

# Kinematické obleky a jejich využití v průmyslu

Ilona Kačerová, Filip Rybníkář, Pavel Vránek, Matěj Dvořák

Západočeská univerzita v Plzni  
Univerzitní 2732/8, 301 00 Plzeň

[ikacerov@kpv.zcu.cz](mailto:ikacerov@kpv.zcu.cz)

[rybnikar@kpv.zcu.cz](mailto:rybnikar@kpv.zcu.cz)

[vranek@kpv.zcu.cz](mailto:vranek@kpv.zcu.cz)

[dvor1s@kpv.zcu.cz](mailto:dvor1s@kpv.zcu.cz)

**Anotace:** Článek se věnuje systematické literární rešerši na téma využití kinematických obleků v průmyslu v oblasti hodnocení ergonomie – pracovní polohy, dosahové zóny. Výzkum využití kinematických obleků byl proveden z databází Web of Science, Scopus a Google Scholar.

## 1 Úvod

Navzdory příležitostem, které přináší zavádění automatizovaných řešení do průmyslových podniků, je většina všech montážních a výrobních procesů stále prováděná manuálně. [1] Dnešní pokrok neumožňuje plně nahradit lidskou flexibilitu a schopnost provádět neopakující se zdvihací, montážní a manipulační úkony. Fyzicky náročná práce a zaujímání repetitivních nevyhovujících pracovních poloh se stává příčinou vzniku muskuloskeletálních poruch nebo zranění, které negativně ovlivňují zdraví pracovníků. [2] Evropská legislativa, národní předpisy a mezinárodní standardy nutí společnosti vyhodnocovat ergonomická rizika na pracovištích a zavádět opatření zvyšující fyzickou a kognitivní pohodu pracovníků. Neustálý tlak evropské legislativy na zlepšování pracovního prostředí z hlediska ergonomie má významný vliv, tudíž je zřejmé, že se tomuto tématu bude nutné věnovat o poznání více. [3] Poměrně opomíjenou skutečností je stárnutí pracovní síly. Podíl mladších pracovníků bude klesat, zatímco počet zaměstnanců starších 50 let poroste. [4] Ekonomická prosperita je silně závislá na velikosti a kvalitě pracovní síly. Podniky brzy nebudou mít na výběr a budou muset věnovat větší pozornost potřebám starších zaměstnanců. [5] [6] Jednou z možností, jak hodnotit ergonomii pracoviště vzhledem k antropometrickým údajům a věku je využití technologie kinematických obleků. Proto jsme se rozhodli si položit otázku, zda a jak jsou tyto technologie v průmyslu využívány.

## 2 Metodika literární rešerše

Pro zpracování systematické rešerše odborné literatury byl využit přístup Adamse a kol. z roku 2016, který popisuje jednotlivé kroky potřebné pro zpracování výstupů rešerše. [7] Cílem přístupu je dle stanoveného problému

vyhledávat v odborné literatuře velké množství recenzovaných příspěvků, které jsou v průběhu iterace redukovány pouze do relevantních publikací pro daný výzkum.

Během rešerše byl využit smíšený výzkum složený z kvantitativního a kvalitativního, což napomáhá dosáhnout přesnějšího výsledku. Přístup kvantitativního posouzení vyhledávaných publikací slouží k prohledání vybraných citačních databází – Web of Science, Scopus, Google Scholar. Kvalitativní přístup poté napomáhá zúžit objem relevantních publikací dle zaměření na definované výzkumné téma. Celkové výsledky obou přístupů jsou následně podrobeny detailní analýze pro zodpovězení výzkumných otázek.

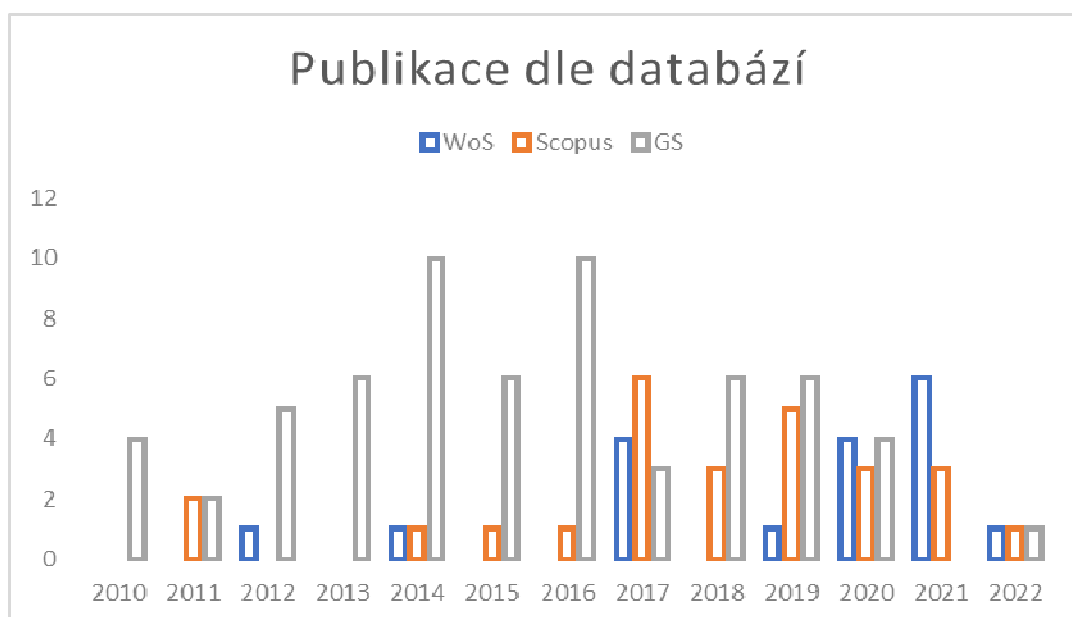
Dle definovaných výzkumných otázek byla stanovena klíčová slova určená k logickému vyhledávání pomocí stanovení vyhledávacího dotazu principem „A/Nebo“. Klíčová slova a celý vyhledávací dotaz vyplývají z odborných publikací v úvodu práce, z nichž celý výzkum i zadání pro výzkum vychází. Vyhledávání bylo omezeno na publikace od roku 2010 a novější. Po specifikaci vyhledávacího dotazu bylo provedeno prohledání databází Web of Science, Scopus a Google Scholar. Prohledávání těchto databází bylo zajištěno nástroje Publish or Perish, díky kterému byly kvantitativně identifikovány relevantní publikace související s vyhledávacím dotazem. Pro bližší specifikaci byly výsledky vyhledávání omezeny dle základních kritérií.

### **3 Výsledky provedené literární rešerše**

Kvantitativní vyhledávání odborných publikací během průzkumu zvolených databází dle vyhledávacího dotazu přineslo více než tisíc relevantních publikací v nelimitovaném časovém úseku. Tudíž první iterací bylo omezení příspěvků na rok 2010 a novější. Zároveň byl definován minimální počet citací na 20 a více, text taktéž musel být dostupný v internetovém prohlížeči.

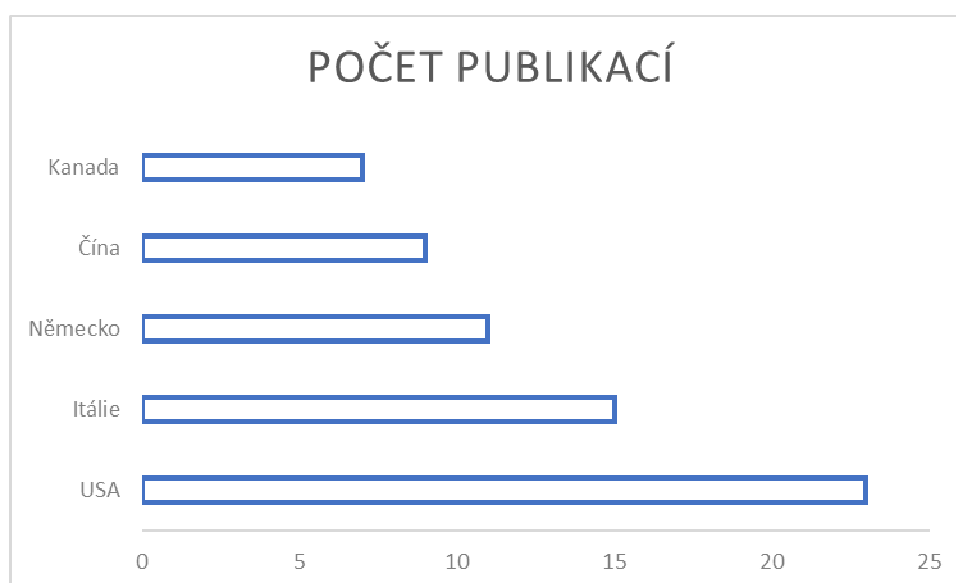
Následnou iterací bylo posouzení z hlediska duplicitních výskytů a výsledkem bylo celkem 185 odborných publikací, které v následném kroku prošly detailním kvalitativním posouzením relevantnosti. Tento krok spočíval v identifikaci zdroje publikace a jeho důvěryhodnosti. Následně také provedení ruční kontroly obsahu publikací a konkrétní zaměření názvu i abstraktu na řešenou problematiku. Výstupem byly následující počty relevantních publikací k dalšímu výzkumu:

- Web of Science: 18 publikací
- Scopus: 26 publikací
- Google Scholar: 63 publikací



Obrázek 1 Rozdělení publikací v letech dle zkoumaných databází

Z grafu výše je patrný výrazný nárůst publikací v databázích WoS a Scopus od roku 2017 a dále, kdy se tomuto tématu začalo věnovat širší spektrum autorů. Lze tedy říci, že téma hodnocení ergonomie pomocí kinematických obleků je tématem, které se stále rozvíjí. Dalším zajímavým údajem je členění celkového počtu publikací dle země původu hlavního autora.



Obrázek 2 Celkový počet publikací dle země původu hlavního autora

Graf znázorňuje, že nejvíce publikací vznikají v USA, které jsou následovány dalšími zeměmi – Itálie, Německo nebo Čína. Nejvíce publikací tedy vzniká v průmyslových zemích s vysokou technickou vyspělostí a významným výzkumným zázemím. V České republice je ergonomie a bezpečnost práce velmi důležitá, ale tímto tématem se nezabývá mnoho lidí, tudíž výzkumná základna je užší. Zároveň jsou kinematické obleky stále velmi nákladné a v praxi ani výzkumu na ně společnosti nedosáhnou. Zároveň zpravidla chybí proškolený personál.

Statistiku znázorňující počet publikací v periodických znázorňuje tabulka níže. Je zde vidět, že nejvíce publikací je v periodiku věnovaném přímo ergonomii a na dalších příčkách jsou také periodika věnující se této oblasti. Tudíž lze pozorovat, že hodnocení ergonomie pomocí technologie kinematických obleků je v současné době řešeným tématem.

*Tabulka 1 Počet publikací v periodiku*

<i>Periodikum / Zdroj</i>	<i>Počet publikací</i>	<i>Procentuální zastoupení</i>
Ergonomics	8	7%
Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation	6	5%
Journal Of Construction Engineering And Management	6	5%
Applied Ergonomics	4	4%
Sensors	4	4%

## 4 Shrnutí výsledků literární rešerše

Z hlediska výzkumu roste význam ergonomického hodnocení v průmyslu, jelikož pohodlí pracovníků přímo ovlivňuje produktivitu práce. Vysoké procento studií spjatých s ergonomií pracovního prostředí zkoumá využití moderních technologií. Fyzicky náročné a opakující se úkony vedou ke vzniku pracovních úrazů, zranění a muskuloskeletálních poruch. Těmto rizikům lze kompletně předejít již při návrhu pracoviště. Díky technologii kinematických obleků je možné zachytit pohyb a využít nejen v rámci návrhu pracoviště, ale také ke zjišťování a eliminaci nevhodných pracovních poloh během optimalizace stávajících pracovních prostředí. Dalšími tématy, kterými se autoři zabývají, je také využití nositelných senzorů a další pomocné technologie k zachycení pohybu a vytvoření ergonomické analýzy. Vědecký pokrok vnímáme nejenom v metodách zachycení pohybu, ale také ve způsobu analýzy získaných dat.

Dle prostudované literatury můžeme konstatovat, že technologie zachycování pohybu má široký potenciál využití. Největší podíl odborných publikací se však zabývá použitím těchto technologií k ergonomické evaluaci pracovních poloh. Do této kategorie patří články z oblasti průmyslu, ve kterých autoři řeší ergonomii při ruční manipulaci s materiálem. Díky ztíženým podmínkám pro zachycení pohybu pracovníka dochází k vývoji nových technologií umožňujících snímání pracovních poloh i v těžkých průmyslových aplikacích. Další významnou výzkumnou množinu tvoří články z prostředí stavebnictví. Pracovníci ve stavebnictví jsou často vystaveni fyzicky náročným manuálním úkolům s vysokou mírou ergonomického rizika. Rychlý vývoj pohybových senzorů ve stavebnictví umožňuje proaktivní prevenci nehod snížením počtu nebezpečných akcí, ke kterým běžně dochází.

K nejpoužívanějším metodám hodnocení ergonomie řadíme OWAS (Ovako Working Analysis Systém), RULA (Rapid Upper Limb Assessment), REBA (Rapid Entire Body Assessment), OCRA (Occupational Repetitive Action), Snook and Ciriello, NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health). Každá ze jmenovaných metod požaduje odlišná vstupní data a zaměřuje se na hodnocení různých aspektů ergonomie. Metody hodnocení ergonomie lze aplikovat pomocí

nástrojů, které dělíme na self-report, pozorovací nástroje, virtuální simulace a přímá měření. Odpovědi na problematiku vhodnosti využití jednotlivých ergonomických metod a nástroje MoCap poskytly vzniklé studie. Na základě prostudovaných zdrojů můžeme konstatovat, že nejčastěji používanou ergonomickou metodou je RULA (Rapid Upper Limb Assessment), což je mezinárodně používaná populární pozorovací metoda, která zkoumá kinematiku horní části těla, to znamená oblast krku, ramen, trupu a paží.

Celá řada odborných článků se věnuje problémům vzniklých při aplikaci technologie zachycování pohybu na pracovišti a poskytují ve svých analýzách zlepšení nebo porovnávají data získaná odlišnou technologií a vyzdvihují jejich nedostatky nebo naopak výhody použití. Zaměřují se na optimálnější metodu Microsoft Kinect, získaná data porovnávají s odhady ze systému Vicon a řeší otázku možnosti využití, přesnosti a citlivosti Microsoft Kinect používaného jako přenosný systém snímání pohybu na pracovišti.

## 5 Závěr

Článek je věnován metodice provedené literární rešerše zaměřené na využití Motion Capture (kinematických obleků) v ergonomii. Z provedené analýzy bylo zjištěno, že uvedené technologii je věnováno mnoho článků, jejichž počet mezi lety roste. Zároveň jsou články v průběhu let publikovány ve většině vědeckých databázích. Nejvíce se této problematice věnují v USA, kde je trend využívání Motion Capture při hodnocení ergonomie aktuálnější, což je dáno především dostupností dané technologie na trhu. Nejčastěji je tato technologie využívána při zachycování pracovního pohybu při manipulaci s materiálem, následně je vyhodnocena pomocí mezinárodních ergonomických analýz jako je RULA či NIOSH. Využití této technologie má potenciál taktéž v České republice, kde doposud není stanovena oficiální metodika pro měření a hodnocení pracovních poloh. V případě využití kinematických obleků by se eliminovalo subjektivní hodnocení pozorovatele a výsledky samotného měření by byly mnohem přesnější a využitelné i v případě budoucího zpracování či porovnávání výsledků pracovního procesu před a po optimalizaci pracoviště.

### Poděkování

Tento článek byl vytvořen za podpory interního grantu Západočeské univerzity číslo SGS-2021-028 - Vývojové a tréninkové prostředky pro interakci člověka a kyber-fyzického výrobního systému, Developmental and training tools for the interaction of man and the cyber-physical production system.

### Použitá literatura

- [1] BORTOLINI, Marco, Mauro GAMBERI, Francesco PILATI a Alberto REGATTIERI. Automatic assessment of the ergonomic risk for manual manufacturing and assembly activities through optical motion capture

- technology. In: L. WANG, ed. 51st Cirp Conferen-ce on Manufacturing Systems [online]. Amsterdam: Elsevier Science Bv, 2018, s. 81–86 [vid. 2022-04-07]. ISSN 2212-8271. Dostupné z: doi:10.1016/j.procir.2018.03.198
- [2] CASERMAN, Polona, Clemens KRUG a Stefan GOEBEL. Reco-gnizing Full-Body Exercise Execution Errors Using the Teslasuit. *Sensors* [online]. 2021, 21(24), 8389. Dostupné z: doi:10.3390/s21248389
- [3] BATTINI, Daria, Nicola BERTI, Serena FINCO, Mattia GUIDO-LIN, Monica REGGIANI a Luca TAGLIAPIETRA. WEM-Platform: A real-time platform for full-body ergonomic assessment and feedback in manufacturing and logistics systems. *Computers & Industrial Engineering* [online]. 2022, 164, 107881. ISSN 0360-8352. Dostupné z: doi:10.1016/j.cie.2021.107881
- [4] LANGHAMROVA, Jitka a Tomas FIALA. Ageing of Population of Productive Age in the Czech Epublic. In: T. LOSTER a T. PA-VELKA, ed. 7th International Days of Statistics and Economics [online]. Slany: Melandrium, 2013, s. 748–757 [vid. 2022-04-07]. ISBN 978-80-86175-87-4. Dostupné z: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000339103100075>
- [5] MARESOVA, Petra, Hana MOHELKA a Kamil KUČA. Econo-mics Aspects of Ageing Population. In: A. I. IACOB, ed. 2nd Glo-bal Conference on Business, Economics, Management and Tou-rism [online]. Amsterdam: Elsevier Science Bv, 2015, s. 534–538 [vid. 2022-04-07]. ISSN 2212-5671. Dostupné z: doi:10.1016/S2212-5671(15)00492-X
- [6] HUANG, Wen-Hsin, Yen-Ju LIN a Hsien-Feng LEE. Impact of Population and Workforce Aging on Economic Growth: Case Study of Taiwan. *Sustainability* [online]. 2019, 11(22), 6301. Do-stupné z: doi:10.3390/su11226301
- [7] ADAMS, Richard J., Palie SMART a Anne Sigismund HUFF. Shades of Grey: Guidelines for Working with the Grey Literature in Systematic Reviews for Management and Organizational Stu-dies. *International Journal of Management Reviews* [online]. 2017, 19(4), 432–454. ISSN 1468-2370. Dostupné z: doi:10.1111/ijmr.12102