **konstantní odhad** (průměr cíle v listu). v každém uzlu vybírá CART proměnnou x_j a práh t , které **nejvíce zlepší čistotu** (sníží chybu) po rozdělení na levou a pravou větev. **Impurita (regrese) v uzlu S:**

$$MSE(S) = \frac{1}{n_S} \sum_{i \in S} (y_i - \bar{y}_S)^2 \quad (10)$$

kde $\bar{y}_S$ je průměr cíle v uzlu a n_S jeho velikost. **Zisk rozdělením s na S_L a S_R (split L – „left“, R – „right“):**

$$\Delta = MSE(S) - \frac{n_L}{n_S} MSE(S_L) - \frac{n_R}{n_S} MSE(S_R) \quad (11)$$

Vybereme (L,R) s maximálním Δ . **Predikce v listu:**

$$\hat{y}_{list} = \frac{1}{|L|} \sum_{i \in L} y_i \quad (12)$$

Aby strom **nepřeučil**, používá se omezení hloubky nebo minimální velikosti listu

$$\min SSE(T) + \alpha \cdot |T| \quad (13)$$

kde $|T|$ je počet listů a $\alpha \geq 0$ postihuje příliš velké stromy.

Prakticky (MSP): CART je velmi čitelný (soubor pravidel), rychle ukáže **hranové efekty** (např. prahy v rozměrech/tloušťkách). Bývá však variabilní (jediný strom kolísá). Hodí se jako průzkumný nástroj a základ pro ensemblem

1.3.2 Klasifikační a regresní lesy

Random Forest (RF) stabilizuje stromy pomocí **baggingu** a **náhodné volby podmnožiny vstupů** v každém splitu. Trénujeme mnoho nezávislých stromů na bootstrapovaných vzorcích; predikce je průměr přes stromy. **Predikce RF:**

$$\hat{y}(x) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T h_t(x) \quad (14)$$

kde h_t je predikce t-tého stromu a T počet stromů. RF má nízkou varianci (průměrování) a dobrý výkon „z krabice“. Odhad chyby lze získat i bez separátní validace pomocí **Out-of-Bag (OOB)** vzorků –

pro každý strom se vyhodnotí data, která v jeho bootstrapu nebyla. Pro interpretaci se používá **permutation importance**: změří se nárůst chyby po náhodném promíchání jedné proměnné.

Hlavní hyperparametry: počet stromů T (vyšší = stabilnější), maximální hloubka, minimální velikost listu, a počet náhodně zvažovaných vstupů ve splitu.

Prakticky (MSP): RF bývá **silný nelineární baseline** bez složitého ladění; na rozdíl od CART je stabilní a slušně generalizuje. Nevýhodou je horší „koeficientová“ interpretace (nahrazuje ji importance a parciální závislosti).

1.3.3 Gradient Boosting Method

Gradient Boosting (GB) buduje model **aditivně**: postupně přidává malé (slabé) stromy, které opravují chyby předchozího součtu. Pro kvadratickou ztrátu se nové stromy přibližně učí na **residua**; moderní varianty (XGBoost) optimalizují obecnou ztrátu druhým řádem (gradienty a Hessiany) a přidávají regularizaci tvaru stromu. **Additivní model**:

$$\widehat{y}_T(x) = \sum_{t=1}^T \eta f_t(x) \quad (15)$$

kde f_t je strom v kroku t a $\eta \in (0,1]$ je **learning rate**.

Hlavní hyperparametry:

learning rate η (menší = více stromů, větší stabilita), počet stromů T , max depth (typicky 3–6), sub sample (řádky), colsample by tree (sloupce), λ , α (L2/L1), γ (penalizace nových listů). **Early-stopping** na validační sadě je v praxi zásadní.

Prakticky (MSP): XGBoost často dosahuje nejvyšší přesnosti na heterogenních datech, ale vyžaduje pečlivé ladění a striktní validaci (jinak hrozí přeučení). Interpretace je zprostředkovaná přes importance a parciální závislosti; pro business komunikaci je vhodné zachovat **lineární/ridge** jako referenci a XGB uvádět jako **výkonnostní nadstavbu**.

2 Dataset

Datová sada pochází od **nejmenovaného průmyslového podniku** s vlastním ERP a byla **exportována do Excelu (XLSX)**, aby šlo postavit **vysoce transparentní** predikční model nákladů a costdriverů přímo v běžném firemním prostředí. Struktura dat odpovídá toku **Zakázka → Položka → Operace**; vstupy tvoří konstrukční a technologické charakteristiky (rozměry, hmotnosti dle materiálu, kompozice a struktura zakázky, typy a pracnost operací), výstupy zahrnují **materiálové náklady, pracovní hodiny, pracnost zakázek na jednotlivých operacích a prodejní cenu**. řed modelováním proběhlo **čištění, standardní kontrola kvality a anonymizace** identifikátorů, přičemž sémantika proměnných je ukotvena v datovém slovníku. Navržená datová logika je připravena i pro **budoucí rozšíření mimo Excel** (Python/Azure, Power BI) a pro následné **multi-output/tensorové** přístupy. Celkově se jedná o 26 vstupních parametrů X a o multi-output predikce/odhady 16 parametrů Y .

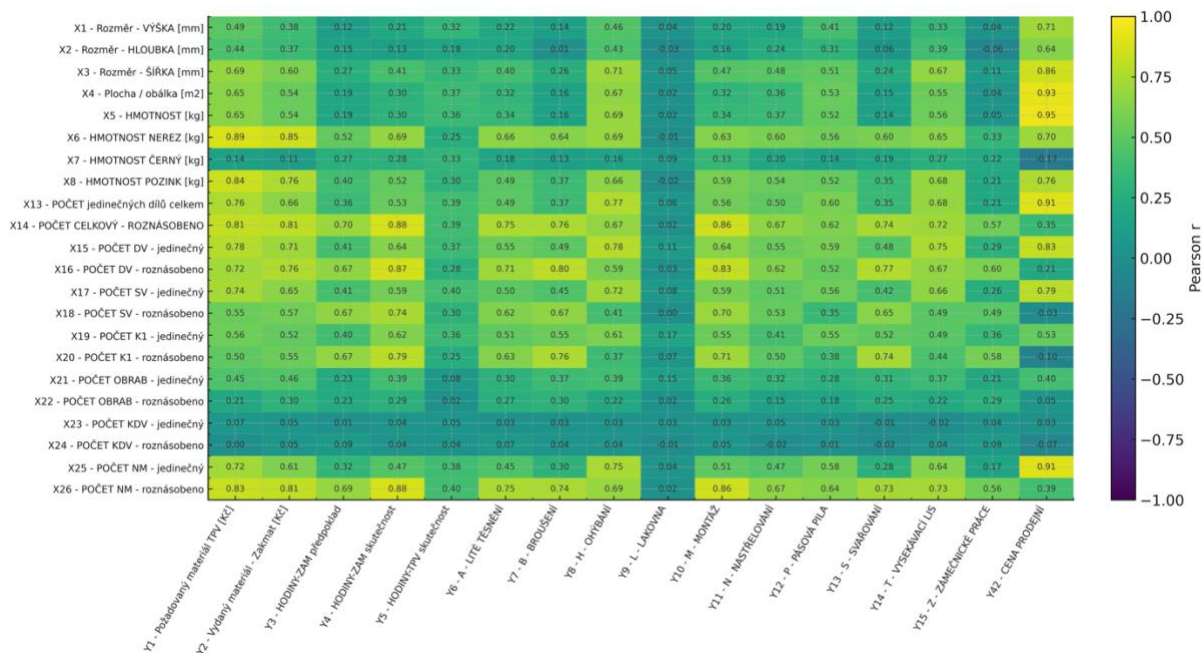
2.1 Korelace

Korelační analýza slouží jako rychlý **screening**: (i) hledáme vstupy X s nejsilnějším lineárním signálem k cíli Y (předvýběr prediktorů) a (ii) mapujeme vazby $X-X$ jako indikátor možné **multikolinearity**. Korelace počítáme na **tréninkové části** dat (bez „leaku“ do validace), po základním ošetření **odlehlostí a chybějících hodnot**. Standardizace pro samotnou korelaci není nutná (Pearson je měřítkově invariantní), ale je vhodná pro následné penalizované/kernelové modely. **Pearsonův koeficient (lineární vztah)**

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} + \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (16)$$

Měří **lineární** závislost (-1...+1). Znak udává **směr** (kladný/záporný), velikost $|r|$ sílu vztahu (orientačně: ~0,1 slabá, ~0,3 střední, ≥0,5 výrazná; **závisí na kontextu** a n). $r \approx 0$ **neznamená „žádný vztah“**, může jít o nelinearitu.

Korelace je **screening**, ne důkaz kauzality; slouží k informovanému startu modelování. Následně vztahy ověřujeme a zpřesňujeme v lineárních (Ridge/SVR) i nelineárních modelech (CART/RF/XGBoost).



Obrázek 1 - Korelační matice (Matějka,2025)

2.2 Redundance a Relevance

Redundanci ve vstupech (multikolinearitu) detekujeme kombinací párových korelací **X–X** a ukazatele **VIF** pro každý prediktor X_j . v pomocné regresi $X_j \sim X$ spočteme R_j^2 a poté **Variance Inflation Factor**:

$$VIF_j = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad (17)$$

Hodnoty $VIF > 5$ (příp. >10) či $|r| \geq 0,8$ mezi dvojicemi/slupky proměnných značí nadbytečnost; řešíme ji buď volbou **zástupce** (např. plocha místo rozměrů), sloučením kategorií, anebo ponecháním více proměnných s **Ridge** penalizací (stabilizuje koeficienty bez ztráty informace). Relevanci costdriverů vůči cílům YYY hodnotíme **na tréninkové části** dat (bez leaku) ve třech krocích: (i) **korelace X–Y** (Pearson/Spearman) jako rychlý lineární/monotónní signál, (ii) velikost **standardizovaných Ridge koeficientů** $|\hat{\beta}_j|$ po shrinkage a (iii) **Permutation Importance** na nelineárním baseline (RF/XGB), kde pro proměnnou X_j definujeme:

$$PI_j = \text{Metric}(\text{data}) - \text{Metric}(\text{data s permutovaným } X_j) \quad (18)$$

s metrikou typu R^2 nebo RMSE. Finální „TOP“ drivery volíme jako průnik těchto pohledů se **stabilitou napříč k-foldy** (konzistentní výskyt a znaménko), a následně je ověřujeme doménově (TPV/technolog), aby zůstaly měřitelné, časně dostupné a udržitelné v ERP. Výsledkem je kompaktní, interpretačně čistý

set vstupů bez zbytečné redundance, který se dobře generalizuje a je vhodný pro dlouhodobou správu modelu.

2.3 Evaluace modelů

Cílem je srovnávat modely **na stejných datech a stejných řezech** pomocí jednotných metrik a férové validace. Reportujeme **per-cíl (Y)** i agregovaně (medián přes Y nebo vážený průměr dle business vah).

2.3.1 Koeficient determinace

Výkon modelů hodnotíme na validačních datech pomocí koeficientu determinace:

R² – koeficient determinace vyjadřuje podíl vysvětlené variability:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (19)$$

Na validační sadě může být $R^2 < 0$ (model horší než průměrné $\bar{y}$), proto R^2 vždy doplňujeme o chybové metriky.

2.3.2 Validace a ladění

Pro férové porovnání modelů používáme **k-fold** se **skupinovým dělením po zakázkách** (položky téže zakázky nesmí být současně v tréninku a testu) a **stejně foldy** napříč všemi modely. Veškeré předzpracování (škálování, kódování, imputace) se **fituje pouze na tréninku** a teprve poté aplikuje na validaci/test, aby nedocházelo k **leaku**. Hyperparametry ladíme grid/random search na stejném validačním schématu (např. Ridge: λ ; SVR: C, ϵ [+y u RBF]; CART/RF/XGB: hloubka, počet stromů, subsample/colsample atd.); u boostingových metod používáme **early-stopping**. Reportujeme **medián** metrik přes foldy a **IQR** (robustní variabilita), případně kontrolujeme stabilitu přes různá náhodná semena.

2.3.3 Multi-output a agregace.

Metriky počítáme **pro každý cíl Y_k zvlášť** – to umožní vidět, kde model prospívá či ztrácí. Pro celkový obrázek používáme **agregaci napříč cíli**: nejčastěji **medián** (robustní) nebo **vážený průměr** dle podnikových vah (např. podíl na obratu nebo četnost výskytu). u multi-output modelů navíc sledujeme **konsistenci** (zda sdílené učení nezhoršuje dílčí cíle) a jejich **přínos vůči single-output baseline na těch samých foldech**. v textu tak uvádíme (a) per-target tabulky R^2 /MAE/RMSE a (b) agregované shrnutí, které je srozumitelné pro management a srovnatelné napříč modely i verzemi dat.

3 Výsledky a diskuze

Tabulka X shrnuje srovnání modelů podle koeficientu determinace R^2 na **stejných k-fold řezech po zakázkách**. Pro každou cílovou veličinu (Y1–Y15, Y42) uvádí výsledky **LINREGRESE**, **RIDGE**, **SVM**, **CRT**, **RDF** a **XGB**; **nejlepší hodnota v řádku** je vyznačena ve sloupci **TOP R^2** . Celkově platí, že lineární baseline dominuje u většiny cílů, zatímco u **prodejní ceny (Y42)** dosahuje nejlepšího R^2 model **XGB**.

R^2	LINREGRESE	RIDGE	SVM	CRT	RDF	XGB
Y1	98%	97%	97%	45%	0	67%
Y2	91%	90%	91%	66%	0	41%
Y3	51%	51%	51%	18%	0	20%
Y4	90%	89%	88%	51%	0	74%
Y5	36%	-	-	23%	0	15%
Y6	67%	65%	65%	43%	0	34%
Y7	80%	78%	78%	50%	0	32%
Y8	72%	71%	70%	58%	0	66%
Y9	5%	-	-	0%	0	-4%
Y10	75%	78%	70%	47%	0	53%
Y11	52%	44%	78%	11%	0	-16%
Y12	54%	40%	39%	31%	0	22%
Y13	74%	59%	17%	40%	0	41%
Y14	68%	67%	65%	53%	0	55%
Y15	45%	11%	-3%	21%	0	-53%
Y42	94,6%	14,8%	88,9%	73,3%	0,0%	95,1%

Na většině sledovaných cílů podávají nejlepší výsledky jednoduché lineární modely: vícenásobná regrese (Multi-Lin) dosahuje nejvyššího R^2 u většiny veličin (např. Y1 98 %, Y2 91 %) a penalizovaná Ridge je jí obvykle těsně v závěsu. u prodejní ceny (Y42) se však vyplatí nelineární přístup — gradientní boosting (GBM) zde dosahuje $R^2 \approx 95$ %, zatímco lineární varianty mírně zaostávají (Multi-Lin 94,6 %, SVR 88,9 %, Ridge 14,8 %). u hodin „skutečnost“ (Y4) se držíme kolem 90 % R^2 , zatímco hodinový plán (Y3) má přirozeně slabší signál okolo 50 % R^2 . Na úrovni dílčích operací se R^2 pohybuje přibližně mezi 45–80 %; výjimkou je „Nastřelování“ (Y11), kde nejlépe vychází SVR (≈ 78 %). CART přináší spíše průměrné hodnoty (obvykle 40–60 %) a Random Forest (RDF) v tomto datasetu nepřinesl zlepšení. Nejslabší signál vykazuje „Lakovna“ (Y9, ~ 5 %) a „Hodiny TPV“ (Y5, ~ 36 %), kde bude vhodné doplnit data nebo vylepšit vstupní proměnné. Celkově doporučujeme držet lineární baseline pro většinu cílů, pro cenu přepnout na GBM a u vybraných operací zvážit SVR.

Závěr

Tato práce ukazuje, že **jednoduché a vysvětlitelné lineární modely** poskytují pro převážnou část výrobních a materiálových ukazatelů **dostatečnou přesnost** a výbornou **provozní čitelnost** (ideální pro Excel/Power BI). **Nelineární boosting (GBM)** přináší **jasný přínos u cenotvorby (Y42)** a **SVR** se vyplatí u specifických operací (např. **Y11**). Kombinace „**Ridge jako referenční baseline + cílené nelineární modely** tam, kde validace prokáže zlepšení“ tak přináší **nejlepší poměr přesnost ↔ interpretovatelnost ↔ náročnost**.

Článek řeší praktický problém **rychlého a transparentního odhadu nákladů** v MSP. Na datech z **nejmenovaného podniku** (ERP → export do Excelu) s **26 vstupy (X1–X26)** a **více výstupy (Y1–Y15, Y42)** jsou porovnány řízené metody strojového učení: **vícenásobná lineární regrese (Multi-Lin)**, **Ridge**, **SVR**, **CART**, **Random Forest**, **Gradient Boosting/XGBoost**. Před vlastními modely proběhla **korelační analýza** (Pearson; 2. kvadrant X×Y), **detekce redundance** (X–X + VIF) a **ověření relevance** (korelace, **Ridge koeficienty**, **Permutation importance**). Výkon je hodnocen na **stejných k-fold řezech po zakázkách** metrikami **R²**, **MAE**, **RMSE**. Hlavní výsledek: **lineární baseline** (Multi-Lin/Ridge) pokrývá většinu cílů s **R² ~45–98 %**; u **prodejní ceny (Y42)** dosahuje nejlepšího výsledku **GBM (~95 % R²)**, u **Nastřelování (Y11)** vede **SVR (~78 %)**. „Hodiny – skutečnost“ (**Y4 ≈ 90 % R²**) jsou použitelným základem pro plánování; „Hodiny – plán“ (**Y3 ≈ 51 %**) a **Lakovna (Y9 ≈ 5 %)** vykazují slabší signál a volají po doplnění znaků či dat. Výstupem je **auditovatelný referenční model** v Excelu (Ridge/Multi-Lin) s **cílenou nelineární nadstavbou** (GBM, SVR) tam, kde to validačně dává smysl, plus návrh **multi-output** rozšíření pro lepší konzistenci odhadů.

Z praktického pohledu nasazení **zkracuje kalkulace z hodin na minuty**, umožňuje **what-if scénáře** a dává obchodně-technickým útvarům **obhajitelný argument** („proč model říká právě tuto cenu/čas“). Pro provoz doporučujeme: **(i)** jednotnou validaci po zakázkách a **pravidelný re-trénink** (např. měsíčně nebo po >50 nových zakázkách), **(ii) monitoring driftu** (mix výrobků, změny sazeb/procesů), **(iii)** verzování dat a modelů a **(iv)** udržovaný **datový slovník** costdriverů.

Limitace se týkají zejména **řidších kombinací operací**, **měřicího šumu** u hodin a **omezených znaků** u části procesů (např. **Y9**). Následná práce se proto zaměří na **rozšíření feature-setu** (typové skupiny materiálů, tolerance, pořadí/sekvence operací, dávkování), **multi-output** učení pro lepší konzistenci mezi dílčími a agregovanými cíli a – tam, kde to dává smysl – na **tensorové reprezentace** vícerozměrných dat (položka × operace × středisko × čas). Tímto směrem očekáváme další **snížení chyb** u složitějších cílů a stabilnější chování modelu v čase, při zachování **transparentní Ridge baseline** jako dlouhodobého referenčního standardu.

Reference

1. BODENDORF, Frank a Jörg FRANKE. (2021). a machine learning approach to estimate product costs in the early product design phase: a use case from the automotive industry. In: *Procedia CIRP*, Vol. 100, pp. 643 – 648. Elsevier B. V. Netherlands. ISSN 2212-8271.
2. IŞIK, Kamil a S. Emre ALPTEKIN. (2022). a benchmark comparison of Gaussian process regression, support vector machines, and ANFIS for man-hour prediction in power transformers manufacturing. In: *Procedia Computer Science*, Vol. 207, pp. 2567 – 2577. Elsevier B.. Netherlands. ISSN 1877-0509.
3. BODENDORF, Frank, Philipp MERKL a Jörg FRANKE. (2021). Intelligent cost estimation by machine learning in supply management: a structured literature review. In: *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 160. Elsevier Ltd. United Kingdom. ISSN 0360-8352.
4. LIU, B. a Z. H. JIANG. (2005). The man-hour estimation models & its comparison of interim products assembly for shipbuilding. In: *International Journal of Operations Research*, Vol. 2, No. 1, pp. 9 – 14. Inderscience Enterprises. United Kingdom. ISSN 1745-7645.
5. HUR, Minhoe, Seung-kyung LEE, Bongseok KIM, Sungzoon CHO, Dongha LEE a Daehyung LEE. (2015). a study on the man-hour prediction system for shipbuilding. In: *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 26, No. 6, pp. 1267 – 1279. Springer. Netherlands. ISSN 0956-5515.
6. YU, Tingting a Hongxia CAI. (2015). The Prediction of the Man-Hour in Aircraft Assembly Based on Support Vector Machine Particle Swarm Optimization. In: *Journal of Aerospace Technology and Management*, Vol. 7, No. 1, pp. 19 – 30. Departamento de Ciencia e Tecnologia Aeroespacial. Brazil. ISSN 1984-9648.
7. WEN, Jianfeng, Shixian LI, Zhiyong LIN, Yong HU a Changqin HUANG. (2012). Systematic literature review of machine learning based software development effort estimation models. In: *Information and Software Technology*, Vol. 54, No. 1, pp. 41 – 59. Elsevier. Netherlands. ISSN 0950-5849.
8. QIN, Jian, Fu HU, Ying LIU, Paul WITHERELL, Charlie C. L. WANG, David W. ROSEN, Timothy W. SIMPSON, Yan LU a Qian TANG. (2022). Research and application of machine learning for additive manufacturing. In: *Additive Manufacturing*, Vol. 52. Elsevier. Netherlands. ISSN 2214-8604.
9. CHAN, Siu L., Yanglong LU a Yan WANG. (2018). Data-driven cost estimation for additive manufacturing in cybermanufacturing. In: *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 46, pp. 115 – 126. Elsevier. Netherlands. ISSN 0278-6125.
10. DENG, S. a Tsung-Han YEH. (2011). Using least squares support vector machines for the airframe structures manufacturing cost estimation. In: *International Journal of Production Economics*, Vol. 131, No. 2, pp. 701 – 708. Elsevier. Netherlands. ISSN 0925-5273.
11. SAJADFAR, Narges a Yongsheng MA. (2015). a hybrid cost estimation framework based on feature-oriented data mining approach. In: *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 29, No. 3, pp. 633 – 647. Elsevier. United Kingdom. ISSN 1474-0346.
12. GUNDUZ, Murat, Latif Onur UGUR a Erhan OZTURK. (2011). Parametric cost estimation system for light rail transit and metro trackworks. In: *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, No. 3, pp. 2873 – 2877. Elsevier. United Kingdom. ISSN 0957-4174.
13. HAMRANI, Abderrachid, Arvind AGARWAL, Amine ALLOUHI a Dwayne MCDANIEL. (2024). Applying machine learning to wire arc additive manufacturing: a systematic data-driven literature review.

- In: *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 35, No. 6, pp. 2407 – 2439. Springer. Netherlands. ISSN 0956-5515.
14. NGUYEN, Tran Hong Van, Pei-Min HUANG, Chen-Fu CHIEN a Chung-Kai CHANG. (2023). Digital transformation for cost estimation system via meta-learning and an empirical study in aerospace industry. In: *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 184. Elsevier. United Kingdom. ISSN 0360-8352.
 15. NING, Fangwei, Yan SHI, Maolin CAI, Weiqing XU a Xianzhi ZHANG. (2020). Manufacturing cost estimation based on the machining process and deep-learning method. In: *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 56, pp. 11 – 12. Elsevier. Netherlands. ISSN 0278-6125.
 16. ELMOUSALAMI, Haytham H. (2020). Artificial Intelligence and Parametric Construction Cost Estimate Modeling: State-of-the-Art Review. In: *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 146, No. 1. American Society of Civil Engineers. United States. ISSN 0733-9364.

VIZUÁLNÍ SMOG A VENKOVNÍ REKLAMA: VNÍMÁNÍ A SPOTŘEBITELSKÉ CHOVÁNÍ V ČESKÉ REPUBLICE A FRANCII U VYSOKOŠKOLSKÝCH STUDENTŮ

VISUAL SMOG AND OUTDOOR ADVERTISING: PERCEPTION AND CONSUMER BEHAVIOR IN THE CZECH REPUBLIC AND FRANCE AMONG UNIVERSITY STUDENTS

Ing. Adéla Šnajdrová

Abstrakt

Studie zkoumá vztah mezi venkovní reklamou a spotřebitelským chováním vysokoškolských studentů v České republice ($n = 270$) a Francii ($n = 166$), se zvláštním důrazem na fenomén vizuálního smogu. Na základě kvantitativního šetření ($N = 436$) byla testována souvislost mezi formáty venkovní reklamy, nákupním chováním a vnímáním přesycení měst vizuálními podněty. Analýza chí-kvadrát ukázala, že samotný formát reklamy nákupní chování neovlivňuje, avšak respondenti, kteří reklamu více registrují, na jejím základě častěji nakupují. Studenti zároveň považují vizuální smog za problém, především z hlediska autenticity měst a hodnot značek. Výsledky odhalují kulturní rozdíly mezi českými a francouzskými studenty a naznačují nutnost odpovědnějších vizuálních strategií podniků. Tyto poznatky mají význam nejen pro marketingovou komunikaci, ale i pro řízení průmyslových podniků, které čelí tlaku na udržitelnost, efektivní využívání zdrojů a respektování kulturního a urbanistického kontextu.

Klíčová slova: vizuální smog, venkovní reklama, spotřebitelské chování, mezikulturní studie, vysokoškolští studenti

Abstract

The study examines the relationship between outdoor advertising and consumer behavior among university students in the Czech Republic ($n = 270$) and France ($n = 166$), with a particular focus on the phenomenon of visual smog. Based on a quantitative survey ($N = 436$), the research tested the links between outdoor advertising formats, purchasing behavior, and the perception of visual saturation in urban areas. Chi-square analysis showed that the advertising format itself does not significantly influence consumer behavior; however, respondents who pay more attention to advertising are more likely to make purchases based on it. Students also perceive visual smog as a problem, particularly in terms of city authenticity and brand values. The results reveal cultural differences between Czech and French students and indicate the need for more responsible visual strategies by companies. These findings are relevant not only to marketing communication but also to the management of industrial enterprises, which face increasing pressure on sustainability, efficient resource use, and respect for cultural and urban contexts.

Key words: visual smog, outdoor advertising, consumer behavior, cross-cultural study, university students

Úvod

Venkovní reklama představuje jednu z nejstarších forem marketingové komunikace, která je dodnes hojně využívána. Současně se však stává předmětem kritiky z důvodu své nadměrné koncentrace v městském prostředí. Tento jev bývá označován jako vizuální smog – nadbytek vizuálních podnětů, který

narušuje estetiku a snižuje kvalitu veřejného prostoru. Zatímco v některých zemích se problematika řeší prostřednictvím přísné regulace, jinde je regulace roztříštěná a ponechává značnou volnost zadavatelům reklamy. Výzkum vizuálního smogu je tak důležitý nejen z pohledu marketingu, ale také urbanismu, veřejné politiky a udržitelnosti. Tato studie se zaměřuje na mladé lidi – vysokoškolské studenty v České republice a ve Francii – kteří představují specifickou cílovou skupinu citlivou na otázky autenticity, udržitelnosti a komercializace veřejného prostoru.

1 Cíl

Cílem studie je analyzovat vnímání venkovní reklamy a vizuálního smogu mezi vysokoškolskými studenty v České republice a ve Francii a posoudit jejich vliv na spotřebitelské chování. Byly formulovány následující výzkumné otázky (RQ):

- RQ1: Jaké jsou největší problémy vizuálního smogu dle studentů?
- RQ2: Souvisí nejvíce sledovaný formát venkovní reklamy s nakupováním na základě venkovní reklamy?
- RQ3: Má pocit přesycenosti města venkovními reklamami vliv na nakupování od firem, které venkovní reklamu využívají?
- RQ4: Má pocit, že venkovní reklama manipuluje lidmi, vliv na nakupování od firem, které venkovní reklamu využívají?
- RQ5: Nakupují lidé, kteří si nevšímají venkovní reklamy častěji na základě venkovní reklamy?

2 Východiska

Koncept vizuálního smogu (vizuálního znečištění) se v posledním desetiletí stal významným tématem v urbanistických, marketingových i environmentálních studiích. Označuje nadměrné zahlcení veřejného prostoru vizuálními podněty, zejména reklamou, které narušují estetiku měst a snižují jejich čitelnost i identitu. Již Arnheim (1974; 2004) zdůraznil význam vizuální percepce a Klein (2000) upozornila na komercializaci veřejného prostoru jako hrozbu pro autenticitu měst. V marketingové komunikaci autoři Belch a Belch (2015) či Tellis (2004) ukazují, že účinnost venkovní reklamy závisí na formátu, lokalitě a pozornosti příjemce. Mladší generace jsou přitom vůči reklamním sdělením často znecitlivělé, ačkoli některé formáty stále působí (Popovic, 2006).

V českém prostředí se téma vizuálního smogu promítá do odborných studií, samoregulace i veřejných politik. Rada pro reklamu, založená v roce 1994, prostřednictvím Etického kodexu dohlíží na zákonitost a slušnost reklamy (Vysekalová & Mikeš, 2018; Rada pro reklamu, 2022). Legislativní rámec tvoří především zákon č. 40/1995 Sb., o regulaci reklamy, doplněný stavební a silniční legislativou (Neusar, 2012; Ministerstvo dopravy, 2017). K dalším klíčovým dokumentům patří Politika architektury a stavební kultury ČR (Ministerstvo pro místní rozvoj, 2022) a municipální manuály, např. z Brna, Českých Budějovic či Jihlavy (Kancelář architekta města Brna, 2017; Statutární město České Budějovice, 2020; Statutární město Jihlava, 2025). Z empirických studií lze uvést práce Oulehlové (2019) a Dvořáka (2020), kteří analyzovali vnímání vizuálního smogu, či Šnajdrovou (2023), která se zaměřila na koncentraci billboardů v Brně. Výzkum Centra dopravního výzkumu (2016) zároveň potvrdil bezpečnostní rizika reklamních zařízení podél silnic.

Ve Francii má regulace venkovní reklamy delší tradici, vycházející ze zákona Code de l'environnement a místních plánů RLP/RLPi. Poslední aktualizace Guide pratique – réglementation de la publicité extérieure (Ministère de la Transition Écologique, 2025) zpřísnila pravidla pro digitální

a světelnou reklamu. Významné jsou také metodické materiály CEREMA (2018) a každoroční audity ARPP & ADEME (2024), hodnotící ekologické aspekty reklamy. Symbolickým milníkem se stalo Grenoble, první evropské město bez billboardů (Mahdawi, 2015), následované diskusemi v Paříži a Lille, kde se veřejnost postavila proti nadměrné reklamě (Chrisafis, 2019). Na environmentální dopady světelné reklamy upozornily také organizace DarkSkyLab (2017) a La Fabrique Écologique (2023).

Z mezinárodního hlediska poskytuje přehled Šnajdrová (2024), která analyzovala různé přístupy k regulaci vizuálního smogu ve světových městech. Dále Borowiak (2015) označil billboardy za zásadní zdroj vizuálního znečištění. Novější studie Borowiak et al. (2024), která srovnala expertní a veřejné hodnocení vizuálního smogu ve městě Gniezno. Kulturní dimenze hrají rovněž významnou roli – podle Hofstede (2001) se tolerance k reklamní přítomnosti liší podle národních hodnot a kulturních vzorců, přičemž v západní Evropě je odpor k invazivním reklamním formátům výraznější než ve střední Evropě.

Současná literatura a odborné články tak dokládají rostoucí význam vizuálního smogu jako společenského a komunikačního problému. Česká i francouzská zkušenost ukazují, že venkovní reklama nemůže být nahlížena pouze jako nástroj marketingu, ale také jako faktor ovlivňující kvalitu života, estetiku měst a udržitelnost veřejného prostoru.

3 Metodologie

Celkem se účastnilo 436 respondentů, z toho 270 studentů v ČR a 166 studentů ve Francii. Jednalo se o studenty bakalářských a magisterských studijních programů vysokých škol. Struktura dle pohlaví je uvedena v tabulce 1.

Tab. 1: **Pohlaví respondentů** (Vlastní zpracování, 2025).

	ČR	Francie	Celkem
Jiné / Other	3	1	4
Muž / Man	131	72	203
Žena / Woman	136	93	229
Celkem	270	166	436

Výzkum měl kvantitativní podobu (online dotazník). Dotazník obsahoval položky zaměřené na pozornost věnovanou venkovní reklamě, vnímání vizuálního smogu a vliv na nákupní chování. Sběr dat probíhal v měsících březen - květen a listopad – prosinec 2024. Pro vyhodnocení výsledků sběru dat byly využity binomické testy a pro testování souvislostí byl použit chí-kvadrát test nezávislosti. Výsledky jsou analyzovány jak pro souhrnný vzorek, tak pro jednotlivé země.

Studie se zaměřila na Českou republiku a Francii, které byly vybrány jako kontrastní příklady v rámci evropského kontextu. Česká republika představuje menší stát střední Evropy (přibližně 10,7 milionu obyvatel), kde se problematika vizuálního smogu dostává do popředí zejména v posledních letech prostřednictvím municipálních manuálů a dílčích regulací. Francie naopak patří k velkým západoevropským zemím (přibližně 68 milionů obyvatel) a má dlouhou tradici regulace venkovní reklamy zakotvenou v právním rámci (Code de l'environnement). Tento kontrast mezi menší zemí s nově se rozvíjející regulací a velkou zemí s dlouhodobě etablovanými pravidly umožňuje srovnání odlišných kulturních, historických a legislativních přístupů k venkovní reklamě a vizuálnímu smogu. Zároveň obě země sdílejí společný evropský rámec, což umožňuje porovnávat postoje mladé generace v různých typech institucionálního a kulturního prostředí.

4 Výsledky

V této části jsou prezentovány výsledky kvantitativní analýzy. Tabulky 2–6 postupně ukazují vztahy mezi formáty venkovní reklamy, vnímáním vizuálního smogu a nákupním chováním a podávají odpovědi na výzkumné otázky RQ1 – RQ5.

Tabulka 2 ukazuje odpověď na výzkumnou otázku RQ1 na základě binomického testu ($\chi^2 = 13,387$; $p = 0,959$).

Tab. 2: **Problémy vizuálního smogu** (Vlastní zpracování, 2025).

	ČR	Francie	Celkem
Deformuje hodnoty	91 (33, %)	40 (24,1 %)	131 (30,0%)
Ovlivňuje zdraví	13 (4,8 %)	27 (16,3 %)	40 (9,2%)
Ovlivňuje pozornost řidičů	52 (19,3 %)	39 (23,5 %)	91 (20,9%)
Parazituje na vlastnictví	15 (5,6 %)	25 (15,1 %)	40 (9,2%)
Snižuje osobitost místa	99 (36,7 %)	35 (21,1 %)	134 (30,7%)
Celkem	270 (100 %)	166 (100 %)	436 (100 %)

Z tabulky 2 vyplývá, že 30 % studentů vyjádřilo jako problém vizuálního smogu deformování hodnot a 30,7 % studentů vyjádřilo jako problém vizuálního smogu snižování/ničení osobitosti místa. Nejméně často vidí studenti jako problém vizuálního smogu vliv na podmínky k životu a zdraví osob a parazitování na veřejném vlastnictví za účelem obohacení jedné osoby. Dle výsledků binomických testů se prokázalo, že více jak čtvrtina studentů vnímá jako problém vizuálního smogu deformování hodnot a snižování/ničení osobitosti místa ($p < 0,05$). Dle výsledků binomických testů provedených na souboru studentů v ČR se prokázalo, že více jak čtvrtina studentů vnímá jako problém vizuálního smogu deformování hodnot ($p = 0,001$) a snižování/ničení osobitosti místa ($p < 0,001$). Dle výsledků binomických testů provedených na souboru studentů z Francie se neprokázalo, že více jak čtvrtina studentů vnímá jako problém vizuálního smogu deformování hodnot ($p = 0,429$) a snižování/ničení osobitosti místa ($p = 0,141$).

Tabulka 3 ukazuje odpověď na výzkumnou otázku RQ2 na základě Pearsonova chí-kvadrát testu nezávislosti ($\chi^2 = 22,066$; $p = 0,575$). Respondenti mohli označovat více odpovědí současně.

Tab. 3: Vztah nejvíce sledovaného formátu reklamy a nákupů na základě venkovní reklamy (Vlastní zpracování, 2025).

Když vyrazím ven (do města), všímám si nejvíce reklamních formátů venkovní reklamy...	Nakupuji na základě venkovní reklamy					Celkem
	Určitě ano	Spíše ano	Nevím	Určitě ano	Spíše ano	
Reklamní plachty	30,8%	11,6%	18,4%	30,8%	11,6%	18,4%
Billboardy	15,4%	14,5%	15,1%	15,4%	14,5%	15,1%
Výlohy	7,7%	13,0%	13,8%	7,7%	13,0%	13,8%
Dynamická reklama	23,1%	21,7%	12,5%	23,1%	21,7%	12,5%
Reklama na dopravě	0,0%	14,5%	14,5%	0,0%	14,5%	14,5%
Firemní loga	7,7%	10,1%	11,2%	7,7%	10,1%	11,2%
Reklama na zastávkách	15,4%	14,5%	14,5%	15,4%	14,5%	14,5%
Celkem	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Ti, co určitě nakupují na základě reklamy, si venku nejvíce všímají reklamních plachet na budovách, plotech (30,8 %). Ti, co odpověděli, že spíše nakupují na základě reklamy, si venku nejvíce všímají dynamické reklamy (21,7 %). Ti, co určitě nebo spíše nenakupují na základě reklamy, si venku nejvíce všímají reklamy na autobusech, dopravních prostředcích (cca 19 %). Celkově jsou nejčastěji sledovány reklamy na autobusech, dopravních prostředcích (17,9 %) a reklamní plachty na budovách, plotech (17,3 %). Rozdíly ve skupinách dle nakupování na základě venkovní reklamy nejsou veliké. Na základě Pearsonova chí-kvadrát testu nezávislosti se neprokázal statisticky významný rozdíl v nejvíce sledovaném formátu reklamy u skupin, které nakupují či nenakupují na základě venkovní reklamy ($p > 0,05$). Při provedení Pearsonova chí-kvadrát testu pouze u studentů z ČR se statisticky významné rozdíly také nepotvrdily ($\chi^2 = 14,185$; $p = 0,942$). Stejně tak se neprokázaly statisticky významné rozdíly ani u studentů z Francie ($\chi^2 = 19,669$; $p = 0,715$).

Tabulka 4 ukazuje odpověď na výzkumnou otázku RQ3 na základě Pearsonova chí-kvadrát testu nezávislosti ($\chi^2 = 38,941$; $p = 0,001$).

Tab. 4: **Vztah přesycenosti města vizuálními podněty a nakupování od firem, které využívají venkovní reklamu** (Vlastní zpracování, 2025).

Centrum města je přesyceno venkovními vizuálními podněty.	Od firmy, která využívá venkovní reklamu, se snažím nenakupovat.					Celkem
	Určitě ano	Spíše ano	Nevím	Určitě ano	Spíše ano	
Určitě ano	27,3%	19,0%	14,6%	11,1%	7,5%	12,6%
Spíše ano	18,2%	50,0%	38,7%	36,6%	30,1%	36,7%
Nevím	9,1%	19,0%	23,4%	27,5%	32,3%	25,9%
Spíše ne	27,3%	11,9%	22,6%	24,2%	24,7%	22,7%
Určitě ne	18,2%	0,0%	0,7%	0,7%	5,4%	2,1%
Celkem	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Velká část respondentů volila jako odpověď na obě otázky variantu nevím. Ti, co nenakupují od firem, které využívají venkovní reklamu, mají pocit, že je centrum města určitě přesyceno venkovními reklamami ve 27,3 % případů. Ti, co spíše nenakupují od firem, které využívají venkovní reklamu, mají pocit, že je centrum města spíše přesyceno venkovními reklamami ve 50 % případů. Asi třetina studentů, kteří spíše nebo určitě nakupují od firem, které využívají venkovní reklamu mají pocit, že je centrum města spíše přesyceno venkovními reklamami. Na základě Pearsonova chí-kvadrát testu nezávislosti se prokázal statisticky významný rozdíl v podílu studentů s určitým pocitem přesycenosti města reklamami dle toho, zda nakupují od firmy využívající venkovní reklamu ($p < 0,05$). Ti, co spíše nenakupují od firem využívající venkovní reklamu, významně častěji pociťují, že je město spíše přesyceno venkovními vizuálními podněty než ti, co nakupují od firem využívající venkovní reklamu.

Na základě Pearsonova chí-kvadrát testu nezávislosti ($\chi^2=40,433$; $p=0,001$) se prokázal statisticky významný rozdíl v podílu studentů z ČR s určitým pocitem přesycenosti města reklamami dle toho, zda nakupují od firmy využívající venkovní reklamu ($p < 0,05$). Ti, co spíše nenakupují od firem využívající venkovní reklamu, významně častěji pociťují, že je město spíše přesyceno venkovními vizuálními podněty než ti, co nakupují od firem využívající venkovní reklamu.

Na základě Pearsonova chí-kvadrát testu nezávislosti ($\chi^2=30,914$; $p=0,014$) se prokázal statisticky významný rozdíl v podílu studentů z Francie s určitým pocitem přesycenosti města reklamami dle toho, zda nakupují od firmy využívající venkovní reklamu ($p < 0,05$). Ti, co určitě nenakupují od firem využívající venkovní reklamu, významně častěji pociťují, že je město určitě přesyceno venkovními vizuálními podněty než ti, co nakupují od firem využívající venkovní reklamu. Ti, co určitě nakupují od firem využívající venkovní reklamu, významně častěji pociťují, že město spíše není přesyceno venkovními vizuálními podněty než ti, co nenakupují od firem využívající venkovní reklamu.

Tabulka 5 ukazuje odpověď na výzkumnou otázku RQ4 na základě Pearsonova chí-kvadrát testu nezávislosti ($\chi^2=26,867$; $p=0,043$).

Tab. 5: **Vztah názoru na manipulování reklamou a nakupování od firem, které využívají venkovní reklamu** (Vlastní zpracování, 2025).

Venkovní reklama manipuluje lidmi.	Od firmy, která využívá venkovní reklamu se snažím nenakupovat.					Celkem
	Určitě ano	Spíše ano	Nevím	Určitě ano	Spíše ano	
Určitě ano	50,0%	23,8%	23,4%	12,5%	20,4%	19,6%
Spíše ano	20,0%	52,4%	48,2%	50,0%	40,9%	47,0%
Nevím	20,0%	14,3%	14,6%	21,1%	14,0%	16,8%
Spíše ne	0,0%	9,5%	11,7%	14,5%	18,3%	13,6%
Určitě ne	10,0%	0,0%	2,2%	2,0%	6,5%	10,0%
Celkem	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Ti, co určitě nenakupují od firem, které využívají venkovní reklamu, mají pocit, že reklama určitě manipuluje lidmi v 50 % případů. Ti, co spíše nenakupují od firem, které využívají venkovní reklamu, mají pocit, že venkovní reklama manipuluje lidmi v 52,4 % případů. Veliký podíl studentů, kteří spíše nebo určitě nakupují od firem, které využívají venkovní reklamu mají ale také pocit, že venkovní reklama manipuluje lidmi. Na základě Pearsonova chí-kvadrát testu nezávislosti se prokázal statisticky významný rozdíl v podílu studentů s určitým pocitem manipulování lidí venkovní reklamou dle toho, zda nakupují od firmy využívající venkovní reklamu ($p < 0,05$). Ti, co určitě nebo spíše nakupují od firem využívající venkovní reklamu, významně méně často pociťují, že reklama určitě manipuluje lidmi než ti, co určitě nenakupují od firem využívající venkovní reklamu.

U studentů v ČR se na základě Pearsonova chí-kvadrát testu nezávislosti ($\chi^2=4,246$; $p=0,998$) neprokázal statisticky významný rozdíl v podílu studentů s určitým pocitem manipulování lidí venkovní reklamou dle toho, zda nakupují od firmy využívající venkovní reklamu ($p > 0,05$).

Na základě Pearsonova chí-kvadrát testu nezávislosti ($\chi^2=41,805$; $p=0,003$) se u studentů ve Francii prokázal statisticky významný rozdíl v podílu studentů s určitým pocitem manipulování lidí venkovní reklamou dle toho, zda nakupují od firmy využívající venkovní reklamu ($p < 0,05$). Ti, co určitě nebo spíše nakupují od firem využívající venkovní reklamu, významně méně často pociťují, že reklama určitě manipuluje lidmi než ti, co určitě nenakupují od firem využívající venkovní reklamu.

Tabulka 6 ukazuje odpověď na výzkumnou otázku RQ6 na základě Pearsonova chí-kvadrát testu nezávislosti ($\chi^2=37,152$; $p=0,002$).

Tab. 6: **Vztah všímání si venkovní reklamy a nákupu na základě venkovní reklamy** (Vlastní zpracování, 2025).

Nakupuji na základě venkovní reklamy.	Venkovní reklamy si nevšímám.					Celkem
	Souhlasím	Spíše souhlasím	Nevím	Spíše nesouhlasím	Nesouhlasím	
Určitě ano	0,0%	0,0%	2,4%	1,6%	1,6%	1,2%
Spíše ano	0,0%	2,6%	14,6%	6,8%	6,3%	6,0%
Nevím	19,0%	8,5%	26,8%	11,1%	18,8%	13,4%
Spíše ne	19,0%	39,3%	29,3%	41,6%	48,4%	39,7%
Určitě ne	61,9%	49,6%	26,8%	38,9%	25,0%	39,7%
Celkem	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Většina respondentů, kteří si venkovní reklamy nevšímají vůbec, nenakupují na základě reklamy v necelých 62 % případů. Ti, co spíše nesouhlasí s tím, že si venkovní reklamy nevšímají, určitě na základě reklamy nenakupují v necelých 20 % případů. Ti, co nesouhlasí s tím, že si venkovní reklamy nevšímají nakupují na základě reklamy ve 48,5 % případů (Určitě ano, spíše ano). Významné rozdíly v nakupování na základě reklamy ve skupinách dle všímaní si venkovní reklamy ověříme statistickým testem. Na základě Pearsonova chí-kvadrát testu nezávislosti se prokázal statisticky významný rozdíl v podílu studentů nakupujících na základě reklamy dle toho, zda si všímají venkovní reklamy ($p < 0,05$). Ti, co si venkovní reklamy spíše nevšímají, nenakupují na základě reklamy významně častěji než lidé, kteří si venkovní reklamy všímají.

Na základě Pearsonova chí-kvadrát testu nezávislosti ($\chi^2 = 33,100$; $p = 0,007$) se prokázal statisticky významný rozdíl v podílu studentů z ČR nakupujících na základě reklamy dle to, zda si všímají venkovní reklamy ($p < 0,05$). Ti, co si venkovní reklamy všímají, spíše nakupují na základě venkovní reklamy významně častěji než lidé, kteří si venkovní reklamy nevšímají nebo spíše nevšímají. Ti, co si venkovní reklamy všímají nebo spíše nevšímají, určitě nenakupují na základě venkovní reklamy významně častěji než lidé, kteří si venkovní reklamy všímají nebo spíše všímají. U studentů ve Francii se na základě Pearsonova chí-kvadrát testu nezávislosti ($\chi^2 = 19,351$; $p = 0,251$) neprokázal statisticky významný rozdíl v podílu studentů nakupujících na základě reklamy dle to, zda si všímají venkovní reklamy ($p > 0,05$).

5 Diskuze a limity studie

Výsledky ukazují, že samotný formát venkovní reklamy nemá přímý vliv na nákupní chování. Účinnost outdoor reklamy tak nespočívá v typu média, ale v míře vizuální pozornosti, kterou jí spotřebitel věnuje. Tento závěr odpovídá dřívějším zjištěním o roli kognitivních procesů při zpracování reklamních podnětů (Tellis, 2004; Popovic, 2006). V praxi to znamená, že zadavatelé reklamy by měli více zohledňovat kontext a schopnost sdělení přitáhnout pozornost než spoléhat na samotný formát nosiče.

Zajímavé jsou mezikulturní rozdíly mezi českými a francouzskými studenty. Čeští respondenti častěji upozorňují na ztrátu estetiky měst a jejich osobitosti, zatímco francouzští studenti vnímají reklamu více z hlediska bezpečnosti a zdraví. Tyto rozdíly odrážejí kulturní i legislativní rámec – ve Francii je regulace zakotvena v Code de l'environnement a spojena s ochranou zdraví, zatímco v ČR převažuje důraz na vizuální stránku a historický kontext měst.

Z výsledků vyplývá, že mladí lidé jsou vůči přebytku reklamních sdělení stále kritičtější a častěji vyjadřují obavy z komercializace veřejného prostoru. Tento trend souvisí s hodnotami generace Z, která zdůrazňuje autenticitu a udržitelnost. V důsledku toho mohou být tradiční reklamní formáty vnímány jako rušivé nebo neetické.

Studie má však několik limitů. Vzorek tvořili výhradně vysokoškolští studenti z ČR a Francie, což omezuje možnost zobecnění výsledků. Použití dotazníkového šetření přináší riziko subjektivního zkreslení odpovědí, a proto by bylo vhodné doplnit budoucí výzkum o experimentální metody, například eye-tracking. Dále by bylo přínosné rozšířit srovnání o další země a různé věkové skupiny, aby bylo možné lépe pochopit kulturní i legislativní vlivy na vnímání vizuálního smogu.

Do budoucna lze doporučit kombinaci kvantitativních a experimentálních metod, dlouhodobé sledování změn postojů k reklamě a také testování konkrétních intervencí – například zavádění

bezreklamních zón nebo regulaci digitálních panelů. Tyto kroky by mohly přispět k odpovědnějšímu přístupu k vizuální komunikaci ve veřejném prostoru.

6 Závěr

Tato studie ukázala, že účinnost venkovní reklamy není dána samotným formátem média, ale spíše mírou vizuální pozornosti, kterou mu spotřebitelé věnují. Mezikulturní rozdíly mezi českými a francouzskými studenty potvrzují, že vnímání vizuálního smogu je silně ovlivněno kulturním a legislativním kontextem – zatímco v České republice dominuje estetická a historická rovina, ve Francii je debata rámována především otázkami bezpečnosti a zdraví. V obou zemích však mladí lidé vyjadřují rostoucí kritičnost vůči nadměrné komercializaci veřejného prostoru.

Interpretaci výsledků je nutné chápat s ohledem na limity výzkumu – zaměření na univerzitní studenty, využití dotazníkového šetření a omezení na dvě země. Přesto studie otevírá důležité otázky a poskytuje základ pro další výzkum, který by měl zahrnovat širší demografické skupiny, kombinaci metod a mezinárodní komparace.

Pro praxi výsledky naznačují, že podniky by měly volit odpovědnější a citlivější strategie vizuální komunikace, neboť nadužívání reklamy může oslabovat důvěru ve značku. Pro tvůrce politik a městské plánovače jsou výsledky argumentem pro přísnější a systematičtější regulaci, která propojí estetické, environmentální, sociální i bezpečnostní aspekty.

Prameny

1. ARNHEIM, Rudolf. (1974). Art and visual perception: A psychology of the creative eye. University of California Press. ISBN 9780520351271
2. ARNHEIM, Rudolf. (2004). Art and visual perception: A psychology of the creative eye (New version, expanded). University of California Press. ISBN 9780520243834.
3. ARPP & ADEME. (2024). 12th annual report: Publicité & environnement (Bilan 2023–2024). ADEME. Available at: <https://communication-responsable.ademe.fr/bilans-publicite-et-environnement-ademe-arpp>
4. BELCH, George E., & BELCH, Michael A. (2015). Advertising and promotion: An integrated marketing communications perspective (10th ed.). McGraw-Hill Education. ISBN 9780078028977.
5. BOROWIAK, Maciej. (2015). Visual pollution in urban landscapes: The case of billboard advertising. *Urban Development Studies*, 21(2), 45–61. <https://doi.org/10.2478/uds-2015-0004>
6. BOROWIAK, Katarzyna, BUDKA, Andrzej, LISIAK-ZIELIŃSKA, Monika, ROBASZKIEWICZ, Krzysztof, CAKAJ, Ardit, & AGAJ, Tedi. (2024). Urban visual pollution: Comparison of two ways of evaluation – A case study from Europe. *Scientific Reports*, 14, 5614. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56403-9>
7. CEREMA. (2018). Évaluation de l'impact environnemental de la publicité lumineuse. Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement. Available at: <https://cerema.fr/publications>
8. CDV. 2016. Nebezpečí billboardů u silnic. Available at: <https://www.cdv.cz/nebezpecibillboardu-usilnic/>
9. CHRISAFIS, Angélique. (2019). 'Advertising breaks your spirit': The French cities trying to ban public adverts. *The Guardian*. Available at: <https://www.theguardian.com/cities/2019/dec/23/advertising-breaks-your-spirit-the-french-cities-trying-to-ban-public-adverts>
10. DARKSKYLAB. (2017). Rapport sur la pollution lumineuse à Paris. DarkSkyLab. Available at: <https://www.darks skylab.com>
11. DVOŘÁK, Jan. (2020). Vnímání vizuálního smogu obyvateli měst a venkovských sídel [Bakalářská práce, Mendelova univerzita v Brně]. MENDELU repozitář. Available at: <https://repo.mendelu.cz/handle/20.500.12698/XXXX>
12. HOFSTEDE, Geert. (2001). Culture's consequences: Comparing values, behaviors, institutions, and organizations across nations (2nd ed.). Sage. ISBN 9780803973244.
13. KANCELÁŘ ARCHITEKTA MĚSTA BRNA. (2017). Manuál dobré praxe reklamy a označování provozoven. Available at: <https://kambrno.cz/manual-reklamy>
14. KLEIN, Naomi. (2000). No logo. Picador. ISBN 9780312203436.
15. LA FABRIQUE ÉCOLOGIQUE. (2023). Publicité et transition écologique: Vers une régulation responsable. Available at: <https://lafabriqueecologique.fr>
16. MAHDAWI, Arwa. (2015). Can cities kick ads? Inside the global movement to ban urban billboards. *The Guardian*. Available at: <https://www.theguardian.com/cities/2015/aug/11/can-cities-kick-ads-ban-urban-billboards>
17. MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE. (2025). Guide pratique – Réglementation de la publicité extérieure. Available at: <https://ecologie.gouv.fr>

18. MINISTERSTVO DOPRAVY. (2017). Ministerstvo dopravy naplní zákon, který od září zakazuje billboardy v ochranném pásmu dálnic. Available at: <https://www.mdcz.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/billboardy>
19. MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ. (2022). Politika architektury a stavební kultury České republiky. Available at: <https://mmr.cz/politika-architektury-2022>
20. NEUSAR, Zdeněk. (2012). Novela zákona o pozemních komunikacích: Přísnější kritéria pro billboardy. Ekolist. Available at: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/tiskove-zpravy/novela-zakona-o-pozemnich-komunikacich-prisnejsi-kriteria-pro-billboardy>
21. OULEHLOVÁ, Lucie. (2019). Vizuální smog ve veřejném prostoru [Diplomová práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně]. UTB Repozitář. Available at: <https://digilib.k.utb.cz/handle/10563/44611>
22. POPOVIC, Dragoljub. (2006). Modelling the marketing communications effect on consumer behavior. *Journal of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing*, 14(4), 305–314. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jt.5740181>
23. RADA PRO REKLAMU. (2022). Rada pro reklamu. Available at: <https://www.rpr.cz/cz/profil.php>
24. ŠNAJDROVÁ, Adéla. (2023). Vizuální smog a venkovní reklama se zaměřením na billboardy ve vybraných částech města Brna [Diplomová práce, Vysoké učení technické v Brně]. VUT Brno. Available at: https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/150721?zp_id=150721
25. ŠNAJDROVÁ, Adéla. (2024). Overview of visual smog initiatives in selected locations around the world. *Scientia et Societas*, 20(1), 18–34. <https://doi.org/10.32725/ses.2024.001>
26. STATUTÁRNÍ MĚSTO ČESKÉ BUDĚJOVICE. (2020). Manuál reklamy a označování provozoven. Available at: <https://c-budejovice.cz/manual-reklamy>
27. STATUTÁRNÍ MĚSTO JIHLAVA. (2025). Metodika regulace reklamy. Available at: <https://jihlava.cz/metodika-reklamy>
28. TELLIS, Gerard J. (2004). *Effective advertising: Understanding when, how, and why advertising works*. Sage Publications. ISBN 9780761912348.
29. VYSEKALOVÁ, Jitka, & MIKEŠ, Jiří. (2018). *Reklama: Jak dělat reklamu (4., aktualizované a doplněné vydání)*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-5865-7.

PŘÍSPĚVKY PUBLIKOVANÉ V TOMTO SBORNÍKU VYJADŘUJÍ
NÁZORY A STANOVISKA NEZÁVISLÝCH AUTORŮ.

TATO PUBLIKACE NEPROŠLA REDAKČNÍ ANI JAZYKOVOU
ÚPRAVOU.

ISBN 978-80-01-07496-1