



ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE
Strojnícka
fakulta

AUTOREFERÁT DIZERTAČNEJ PRÁCE

Žilina, 2026

Ing. Ján Zuzik



ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE
Strojnícka
fakulta

Ing. Ján Zuzik

AUTOREFERÁT DIZERTAČNEJ PRÁCE

Inovatívny prístup k tvorbe výkonových štandardov

Na získanie akademického titulu **doktor**
(„**philosophiae doctor**“, v skratke „**PhD.**“)
v študijnom odbore Strojárstvo
v študijnom programe priemyselné inžinierstvo

Žilina 2026

Dizertačná práca bola vypracovaná v dennej forme doktorandského štúdia na Žilinskej univerzite v Žiline, Strojníckej fakulte, Katedre priemyselného inžinierstva.

Predkladateľ: Ing. Ján Zuzik
Žilinská univerzita v Žiline
Strojnícka fakulta
Katedra priemyselného inžinierstva

Školiteľ: prof. Ing. Ľuboslav Dulina, PhD.
Žilinská univerzita v Žiline
Strojnícka fakulta
Katedra priemyselného inžinierstva

Oponenti: 1. prof. Dr. Ing. Ivan Kuric
2. doc. Ing. Michaela Balážiková, PhD.
3. Ing. Martina Gašová, PhD.

Autoreferát bol rozoslaný dňa:

Obhajoba dizertačnej práce sa koná dňa 20.08.2026 o 11:30 hod. v miestnosti BC110 na SjF, Univerzitná 8215/1, 010 26, Žilina, pred komisiou pre obhajobu dizertačnej práce schválenou odborovou komisiou v študijnom odbore Strojárstvo, v študijnom programe priemyselné inžinierstvo, vymenovanou dekanom Strojníckej fakulty, Žilinskej univerzity v Žiline.

S dizertačnou prácou je možné sa oboznámiť na referáte pre vedu a výskum dekanátu SjF, UNIZA, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina.

prof. Ing. Martin Krajčovič, PhD. v. r.
predseda komisie pre obhajobu dizertačnej práce

1 ÚVOD

Človek je kľúčovým prvkom v súčasnom pracovnom prostredí, ktoré sa neustále vyvíja a prispôsobuje globálnym požiadavkám trhu a jeho zákazníkom. Otázka zvyšovania produktivity, kvality práce a efektívnosti je stále viac aktuálna, a to nielen pre zamestnávateľov, ale aj pre zamestnancov. Človek je nielen tvorcom a nositeľom technického či vedeckého pokroku, ale zároveň aj jeho otrokom. Preto je dôležité hlbšie porozumieť možnostiam, schopnostiam a vzťahom človeka s jeho pracovným prostredím. Rovnako je potrebné analyzovať, čo, ako a pre koho človek vyrába, a aké dôsledky to prináša. Význam týchto otázok zdôrazňuje aj postupný rozvoj paradigmy Priemyslu 5.0, ktorá kladie dôraz na človeka a posúva hranice medzi technológiami a ľudskou prácou na novú úroveň. S príchodom tejto paradigmy sa mení aj prístup k pracovným činnostiam, vzťah medzi pracovným nasadením, výkonom a regeneráciou.

S človekom a jeho postavením v pracovnom procese vo veľkom súvisí ergonómia. Ergonómia má svoj pôvod už v ranných obdobiach ľudskej existencie. Avšak s vývojom vedy a techniky sa začínajú objavovať čoraz viac negatívne javy, ktoré môžu viesť k zníženiu pracovnej pohody, k zníženiu pracovnej výkonnosti, k zvýšenej únave, a taktiež k poškodeniu zdravia človeka. Práve vhodne navrhnutá metodika dokáže zefektívniť celé pracovné prostredie a napomôcť k riešeniu problémov spojených s humanizáciou práce a zlepšovaním pracovných podmienok.

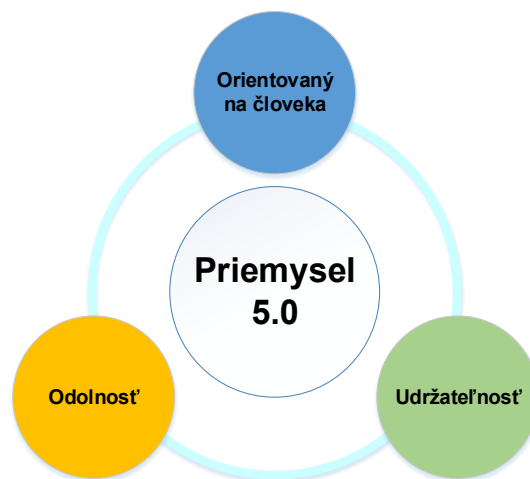
Predložená práca sa venuje analýze súčasného stavu a zhromaždeniu vedeckých a odborných poznatkov, ktoré sa týkajú človeka a faktorov, ktoré ho ovplyvňujú pri pracovnom procese. Práca sa taktiež zaoberá poznatkami a analýzou metód hodnotenia ergonómie a nástrojov pri pracovnej činnosti. Ďalšia časť práce prezentuje hĺbkovú analýzu a vyhodnotenie teoretických poznatkov, ktoré sa týkajú doktorandskej dizertačnej práce. Súčasťou práce je aj literárny prieskum riešenej problematiky, ktorý spolu s analýzou a vyhodnotením teoretických poznatkov vo veľkej miere prispel k jadru práce, a to k návrhu a popisu metodiky, ktorá slúži ako nástroj na overenie vhodnosti výkonového štandardu z pohľadu ergonómie. Záverečná časť dizertačnej práce popisuje overenie navrhovanej metodiky v podmienkach priemyselnej praxe.

Dizertačná práca vznikla v rámci riešenia projektu KEGA 001ŽU-4/2024.

2 Prehľad problematiky

Paradigma Priemyslu 5.0, ktorý získava čoraz väčšiu pozornosť, výrazne ovplyvňuje spôsoby, akými sa pristupuje k práci a jej organizácii. Priemysel 5.0 má svoje korene v Priemysle 4.0, ktorý bol oficiálne predstavený v Nemecku na najväčšom priemyselnom veľtrhu na svete Hannover Messe profesorom Wolfgangom Wahlsterom. Priemysel 4.0 popísal ako štvrtú priemyselnú revolúciu, ktorá sa zameriava na digitalizáciu výrobných procesov prepojením digitálnych a fyzických systémov, internetu vecí, kyberfyzikálnych systémov a analýzy dát, čím sa zabezpečí riadenie vlastných výrobných procesov, pokročilá automatizácia a vzájomná interakcia medzi jednotlivými zariadeniami. (Hannover Messe, 2024)

Priemysel 5.0 bol oficiálne definovaný v roku 2021 Európskou komisiou ako nasledujúca etapa Priemyslu 4.0. Európska komisia uvádza, že tento koncept tvoria tri kľúčové prvky: orientácia na človeka, odolnosť a udržateľnosť (Obr. 1.1). Európska komisia taktiež uvádza, že na to, aby sa súčasný priemysel stal poskytovateľom skutočnej prosperity, definícia jeho skutočného účelu musí zahŕňať environmentálne, sociálne a spoločenské hľadiská. To pozostáva nielen z inovácii, ktoré sú zamerané na efektívne vynaložené náklady alebo maximalizáciu zisku, ale zo zvýšenia prosperity pre všetkých zainteresovaných: investorov, spotrebiteľov, pracovníkov, spoločnosť a životné prostredie. (Európska komisia, 2021)



Obr. 1 Kľúčové prvky Priemyslu 5.0 (Európska komisia, 2021)

Téma tejto práce je tiež v súlade s paradigmou Priemyslu 5.0, pretože sa v ňu venuje pozornosť psychologickým faktorom a faktorom z oblasti ergonómie, ktoré ovplyvňujú produktivitu práce a dlhodobú udržateľnosť pracovného výkonu zamestnanca. Podľa štúdie (WHO, 2020), ktorá bola realizovaná Svetovou zdravotníckou organizáciou (WHO) sú stres a nepohoda na pracovisku jeden z hlavných faktorov, ktoré prispievajú k tomu, že sa zvyšuje počet zdravotných problémov u zamestnancov, ako sú napríklad ochorenia z nadmernej fyzickej záťaže, poruchy duševného zdravia alebo kardiovaskulárne poruchy, čo následne vedie k zvýšenej fluktuácii, absencii zamestnancov a nižšej produktivite práce. (WHO, 2020)

Na to, aby boli zabezpečené vhodné pracovné podmienky a zvýšenie celkovej výkonnosti zamestnancov je dôležité venovať sa aj vzťahu pracovnej činnosti a relaxácie. Podľa štúdie publikovanej v časopise Applied Ergonomics (Vieta) 2023 sa ukázalo, že vynechávané a prerušované prestávky v

práci súvisia so zdravotnými problémami zamestnancov. Podľa štúdie by sa preto zamestnanci a zamestnávateľia mali vyhnúť vynechávaniu pracovných prestávok. A autor Vieten (2023) tiež uvádza, že budúci výskum by sa mal zaoberať a pokračovať v skúmaní kombinovaných účinkov rôznych charakteristík prestávok v práci, aby sa dosiahlo viac relevantných informácií o interakcii týchto charakteristík vo vzťahu k zdraviu a výkonu zamestnanca. Tieto výsledky naznačujú významný prínos začlenenía prestávok a relaxačných aktivít do pracovného prostredia, čo by mohlo byť zohľadnené pri tvorbe výkonových štandardov. (Vieten, 2023)

V kontexte témy práce je dôležité venovať pozornosť ergonómii, ktorá zohráva v tomto kontexte kľúčovú rolu, nakoľko sa zaoberá vzťahom medzi človekom a prácou. Základom pre tvorbu pracovných podmienok, ktoré eliminujú riziko psychickej a fyzickej záťaže sú práve efektívne riešenia z oblasti ergonómie, ktoré vedú k zvýšeniu spokojnosti zamestnancov, k udržateľnému výkonu zamestnanca a následne k zvýšeniu produktivity práce. Výkon zamestnancov je ovplyvňovaný rôznymi faktormi, ktorým by sa mala venovať pozornosť, aby bola zabezpečená vhodná racionalizácia práce. De Jonge (2019) vo svojej publikácii, ktorá sa venuje udržateľnému výkonu v práci uvádza, že v súčasnosti existuje veľa medzier v poznatkoch o vzťahu medzi udržateľným výkonom v práci a vitalitou zamestnancov, nakoľko pracovný výkon ovplyvňuje rôzne množstvo faktorov, ktoré nebývajú zohľadnené v pracovných prostrediach, ako napríklad spomínaná relaxácia, prestávky, únava alebo množstvo iných faktorov. (Gilbertová, 2002, Slamková, 2010, Jonge, 2019)

Téma práce je preto vysoko aktuálna vzhľadom na rastúce požiadavky na pracovnú výkonnosť a výkonové štandardy zamestnancov. Zároveň kvôli zvyšujúcemu sa tlaku na zachovanie psychického a fyzického zdravia zamestnancov je nutné vytvárať nové štandardy, ktoré budú reflektovať potreby zamestnancov. Preto je zásadné, aby sa výskum v tejto oblasti zameriaval na tvorbu inovatívnych a udržateľných výkonových štandardov, ktoré budú prispôsobené dynamickým zmenám pracovného prostredia v ére Priemyslu 5.0.

3 TÉZY DIZERTAČNEJ PRÁCE

3.1 Hlavný cieľ a čiastkové ciele dizertačnej práce

Hlavný cieľ dizertačnej práce:

V závislosti na realizovaný literárny prieskum a na analýzu odbornej a vedeckej literatúry je možné definovať cieľ dizertačnej práce nasledovne:

Návrh metodiky na uplatnenie výkonových štandardov z pohľadu ergonómie.

Čiastkové ciele dizertačnej práce:

Pre dosiahnutie hlavného cieľa je nutné venovať sa nasledujúcim čiastkovým cieľom práce:

- sumarizácia, prehľad a analýza teoretických poznatkov z riešenej oblasti a ich vyhodnotenie (realizované v písomnej práci k dizertačnej skúške),
- analýza metód hodnotenia pracovnej záťaže zamestnanca vo vzťahu k pracovnej činnosti (realizované v písomnej práci k dizertačnej skúške),
- vykonanie literárneho prieskumu zahŕňajúceho analýzu domácej i zahraničnej odbornej a vedeckej literatúry (realizované v písomnej práci k dizertačnej skúške),
- sumarizácia súčasných vedeckých poznatkov v oblastiach súvisiacich s témou práce, konkrétne priemyselného inžinierstva a ergonómie, únavy, výkonových štandardov, časového manažmentu dňa, relaxácie a rekonfigurovateľných výrobných systémov (realizované v písomnej práci k dizertačnej skúške),
- definovanie požiadaviek uplatnenia výkonových štandardov, (čiastočne realizované v písomnej práci k dizertačnej skúške v podkapitole 3.5)
- návrh a popis metodiky pre uplatnenie výkonových štandardov pre budúce výrobné systémy alebo v Priemysle 5.0,
- overenie navrhovaného riešenia v podmienkach praxe,
- vyhodnotenie prínosov práce a budúci smer výskumu.

3.2 Očakávané prínosy práce pre rozvoj vedeckého poznania

Hlavný teoretický prínos práce je samotný návrh a popis metodiky pre posúdenie a uplatnenie výkonových štandardov v podmienkach priemyslu 5.0, nakoľko takéto riešenie na základe realizovaného literárneho prieskumu v súčasnej dobe absentuje.

Medzi ďalšie teoretické prínosy práce patrí:

- vytvorenie nových metód hodnotenia a ich prepojenie s existujúcimi metódami do uceleného prístupu (subjektívne a objektivizované hodnotenia),

- inovatívny prístup k hodnoteniu v ergonómii, ktorý zohľadňuje nielen pracovné, ale čiastočne aj mimopracovné aktivity zamestnancov,
- sumarizácia metód hodnotenia pracovnej záťaže zamestnanca,
- definovanie nových teoretických konceptov na meranie a hodnotenie pracovného výkonu s ohľadom na budúce výrobné systémy a priemysel 5.0,
- sumarizácia metód hodnotenia pracovnej záťaže zamestnanca.

3.3 Očakávané prínosy pre prax

Hlavným praktickým prínosom práce je vytvorenie praktickej metodiky pre posúdenie a uplatnenie výkonových štandardov, ktorá umožní flexibilné prispôsobenie potrebám zamestnancov a aktuálnym pracovným podmienkam v prostredí budúcich výrobných systémov s prvkami Priemyslu 5.0 v priemyselnej praxi.

Ďalšie predpokladané praktické prínosy práce sú:

- vypracovanie nového prístupu hodnotenia pracovných faktorov so zameraním na pracovný výkon zamestnanca,
- rozšírenie poznatkov v oblasti ergonómie a pracovnej výkonnosti v priemyselnom prostredí,
- vytvorenie vhodného pracovného prostredia už v raných štádiách plánovania výrobných procesov,
- zlepšenie pracovných podmienok prostredníctvom racionalizácie práce s dôrazom na aspekty ergonómie,
- eliminácia zdravotných ťažkostí a úrazov u zamestnancov v priemysle,
- zabezpečenie efektívneho výkonu zamestnancov v priemysle,
- zabezpečenie vyššej spokojnosti zamestnancov a zníženie fluktuácie zamestnancov,
- upriamenie pozornosti na analýzu vplyvu faktorov z oblasti ergonómie na pracovný výkon zamestnancov v priemyselnom prostredí.

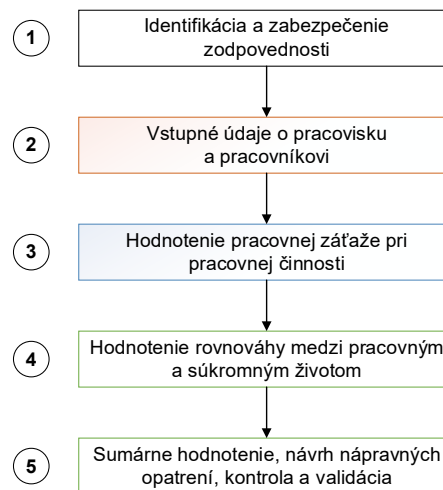
3.4 Použité vedecké metódy a nástroje

Pri spracovaní dizertačnej práce boli využité nasledujúce vedecké metódy:

- dotazník,
- priame pozorovanie,
- analýza,
- syntéza,
- dedukcia,
- zovšeobecňovanie,
- vývojové diagramy.

4 NÁVRH METODIKY NA UPLATNENIE VÝKONOVÝCH ŠTANDARDOV Z POHĽADU ERGONÓMIE

Na základe poznatkov získaných z realizovaného literárneho prieskumu a z analýzy odbornej a vedeckej literatúry bola navrhnutá metodika na uplatnenie výkonových štandardov z pohľadu ergonómie. Táto metodika bola vytvorená ako odpoveď na identifikované medzery v súčasnom výskume, ktoré sa týkajú súvislosti s výkonovými štandardmi pracovníkov. Metodika bola navrhnutá s cieľom poskytnúť ucelený prístup k posúdeniu a uplatneniu výkonových štandardov v prostredí, ktoré sú súčasťou budúcich výrobných systémov (priemysel 5.0). Táto metodika vyplní medzeru medzi súčasným prístupom k tvorbe výkonových štandardov v aktuálnych výrobných systémoch a požiadavkami budúcich výrobných systémov (Priemysel 5.0). Zohľadňuje pritom aj také činnosti a faktory, ktoré doteraz neboli zohľadňované pri tvorbe výkonových štandardov (napr. v rámci RVS). Metodika berie do úvahy možnú aplikáciu aj na vysoko variabilné a modulárne výrobné systémy (ako napríklad RVS), kde zamestnanec musí čeliť dynamickému a často meniacemu sa prostrediu. Všeobecný návrh metodiky je znázornený na obr. 2. Metodika pozostáva z piatich častí, ktoré sú bližšie popísané v dizertačnej práci.



Obr. 2 Všeobecný návrh metodiky na uplatnenie výkonových štandardov z pohľadu ergonómie (vlastné spracovanie)

Navrhovaná metodika slúži ako nástroj na overenie vhodnosti výkonového štandardu z pohľadu ergonómie. Metodika prioritne slúži na posúdenie vhodnosti pracovných podmienok v kontexte priemyslu 4.0 a priemyslu 5.0, ale taktiež môže byť použitá všade, kde sa dá merať alebo časovo kvantifikovať výkon (časový parameter – cyklový čas, počet vyrobených kusov alebo počet ľudí podieľajúcich sa na výrobe). Používateľ danej metodiky bude zaznamenávať do metodiky údaje, ktoré sú vyžadované a následne v zmysle metodiky sa tieto údaje spracujú a výsledkom bude posúdenie vhodnosti výkonového štandardu z pohľadu ergonómie. Metodika taktiež upozorňuje na to, aké zmeny je potrebné vykonať, aby bol výkonový štandard akceptovaný alebo upravený. Metodika funguje na princípe dvojúrovňového hodnotenia:

- objektivizované hodnotenie,
- subjektívne hodnotenie.

Objektivizované hodnotenie sa uskutoční prostredníctvom štandardizovaných metód a nástrojov ergonómie.

Subjektívne hodnotenie berie do úvahy vnímanie a spätnú väzbu samotných zamestnancov.

Výkonový štandard sa teda bude posudzovať nielen na základe objektivizovaného hodnotenia, ktoré zahŕňa štandardizované metódy, postupy a nástroje ergonómie, ale taktiež sa bude brať do úvahy subjektívna odozva jednotlivých zamestnancov. Následne sa preverí či sú objektivizované a subjektívne hodnotenia vyvážené. V rámci metodiky sa bude pracovať s dvomi pojmami a to aktuálny a navrhovaný výkonový štandard. Aktuálny výkonový štandard je štandard, s ktorým pracovník aktuálne pracuje. Navrhovaný výkonový štandard je výstup, ktorý vzniká po posúdení aktuálneho štandardu podľa metodiky a následnom návrhu jeho zmeny.

Je taktiež dôležité zdôrazniť, že metodika je navrhnutá tak, aby bola aplikovaná výlučne za predpokladu splnenia všetkých platných legislatívnych požiadaviek. Zároveň je koncipovaná tak, aby jej využitie nebolo podmienené konkrétnym znením legislatívy, ktorá sa môže v priebehu času meniť.

V navrhovanej metodike slúži semaforové hodnotenie ako vizualizačný nástroj na jednoduchšiu interpretáciu výsledkov a identifikáciu oblastí vyžadujúcich pozornosť, pričom:

- zelená farba indikuje, že výkonový štandard je vyhovujúci z pohľadu ergonómie,
- žltá farba signalizuje potrebu pozornosti a možných úprav,
- červená farba upozorňuje, že výkonový štandard nie je možné uplatniť z pohľadu ergonómie, pričom metodika následne pomáha identifikovať konkrétne oblasti, v ktorých dochádza k nesúladu (hodnotenia v rámci metodiky) a navrhuje nápravné opatrenia na jeho úpravu.

Semaforové hodnotenie bude využívané v rámci metodiky v časti 3 (B, C, D, E) a v časti 4 (F, G, H, I, J). Pre posúdenie vhodnosti výkonného štandardu sa pri každom z uvedených písmen realizuje subjektívne aj objektivizované hodnotenie. Každý typ hodnotenia, t. j. subjektívne aj objektivizované vytvára samostatné semaforové upozornenie pre každé jednotlivé písmeno. Tieto semaforové upozornenia budú následné sumarizované v časti 5. (Obr. 5.1).

4.1 Identifikácia a zabezpečenie zodpovednosti

Pred samotným posúdením výkonového štandardu je dôležité jednoznačne identifikovať zodpovednú osobu za používanie tejto metodiky. Je to z dôvodu zabezpečenia relevantnosti, opakovateľnosti a objektívnosti celého procesu hodnotenia. Pridelenie zodpovednosti predstavuje významný krok v procese realizácie metodiky a interpretácie výsledkov. Nakoľko metodika zahŕňa znalosti a termíny z oblasti ergonómie, je dôležité, aby za odborné vedenie a realizáciu hodnotenia bol zodpovedný hodnotiteľ, t. j. ergonóm alebo priemyselný inžinier, poprípade zamestnanec, ktorý absolvoval školenie alebo disponuje znalosťami z oblasti ergonómie. Je to preto, že úlohou hodnotiteľa je zabezpečiť vhodnú aplikáciu stanovených metodických nástrojov, realizovať merania a pozorovania na pracovisku. Hodnotiteľ taktiež zodpovedá za správnu interpretáciu a posúdenie výsledkov v súlade s princípmi ergonómie. Dôležitú úlohu taktiež nesie aj zamestnávateľ (vedúci pracoviska) a hodnotený zamestnanec. Ich úlohou je poskytnúť relevantné a pravdivé vstupné údaje a všetky potrebné informácie k hodnoteniu. Taktiež je potrebná ich spolupráca pri hodnotení, pozorovaní a musia poskytnúť spätnú väzbu k hodnoteniu a celému procesu. Cieľom je zabezpečiť overenie vhodnosti aktuálneho výkonového štandardu prostredníctvom prepojenia objektivizovaného zistenia hodnotiteľa s reálnym subjektívnym vnímaním zamestnancov jednotlivých zložiek.

4.2 Vstupné údaje o pracovisku a pracovníkovi

Druhým krokom v rámci metodiky je zhromaždenie vstupných údajov o pracovisku a pracovníkovi. Pri zbere dát je potrebné, aby boli dodržané všetky požiadavky o spracovaní osobných údajov GDPR (Nariadenie (EÚ) 2016/679), a zároveň Helsinská deklarácia pre výskum zahŕňajúci ľudské subjekty. V prvom rade je dôležité získať potrebné dáta, ktoré sa týkajú aktuálneho výkonového štandardu, t. j. štandardu, s ktorým zamestnanec aktuálne pracuje. Tento štandard by mal zahŕňať časový parameter – cyklový čas (čas na pracovisku) alebo počet vyrobených kusov, počet ľudí podieľajúcich sa na výrobe, prípadne iný kvantifikovateľný ukazovateľ. S aktuálnym výkonovým štandardom sa bude pracovať počas celej metodiky, nakoľko pri tomto štandarde sa budú posudzovať jednotlivé subjektívne a objektivizované zložky v rámci metodiky. Tento štandard slúži ako východisko pre hodnotenie jeho vhodnosti z hľadiska ergonómie, teda či je v súlade so schopnosťami a možnosťami zamestnancov. Po posúdení aktuálneho štandardu jednotlivými krokmi metodiky (subjektívne a objektivizované hodnotenie) je výstupom potenciál na zvýšenie výkonového štandardu.

V prípade ak aktuálny výkonový štandard nie je k dispozícii, je potrebné ho najskôr určiť obvyklým spôsobom používaným v organizácii alebo štandardizovaným spôsobom prostredníctvom analýzy a merania práce. Štandardizovaný spôsob určenia výkonového štandardu zahŕňa nasledujúce kroky:

- analýza pracovného postupu,
- meranie času výkonu,
- určenie prirážok,
- výpočet normovaného času (výkonového štandardu).

V prípade, ak pracovisko ešte neexistuje fyzicky a sú k dispozícii len plánovacie analýzy v rámci výkonového štandardu, je taktiež možné navrhovanú metodiku použiť, čím sa zabezpečí fungovanie proaktívnej ergonómie v pracovnom prostredí. V takomto prípade sa pomocou metodiky posudzujú plánovacie analýzy (plánovaný výkonový štandard), čím sa môžu eliminovať vzniknuté nedostatky už v počiatočných fázach výrobného procesu.

Po určení výkonového štandardu je postup rovnaký ako je popísané v prvom odstavci podkapitoly 5.2. Je potrebné overiť jeho vhodnosť z hľadiska ergonómie prostredníctvom vytvorenej metodiky.

Ďalšie vstupné údaje, ktoré sú potrebné pre realizáciu metodiky zahŕňajú kompletne informácie o pracovisku, vykonávanej činnosti a pracovných podmienkach. Taktiež tieto údaje musia zahŕňať informácie o organizačnom a technickom usporiadaní pracoviska, priebehu pracovného procesu, a taktiež informácie o faktoroch, ktoré ovplyvňujú záťaž zamestnanca alebo pracovný výkon. Súčasťou vstupných údajov sú aj informácie o tom, či pracovisko podlieha legislatívnym požiadavkám.

Okrem údajov o pracovisku a pracovnom procese sú dôležité informácie o hodnotenom zamestnancovi (vek, pohlavie, výška, váha, zdravotný stav, atď.), resp. všetky informácie, ktoré by mohli ovplyvniť úroveň záťaže v jednotlivých aspektoch hodnotenia v rámci realizácie metodiky. Ďalšie doplňujúce údaje (napr. o spánku, únave, mimopracovných aktivitách, atď.), budú získané priebežne podľa realizácie hodnotenia (subjektívne a objektivizované).

4.3 Hodnotenie pracovnej záťaže pri pracovnej činnosti

Hodnotenie pracovnej záťaže pozostáva z kategórií, ktoré je možné vidieť na obr. 3.

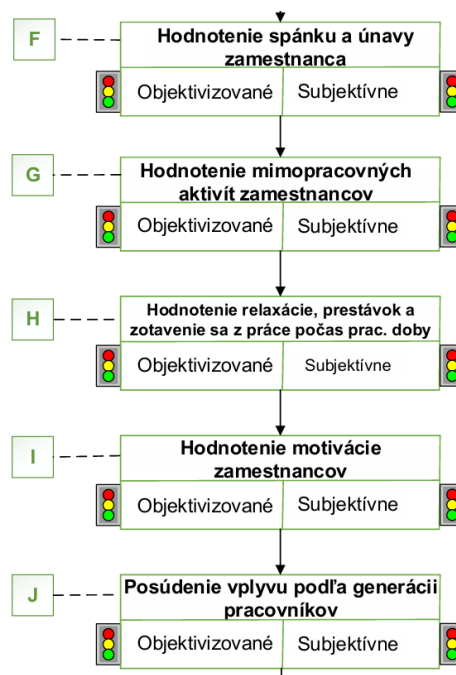


Obr. 3 Hodnotenie pracovnej záťaže pri pracovnej činnosti (vlastné spracovanie)

Jednotlivé kategórie hodnotia objektívizovanú a subjektívnu zložku, pričom tieto zložky sú rovnocenné pri posudzovaní výkonového štandardu z pohľadu ergonómie.

4.4 Hodnotenie rovnováhy medzi pracovným a súkromným životom

Hodnotenie rovnováhy medzi pracovným a súkromným životom pozostáva z viacerých kategórií, tak ako aj pri predchádzajúcom hodnotení. Toto hodnotenie je znázornené na obr. 4.



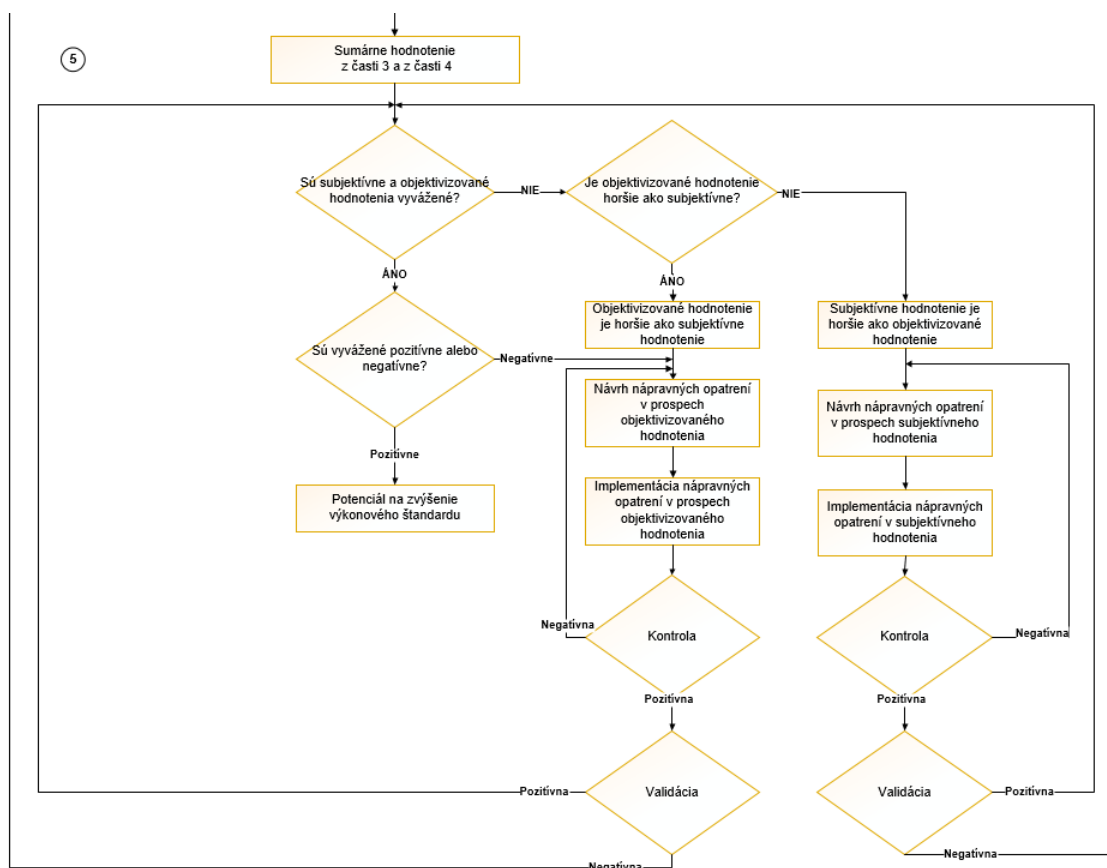
Obr. 4 Hodnotenie rovnováhy medzi pracovným a súkromným životom (vlastné spracovanie)

V tomto prípade sa tiež hodnotí objektivizovaná a subjektívna zložka, ktoré sú rovnocenné pri posudzovaní výkonového štandardu z pohľadu ergonómie.

4.5 Sumárne hodnotenie, návrh nápravných opatrení, kontrola a validácia

Po realizácii všetkých hodnotení v rámci navrhovanej metodiky je poslednou časťou sumárne hodnotenie, návrh nápravných opatrení, kontrola a validácia (Obr. 5.).

Sumarizujú sa všetky semaforové hodnotenia (subjektívne aj objektivizované), ktoré boli realizované v metodickej časti 3 a časti 4. Prioritne by sa mala venovať pozornosť tým hodnoteniam, v ktorých vyšlo semaforové hodnotenie iné ako zelené. Následne je potrebné zistiť, či každom jednom hodnotení v časti 3 a 4 je subjektívne a objektivizované hodnotenie vyvážené, t.j. či obe z hodnotených zložiek majú výslednú farbu zo semaforového hodnotenia zelenú.



Obr. 5 Sumárne hodnotenie, návrh nápravných opatrení, kontrola a validácia (vlastné spracovanie)

V prípade ak sú všetky hodnotenia z časti 3 a z časti 4 vyvážené a obe z hodnotení (subjektívne a objektivizované) majú výsledok semaforového hodnotenia zelený, tak aktuálny výkonový štandard, s ktorým zamestnanec pracuje, je v poriadku z pohľadu ergonómie a nie sú potrebné nápravné opatrenia. Taktiež v budúcnosti vzniká potenciál na zvýšenie výkonového štandardu. Zvyšovanie výkonového štandardu je principiálne možné dovedy, pokiaľ sa neobjaví iná farba ako zelená v semaforových hodnoteniach. Do úvahy je taktiež nutné brať to, či je zvyšovanie štandardu potrebné, nakoľko nie je nutné vždy využívať hraničný výkonový štandard. V prípade ak subjektívne a objektivizované hodnotenia nie sú vyvážené, tak sú potrebné nápravné opatrenia.

Ak sa preukáže v sumárnom hodnotení, že v hodnoteniach v časti 3 a v časti 4 bol výsledok semaforového hodnotenia iný ako zelený, t. j. žltý alebo červený, tak v tomto prípade je potrebné realizovať nápravné opatrenia. Tento proces je možné vidieť na obr. 5. Ak neplatí princíp vyváženosti, tak je potrebné sa venovať najskôr nápravným opatreniam v rámci objektivizovaného hodnotenia, nakoľko je predpoklad, že za štandardnej situácie, ak sa zlepšuje semaforové hodnotenie objektivizovaného hodnotenia, malo by sa zlepšovať aj subjektívne hodnotenie. Následne je potrebné venovať pozornosť subjektívnemu hodnoteniu. Nápravné opatrenia v rámci objektivizovaného hodnotenia by mali súvisieť s organizáciou práce, zmenou pracovného systému a so znížením záťaže podľa výsledkov hodnotení. V prípade realizovania nápravných opatrení v rámci subjektívneho hodnotenia pôjde o individuálne opatrenia, nakoľko zamestnanec prácu subjektívne vníma zle a istým spôsobom mu spôsobuje diskomfort. Po zavedení nápravných opatrení nasleduje kontrola a validácia. Kontrola spočíva v tom, že sa skontroluje, či nápravné opatrenia boli zavedené tak, ako boli požadované, pričom cieľom validácie je zistiť, či nápravné opatrenia vyvolali požadovaný účinok v dlhšom časovom horizonte, t. j. zamestnanec bude opäť skontrolovaný hodnoteniami v časti 3 a v časti 4. Taktiež v prípade nápravných opatrení treba dbať na to, či odstránenie nedostatku v rámci jedného hodnotenia nemá multiplikatívny efekt na ostatné hodnotenia. Princípom piatej časti metodiky je vždy upraviť podmienky práce tak, aby zamestnancom nespôsobovali nepohodu a diskomfort alebo v krajnom prípade, aby nedochádzalo k poškodzovaniu zdravia. V prípade, ak nastane zmena v rámci výkonového štandardu, je potrebné opätovne aplikovať navrhnutú metodiku, aby bola známa subjektívna a objektivizovaná odozva nového štandardu od zamestnancov.

5 OVERENIE NAVRHOVANEJ METODIKY

Navrhovaná metodika na uplatnenie výkonových štandardov z pohľadu ergonómie pozostáva zo subjektívnych a objektivizovaných hodnotení. Tieto hodnotenia sú realizované prostredníctvom dotazníkov a hodnotiacich hárkov, v ktorých sa nachádzajú inštrukcie pre hodnotiteľa aj hodnoteného zamestnanca. Pred samotným overením metodiky v podnikovom prostredí bolo preto nevyhnutné preveriť obsah navrhnutých hárkov, základnú zrozumiteľnosť jednotlivých hodnotení a taktiež jednoznačnosť formulácií použitých v subjektívnom a objektivizovanom hodnotení.

Toto preverenie bolo realizované formou interného predtestovania na úzkej skupine zamestnancov v akademickom prostredí. Skupina pozostávala z piatich respondentov. Respondenti sa oboznámili s navrhnutými dotazníkmi, hodnotiacimi hárkami a inštrukciami. Cieľom tohto kroku bolo overiť, či obsah jednotlivých hodnotení, hodnotiace stupnice a inštrukcie sú formulované dostatočne jasne a zrozumiteľne.

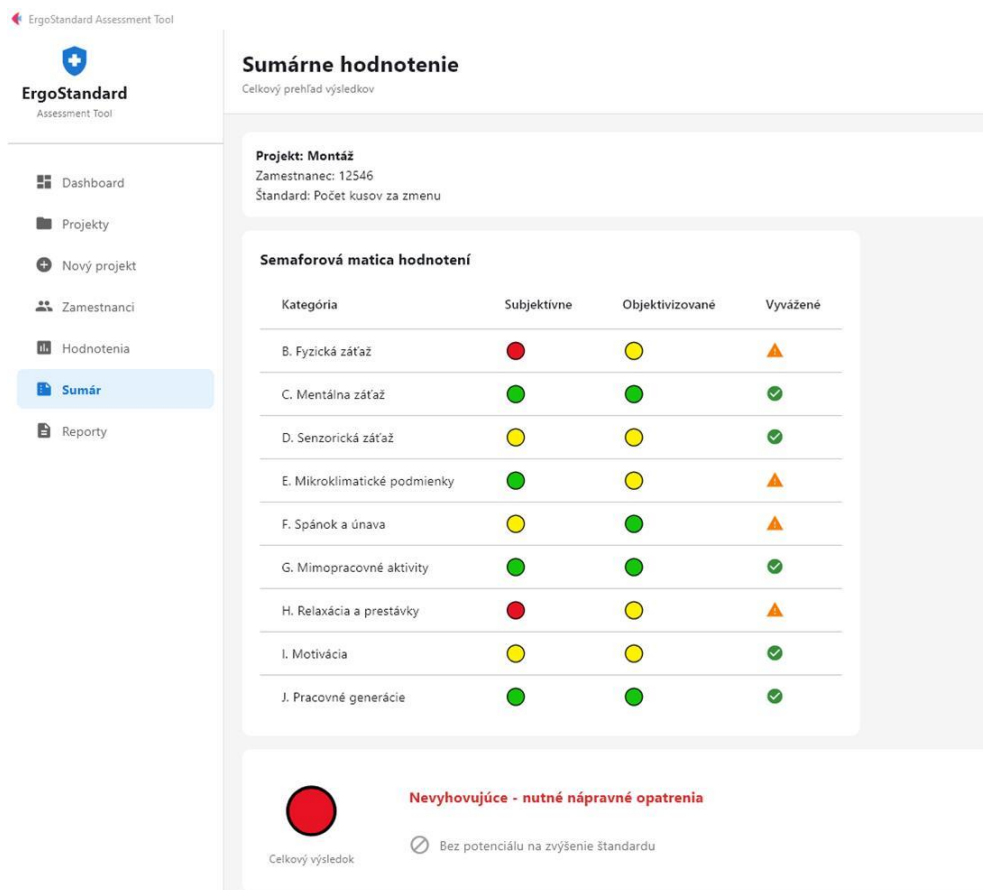
V rámci predtestovania bola použitá krížová výmena rolí, pri ktorej respondenti vystupovali striedavo v úlohe hodnotiteľa a hodnoteného. Týmto spôsobom bolo možné posúdiť, či sú inštrukcie pre obe skupiny pochopiteľné a jednoznačné a nevedú k rozdielnej interpretácii hodnotiacich kritérií.

V tomto kroku na základe spätnej väzby boli identifikované formulácie, ktoré si vyžadovali spresnenie alebo úpravu. Tieto pripomienky boli zapracované do metodiky ešte pred jej samotnou aplikáciou v reálnych podmienkach praxe. Až po realizácii predtestovania následne došlo k samotnému overeniu navrhovanej metodiky v podnikovej praxi, čo bude predmetom ďalších častí tejto kapitoly.

5.1 Vývoj aplikácie pre overenie navrhovanej metodiky

Na overenie navrhovanej metodiky bola vytvorená desktopová aplikácia ErgoStandard v Pythone s grafickým užívateľským prostredím pre lokálne spustenie.

Ukážka užívateľského rozhrania aplikácie je na obr. 6.1. Na obrázku je možné vidieť hlavný dashboard, ktorý je úvodnou stránkou s prehľadom projektov a rýchlym prístupom k funkciám. Na úvodnej stránke je tiež možné vytvoriť nový projekt, spustiť hodnotenie, zobraziť sumár.



Obr. 6 Ukážka vytvorenej aplikácie pre účel overenia metodiky (vlastné spracovanie)

5.2 Overenie navrhovanej metodiky v priemyselnej praxi s využitím aplikácie ErgoStandard

Overenie navrhovanej metodiky sa uskutočnilo v priemyselnom podniku, ktorého hlavnou úlohou je vyrábať autonómne mobilné zariadenia (AGV) pre jednotlivých zákazníkov. Spoločnosť sa primárne zaoberá montážou vidlicových AGV, podbiehacích AGV a AGV ťahačov. Produkty sa používajú najmä na transport materiálu, hotových výrobkov a zásobovanie pracovísk. Cieľom zavedenia týchto výrobkoch je zvýšiť automatizáciu v podniku. V hale, kde bolo realizované overenie práce, pracuje približne 40 zamestnancov. Zamestnanci pracujú na jednu pracovnú zmenu, ktorá trvá 8 hodín spolu s 30-minútovou prestávkou, a celú zmenu pracujú na jednej pracovnej pozícii. V rámci jednotlivých pracovných dní prebiehala rotácia zamestnancov pri vykonávaní pracovných činností. Jedná sa o kusovú výrobu na zákazku.

V rámci overenia navrhovanej metodiky sa sledovala a hodnotila montáž AGV. Zamestnanci boli sledovaní počas vyhotovenia objednávky montáže piatich AGV, pričom hodnotenie a sledovanie zamestnancov bolo realizované v rámci 3 týždňov trvania tohto konkrétneho projektu. Počas sledovaného obdobia zamestnanci a ich pracovné hodiny boli alokované iba na tento konkrétny projekt (zákazku) a prislúchajúce pracovné činnosti a komponenty vstupujúce do tejto objednávky. Montáž pozostávala z nasledujúcich pracovných činností:

- príprava káblov,

- inštalácia vodičov do pláta,
- montáž rozvádzača,
- pracovisko mechaniky,
- kompletizácia AGV.

V rámci overenia metodiky bolo sledovaných 8 pracovníkov počas 15 pracovných dní, t. j. 112,5 hodín bez prestávok. Počas sledovaného obdobia sa pracovníci striedali na pracovných činnostiach, pričom vždy zotrvali na týchto pracovných činnostiach počas celej pracovnej zmeny. Projekt bol realizovaný pred začatím, počas trvania a aj po skončení sledovaného obdobia, t. j. projekt prebiehal už pred sledovaným obdobím, pričom proces overenia metodiky do neho vstúpil v priebehu jeho realizácie. V nasledujúcej tab. 1 je možné vidieť, na ktorých pracovných činnostiach sa podieľajú jednotliví zamestnanci a aký je ich priemerný výkon, t. j. počet vyrobených kusov za zmenu na pracovníka. V sledovanom období boli vykonávané 4 pracovné činnosti z piatich, pričom na každú činnosť boli priradení dvaja zamestnanci. Jednu pracovnú činnosť vždy vykonával iba jeden pracovník v rámci celej pracovnej zmeny.

Tab. 1 Podiel pracovníkov na pracovných činnostiach a ich priemerný výkon

Pracovné činnosti	Zamestnanci								Priemerný výkon za pracovnú zmenu na pracovníka (počet vyrobených kusov za zmenu)
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Príprava káblov	✓			✓					120
Inštalácia vodičov do pláta		✓			✓				60
Montáž rozvádzača							✓	✓	1
Pracovisko mechaniky			✓			✓			1.5
Kompletizácia AGV*									0.3
* počas sledovaného obdobia sa táto činnosť nevykonávala									

5.3 Výsledky hodnotenia pracovných činností

Pri dvoch z ôsmich hodnotených zamestnancoch boli subjektívne a objektivizované hodnotenia v rámci metodiky vyvážené negatívne. Jeden z týchto zamestnancov pracoval na činnosti prípravy káblov (zamestnanec 1) a ďalší pracoval na pracovnej činnosti inštalácie vodičov do pláta (zamestnanec 5). Pri zvyšných šiestich zamestnancoch subjektívne a objektivizované hodnotenia boli vyvážené pozitívne, t. j. semaforové hodnotenie bolo zelené vo všetkých zložkách hodnotenia (Tab. 2). V tabuľke je možné vidieť konkrétne pracovné činnosti spolu so zamestnancami, ktorí ich realizujú, a zároveň je uvedený počet vyrobených kusov pripadajúcich na jedného pracovníka počas jednej pracovnej zmeny.

Tab. 2 Prehľad hodnotení zamestnancov pri vykonávaní pracovných činností (vlastné spracovanie)

Pracovné činnosti	Zamestnanci								Priemerný výkon za pracovnú zmenu na pracovníka (počet vyrobených kusov za zmenu)
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Príprava káblov	✓			✓					120
Inštalácia vodičov do pláta		✓			✓				60
Montáž rozvádzača							✓	✓	1
Pracovisko mechaniky			✓			✓			1.5
Kompletizácia AGV*									0.3
* počas sledovaného obdobia sa táto činnosť nevykonávala									
Subjektívne a objektivizované hodnotenia sú vyvážené pozitívne	Nie sú potrebné nápravné opatrenia.								
Subjektívne a objektivizované hodnotenia sú vyvážené negatívne	Vyžadujú sa nápravné opatrenia.								

5.4 Návrh nápravných opatrení

Pre každú nevyváženú kategóriu boli navrhnuté nápravné opatrenia, pričom boli identifikované väzby medzi jednotlivými problémami a príčinami. Preto sa predpokladá, že navrhnuté nápravné opatrenia by mohli plošne eliminovať problémy nadväzujúcich kategórií. Konkrétne nápravné opatrenia sú znázornené v tab. 3. a 4.

Tab. 3 Návrh nápravných opatrení pre zamestnanca 1 (vlastné spracovanie)

Zamestnanec 1				
Kategória	Zložka	Problém	Príčina	Riešenie
Senzorická záťaž	Subjektívna	Občasná únava očí sprevádzaná bolesťou hlavy	Časté pozeranie na obrazovku z neprimeranej vzdialenosti	Preškolenie zamestnanca, väčší monitor, okuliare s modrým filtrom
Motivácia	Subjektívna	Nízky pocit motivácie a vnútorného záujmu o prácu	Sociálne vzťahy na pracovisku	Analýza vzťahov na pracovisku, individuálne rozhovory s pracovníkmi na pracovisku
Pracovné generácie	Subjektívna	Senzorické požiadavky, motivácia a pracovná spokojnosť	Kombinácia príčin kategórií senzorickej záťaže a motivácie	Identické s kategóriami senzorická záťaž a motivácia

Tab. 4 Návrh nápravných opatrení pre zamestnanca 5 (vlastné spracovanie)

Zamestnanec 5				
Kategória	Zložka	Problém	Príčina	Riešenie
Senzorická záťaž	Subjektívna	Pocit zrakovej únavy sprevádzaný občasným tlakom v očiach	Časté pozeranie na obrazovku z neprimeranej vzdialenosti doma aj v práci	Preškolenie zamestnanca, väčší monitor, okuliare s modrým filtrom, odporúčanie k úprave návykov mimo pracoviska
Spánok a únava	Subjektívna	Občasný problém so zaspávaním a dennou únavou	Priamo nadväzuje na kategóriu senzorickej záťaže	Identické s kategóriou senzorickej záťaže

5.5 Opätovné hodnotenie zamestnancov pri vykonávaní pracovných činností

Proces overenia metodiky sa momentálne nachádza v štádiu implementácie nápravných opatrení, ktorého ukončenie sa očakáva po termíne odovzdania dizertačnej práce. Po skončení implementácie nápravných opatrení sa očakáva kontrola správnosti ich zavedenia. Po kontrole nasleduje validácia, ktorá sleduje, či bol dosiahnutý požadovaný efekt (zamestnanci budú opäť skontrolovaní hodnoteniami v tretej a štvrtej časti metodiky). Opätovné hodnotenie zamestnancov preto nebolo možné v súčasnosti realizovať, nakoľko neboli ukončené všetky procesy navrhutej metodiky.

5.6 Zhodnotenie navrhovanej metodiky po overení v priemyselnej praxi

Aplikovateľnosť metodiky

Overenie navrhovanej metodiky bolo uskutočnené v rámci procesu montáže AGV v podmienkach kusovej výroby na zákazku. V tomto type výroby sa metodika preukázala ako aplikovateľná. Hodnotiace hárky implementované do aplikácie umožnili posúdenie jednotlivých oblastí pracovnej záťaže. Použité škály hodnotenia boli zvyčajne rozličné pri objektivizovanej a subjektívnej zložke. Pri objektivizovanom hodnotení sa zvyčajne využívala trojstupňová škála 1-3-5 v závislosti od typu kritérií, avšak subjektívne hodnotenie bolo vo väčšine prípadov realizované na päťstupňovej škále 1-5. Škála objektivizovaného hodnotenia je definovaná na základe vopred definovaných kritérií, ktoré umožňujú zaradiť hodnotiaci stav do troch základných kategórií, čím sa znižuje miera subjektívnej interpretácie hodnotiteľa (priemyselný inžinier alebo ergonóm). Naopak, subjektívne hodnotenie vychádza z individuálneho vnímania zamestnanca, preto použitie päťstupňovej škály poskytuje citlivejší obraz o tom, ako zamestnanci hodnotia svoje pracovnú záťaž a pracovné podmienky. Navrhovaná metodika je preto flexibilná a použiteľná pre podmienky kusovej výroby.

Funkčnosť kombinácie objektivizovaného a subjektívneho hodnotenia

Kľúčový prínos navrhovanej metodiky je súbežné využitie objektivizovaného a subjektívneho hodnotenia. Overenie v priemyselnej praxi potvrdilo opodstatnenosť tohto prístupu. Vo všetkých

prípadoch bolo objektivizované hodnotenie v rámci použitého semaforového hodnotenia v pásme prijateľnej záťaže (zelená farba semaforového hodnotenia). V rámci subjektívneho hodnotenia bolo v niektorých prípadoch zistené zvýšenie vnímanie záťaže (žltá farba semaforového hodnotenia). Vyskytlo sa to najmä v oblastiach ako sú spánok a únava zamestnancov, senzorická záťaž, motivácia zamestnancov, či posúdenie vplyvu generácii pracovníkov. Tieto zistenia poukazujú na význam účastníckej ergonómie, nakoľko samotné splnenie stanovených kritérií v rámci objektivizovaného hodnotenia ešte nemusí znamenať, že zamestnanec pracovné podmienky aj subjektívne vníma ako dostačujúce a vhodné. Navrhovaná metodika týmto spôsobom umožňuje zachytiť rozdiel medzi merateľným stavom a prežívaným stavom, čo predstavuje významný prínos z hľadiska hodnotenia pracovnej záťaže.

Citlivosť metodiky

Overenie v priemyselnej praxi taktiež preukazuje dostatočnú citlivosť navrhovanej metodiky na individuálne rozdiely medzi zamestnancami. Zamestnanci sa striedali vo dvojiciach a pracovali na príslušných pracovných pozíciách, pričom podmienky boli pre všetkých zamestnancov rovnaké. Napriek tomu sa v subjektívnom hodnotení vyskytli rozdiely medzi zamestnancami, ktorí vykonávali rozdielnu pracovnú činnosť. Toto potvrdzuje, že metodika umožňuje zachytiť individuálne vnímanie záťaže, osobnostné charakteristiky pracovníkov a taktiež ich adaptačné schopnosti. Z tohto hľadiska je možné považovať navrhovanú metodiku za dostatočne citlivú, pretože dokáže zachytiť aj individuálne rozdiely vo vnímaní pracovnej záťaže medzi zamestnancami.

Limity overenia metodiky

Overenie metodiky bolo realizované v podmienkach kusovej výroby na zákazku, preto výsledky odrážajú špecifiká daného výrobného procesu a organizácie práce. Metodika zároveň nebola v čase hodnotenia overená v celom cykle, keďže navrhnuté nápravné opatrenia ešte neboli implementované, a preto nebolo možné realizovať všetky jej fázy. Z tohto dôvodu možno realizované overenie považovať najmä za praktické preverenie použiteľnosti a funkčnosti metodiky v reálnych pracovných podmienkach. Ďalšie využitie metodiky v rôznych typoch výroby môže prispieť k jej ďalšiemu rozvoju a taktiež jej overeniu v širšom kontexte.

Celkové zhodnotenie

Na základe realizovaného overenia v priemyselnej praxi je možné konštatovať, že navrhovaná metodika:

- je aplikovateľná v podmienkach kusovej priemyselnej výroby,
- umožňuje použiť rôzne hodnotiace škály podľa typu hodnoteného ukazovateľa,
- kombinuje objektivizované a subjektívne hodnotenie,
- je dostatočne citlivá na individuálne rozdiely medzi zamestnancami.

Overenie v priemyselnej praxi taktiež potvrdilo to, že kombinácia objektivizovaného a subjektívneho hodnotenia predstavuje významný prínos, nakoľko subjektívne hodnotenie umožňuje zamestnancom vyjadriť vlastné vnímanie pracovnej záťaže, ktoré sa nemusí vždy úplne zhodovať s výsledkami objektivizovaného posúdenia.

6 ZHODNOTENIE PRÍNOSOV NAVRHNUTÉHO RIEŠENIA

Navrhovaná metodika slúži na uplatnenie výkonových štandardov z pohľadu ergonómie. Metodika bola navrhnutá za účelom poskytnúť ucelený prístup k posúdeniu a uplatneniu výkonových štandardov v prostredí, ktoré sú súčasťou budúcich výrobných systémov (priemysel 5.0). Prínosom taktiež je, že metodika posudzuje výkonový štandard pracovníka nielen na základe objektivizovaného hodnotenia, ktoré zahŕňa štandardizované metódy, postupy a nástroje ergonómie, ale taktiež berie do úvahy subjektívnu odozvu jednotlivých zamestnancov, čím sa môže predísť zdravotným problémom a diskomfortu pri vykonávaní pracovnej činnosti u zamestnancov. Ďalším prínosom práce je taktiež prehľad súčasného stavu problematiky, ktorá sa sústreďuje na analýzu literatúry a identifikáciu podobností a rozdielov medzi rôznymi autormi. Súčasťou práce je aj realizovaný literárny prieskum, ktorý sa venuje najnovším vedeckým poznatkom vo svete, aktuálnym trendom a vývoju problematiky. Nasledujúce podkapitoly bližšie špecifikujú prínosy práce.

6.1 Teoretické prínosy práce

Hlavný teoretický prínos práce je samotný návrh a popis metodiky pre posúdenie a uplatnenie výkonových štandardov v podmienkach priemyslu 5.0.

Medzi ďalšie teoretické prínosy práce patrí:

- vytvorenie nových metód hodnotenia a ich prepojenie s existujúcimi metódami do uceleného prístupu (subjektívne a objektivizované hodnotenia),
- inovatívny prístup k hodnoteniu v ergonómii, ktorý zohľadňuje nielen pracovné, ale čiastočne aj mimopracovné aktivity zamestnancov,
- definovanie nových teoretických konceptov na meranie a hodnotenie pracovného výkonu s ohľadom na budúce výrobné systémy a priemysel 5.0.

6.2 Praktické prínosy práce

Hlavným praktickým prínosom práce je vytvorenie praktickej metodiky pre posúdenie a uplatnenie výkonových štandardov, ktorá umožní flexibilné prispôsobenie potrebám zamestnancov a aktuálnym pracovným podmienkam v prostredí budúcich výrobných systémov s prvkami Priemyslu 5.0 v priemyselnej praxi.

Ďalšie predpokladané praktické prínosy práce sú:

- vypracovanie nového prístupu hodnotenia pracovných faktorov so zameraním na pracovný výkon zamestnanca,
- rozšírenie poznatkov v oblasti ergonómie a pracovnej výkonnosti v priemyselnom prostredí,
- vytvorenie vhodného pracovného prostredia už v raných štádiách plánovania výrobných procesov,
- zlepšenie pracovných podmienok prostredníctvom racionalizácie práce s dôrazom na aspekty ergonómie,

- eliminácia zdravotných ťažkostí a úrazov u zamestnancov v priemysle,
- zabezpečenie vyššej spokojnosti zamestnancov a zníženie fluktuácie zamestnancov,
- upriamenie pozornosti na analýzu vplyvu faktorov z oblasti ergonómie na pracovný výkon zamestnancov v priemyselnom prostredí.

6.3 Ďalšie možnosti smerovania výskumu

Smerovanie výskumu v oblasti uplatnenia výkonových štandardov z oblasti ergonómie by mohlo zahŕňať nasledujúcich päť bodov:

- **overenie funkčnosti a využiteľnosti vytvorenej aplikácie,**
- **integrácia vytvorenej metodiky do konceptu priemyslu 5.0,**
- **prediktívny model rizika poklesu výkonu,**
- **preverenie celej spracovanej metodiky v iných priemyselných podnikoch a typoch výrobných systémov (napríklad RVS),**
- **obohatiť navrhovanú metodiku o multikultúrne aspekty.**

Overenie funkčnosti a využiteľnosti vytvorenej aplikácie. V prvom rade je dôležité prakticky overiť funkčnosť vytvoreného softvérového nástroja v reálnych podmienkach praxe. Predmetom by mohlo byť testovanie, ktoré by bolo zamerané na presnosť výstupov aplikácie a následne ich zrozumiteľnosť pre používateľov. Cieľom by bolo preveriť, či je aplikácia jednoducho použiteľná, spoľahlivá a vhodná na bežné použitie.

Integrácia vytvorenej metodiky do konceptu priemyslu 5.0. Navrhovanú metodiku by bolo možné rozpracovať a integrovať ju do konceptu priemyslu 5.0 prostredníctvom vytvorenia digitálneho dvojčaťa pracovníka. Vytvorením by vznikol dynamický digitálny model, ktorý by bol prepojený s pracoviskom a ktorý by pomocou ukazovateľov (fyzická záťaž, mentálna záťaž, únava, mikroklíma atď.) simuloval aktuálny stav pracovníka. V závislosti na to by nadväzoval adaptívny výkonový štandard, ktorý by sa vedel flexibilne upravovať podľa pracovných podmienok, miery únavy, veku, pracovnej generácie a pod. Týmto by sa zabezpečilo to, že by sa prešlo od statického merania práce k adaptívnemu výkonovému riadeniu, ktoré by rešpektovalo limity človeka.

Prediktívny model rizika poklesu výkonu. Perspektívou do budúcnosti je taktiež prepojenie vytvorenej metodiky s bezpečnosťou, kde by bolo možné na základe kombinácie hodnotených faktorov predikovať zvýšenú chybovosť (vznik nezhôd), pokles výkonnosti pracovníka alebo riziko pracovného úrazu. Takýto typ modelu by sa mohol použiť ako nástroj riadenia rizika vo výrobných procesoch.

Preverenie celej spracovanej metodiky v iných priemyselných podnikoch a typoch výrobných systémov (napríklad RVS). Prostredníctvom spracovania záverečných prác študentov, poprípade pri realizácii vedecko-výskumných alebo komerčných projektov pre prax by bolo možné preveriť navrhovanú metodiku v rôznych formách výroby (kusová, sériová,...).

Obohatiť navrhovanú metodiku o multikultúrne aspekty. Ďalší výskum môže byť zameraný na integráciu multikultúrnych aspektov do navrhovanej metodiky s cieľom zvýšiť jej aplikovateľnosť v podmienkach multinárodných pracovných kolektívov.

7 RESUMÉ

Ergonomics in manufacturing is becoming increasingly important as industry is rapidly developing and with it automation and technological innovation. However, many companies do not sufficiently take into account the human factor within their manufacturing systems, which can affect working comfort and especially worker performance. The comfort and needs of employees should be fundamental, because humans still play a key role in these systems. Therefore, human performance standards should also be an integral part of the working environment.

With the advent of Industry 5.0, which emphasizes cooperation between humans and automated systems, ergonomics is an important aspect, especially in the context of flexible and reconfigurable manufacturing systems. Work performance is closely linked to comfort, so it is essential to adapt working conditions to support human comfort and eliminate workload.

An unsuitable working environment can negatively affect work productivity and lead to deterioration of working conditions and a decrease in employee performance. Therefore, the integration of ergonomic principles into manufacturing systems is important for achieving sustainability and successful functioning of modern systems.

The use of a digital twin of a worker represents a significant potential for the future. After simulating and tuning work activities in a digital model, this knowledge can be directly applied in a real environment. At the same time, the digital twin can use real data of workers, which creates space for more accurate analyses and optimization of working conditions based on real data.

The first chapter of the dissertation is devoted to the characteristics of the researched issue. The second chapter pays attention to an overview of the current state of the issue. This chapter briefly presents key theoretical knowledge related to the topic of this work. The chapter focuses on the description of areas that are relevant to the topic of the work, and also focuses on the analysis of scientific and professional literature and the identification of similarities and differences between different authors. The third chapter deals with the literary survey of the addressed issue. This chapter collects the latest scientific studies from relevant world scientific databases. The literary survey helped to reveal gaps in this area, which helped to further direct this work. The fourth chapter defines the objectives of the dissertation, which were set based on the analysis of professional and scientific literature and a literature survey of the issue. The fifth chapter contains the core of the work, which is the very proposal of the methodology for applying performance standards from the perspective of ergonomics. The sixth chapter contains the verification of the proposed methodology in industrial practice. The seventh chapter describes the benefits of the dissertation and possible future directions of research.

The main theoretical contribution of the dissertation is the very proposal and description of the methodology for assessing and applying performance standards in the conditions of Industry 5.0. The main practical contribution of the work is the creation of a practical methodology for assessing and applying performance standards, which will enable flexible adaptation to the needs of employees and current working conditions in the environment of future production systems with elements of Industry 5.0 in industrial practice.

VÝBER ZOZNAMU POUŽITEJ LITERATÚRY

ANDERSEN, R., NAPOLEONE, A., ANDERSEN, A. L., BRUNOE, T. D., NIELSEN, K. 2024. *A systematic methodology for changeable and reconfigurable manufacturing systems development*. Journal of Manufacturing Systems, 74, 449–462. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2024.04.008>

BARTÁNUSOVÁ, M. 2015. *Návrh metodiky pre tvorbu a uplatnenie ergonomických preventívnych programov*. [dizertačná práca]. Katedra priemyselného inžinierstva. Strojnícka fakulta. Žilinská univerzita v Žiline. Žilina. 2015. 166 s.

BASINSKA, B. A. 2021. *Work motivation profiles and work performance in a group of corporate employees: A two-step cluster analysis*. Annals of Psychology, 23(3). Scopus. <https://doi.org/10.18290/RPSYCH20233-3>

BIGOŠOVÁ, E. 2021. *Prediktívny systém pre elimináciu dôsledkov práce u zamestnancov v priemyselnom podniku*. [dizertačná práca]. Katedra priemyselného inžinierstva. Strojnícka fakulta. Žilinská univerzita v Žiline. Žilina. 2021. 143 s.

CRĂCIUN, B. 2016. *Relaxation techniques – a presence in psychotherapeutic interventions*. Romanian Journal of Cognitive-Behavioral Therapy and Hypnosis, 3(1). ResearchGate. https://www.rjcbth.ro/image/data/v3-i1/V3I1_Barbara%20Craciun_RJCBTH.pdf

ČERNÝ, V., GROFOVÁ, K. 2015. *Relaxační techniky pro tělo, dech a mysl*. 1. vyd. Brno: Edika. 120 s. ISBN 978-80-266-0835-6.

DATTA, S., SEHGAL, S., BHATTACHARYA, B., SATGUNAM, P. N. 2023. *The 20/20/20 rule: Practicing pattern and associations with asthenopic symptoms*. Indian Journal of Ophthalmology, 71(5), 2071–2075. PubMed. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_2056_22

DULINA, Ľ. 2023. *Uplatnenie ergonómie vo výrobných a logistických systémoch*. Žilina: EDIS. 106 s. ISBN 978-80-554-1960-2.

EN 12464-1:2023, *Svetlo a osvetlenie. Osvetlenie pracovísk. Časť 1: Vnútorne pracoviská*.

EN ISO 10075-1, *Ergonomické zásady vo vzťahu k psychickej pracovnej záťaži. Časť 1: Všeobecné otázky a pojmy, termíny a definície*.

EN ISO 10075-1, *Ergonomické zásady vo vzťahu k psychickej pracovnej záťaži. Časť 1: Všeobecné otázky a pojmy, termíny a definície (ISO 10075-1: 2017)*.

EN ISO 10075-2, *Ergonomické zásady vo vzťahu k psychickej pracovnej záťaži. Časť 2: Zásady navrhovania (ISO 10075-2: 2024)*.

EN ISO 10075-3, *Ergonomické zásady vo vzťahu k psychickej pracovnej záťaži. Časť 3: Zásady a požiadavky na metódy merania a posudzovania psychickej pracovnej záťaže (ISO 10075-3: 2004)*.

EN ISO 10075-3: 2023 (83 3572), *Ergonomické zásady vo vzťahu k psychickej pracovnej záťaži. Časť 3: Zásady a požiadavky na metódy merania a posudzovania psychickej pracovnej záťaže*.

EN ISO 14738, *Bezpečnosť strojov. Antropometrické požiadavky na navrhovanie pracovísk pri strojoch (ISO 14738: 2002 + Cor.1: 2003 + Cor.2: 2005).*

EN ISO 19011:2018, *Návod na auditovanie systémov manažérstva.*

EN ISO 5349-1, *Mechanické kmitanie. Meranie a hodnotenie expozície človeka prenosom kmitania na ruky. Časť 1: Všeobecné požiadavky.*

EN ISO 6385: 2016, *Ergonomické zásady navrhovania pracovných systémov.*

EN ISO 7243, *Ergonómia tepelného prostredia. Posudzovanie tepelnej záťaže podľa ukazovateľa WBGT (teploty mokrého a guľového teplomeru).*

EN ISO 7726, *Ergonómia tepelného prostredia. Prístroje na meranie fyzikálnych veličín.*

EN ISO 7730, *Ergonómia tepelného prostredia. Analytické určovanie a interpretácia tepelnej pohody pomocou výpočtu ukazovateľov PMV a PPD a kritérií miestnej tepelnej pohody.*

EN ISO 9241-6, *Ergonomické požiadavky na kancelárske práce so zobrazovacími terminálmi. Časť 6: Požiadavky na pracovné prostredie.*

EN ISO 9612, *Akustika. Stanovenie expozície hluku v pracovnom prostredí. Technická metóda.*

EN ISO 9920, *Ergonómia tepelného prostredia. Odhad tepelnej izolácie a odparovacej odolnosti odevu.*

EU-OSHA, 2025. *Poškodenia podporno-pohybovej sústavy súvisiace s prácou. Bilbao: Európska agentúra pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci.* [online]. 2025 [cit. 2025-08-28]. Dostupné z: <https://osha.europa.eu/sk/themes/musculoskeletal-disorders>

Európska komisia: Generálne riaditeľstvo pre výskum a inovácie, BREQUE, M., DE NUL, L., PETRIDIS, A. 2021. *Priemysel 5.0: smerom k udržateľnému európskemu priemyslu zameranému na ľudí a odolnému.* Úrad pre vydávanie publikácií Európskej únie. Dostupné z: <https://data.europa.eu/doi/10.2777/308407>

GILBERTOVÁ, S., MATOUŠEK, O. 2002. *Ergonomie: optimalizace lidské činnosti.* Praha: Grada Publishing. 240 s. ISBN 80-247-0226-6.

GREGOR, M., HALUŠKA, M. 2013. *Rekonfigurovateľné výrobné systémy – technológie rekonfigurability.* Časopis pre stredný a vrcholový podnikový manažment : dvojmesačník CEIT, a.s., 14(2), 9–11. ResearchGate.

GREGOR, M., MIČIETA, B. 2010. *Produktivita a inovácie.* Žilina: Slovenské centrum produktivity. 320 s. ISBN 978-80-89333-16-5.

Hannover Messe, 2024. [online]. 2024 [cit. 2024-10-02]. Dostupné z: <https://www.hannovermesse.de/en/>

HASANAIN, B. 2024. *The Role of Ergonomic and Human Factors in Sustainable Manufacturing: A Review.* Machines, 12(3), 159. Scopus. <https://doi.org/10.3390/machines12030159>

HOSKOVEC, J., ŠTIKAR, J., RIEGEL, K., RYMEŠ, M. 2003. *Psychologie ve světě práce*. Praha: Karolinum. 462 s. ISBN 80-246-0448-5.

IEA, 2024a. [online]. 2024 [cit. 2024-04-18]. Dostupné z: <https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/>

JOHNS, M. W. 1992. *Reliability and factor analysis of the Epworth Sleepiness Scale*. *Sleep*, 15(4), 376–381. <https://doi.org/10.1093/sleep/15.4.376>

KOREN, Y. 2010. *The Global Manufacturing Revolution. Product-Process-Business Integration and Reconfigurable Systems*. Hoboken: John Wiley & Sons Inc. 399 s. ISBN: 978-0-470-58377-7.

LORKO, M. 2001. *Ergonómia vo výrobe*. Prešov: Fakulta výrobných technológií Technickej univerzity v Košiciach, so sídlom v Prešove. 105 s. ISBN 80-7099-692-7.

Pew Research Center, 2019. *Defining generations: Where Millennials end and Generation Z begins*. [online]. 2025 [cit. 2025-04-04]. Dostupné z: <https://www.pewresearch.org/?p=10983>

SABLIK, J. 1990. *Ergonómia*. Bratislava: SVŠT v Bratislave. 213 s. ISBN 80-227-0299-4.

SABLIK, J. a kol. 1995a. *Progresívne metódy racionalizácie a normovania práce I*. Trnava: Slovenská technická univerzita v Bratislave MTF STU Trnava a ŠaVMC Trnava. 196 s. ISBN 80-227-0774-0.

SABLIK, J. a kol. 1995b. *Progresívne metódy racionalizácie a normovania práce II*. Trnava: Slovenská technická univerzita v Bratislave MTF STU Trnava a ŠaVMC Trnava. 147 s. ISBN 80-227-0774-0.

SALAJ, L. 2024. *Vibro-akustické riziká v strojárskom priemysle a ich vplyv na človeka*. [dizertačná práca]. Katedra kvality, bezpečnosti a environmentu. Strojnícka fakulta. Technická univerzita v Košiciach. Košice. 2024. 99 s.

SLAMKOVÁ, E., DULINA, Ľ., TABAKOVÁ, M. 2010. *Ergonómia v priemysle*. Žilina: GEORG knihárstvo a tlačiareň. 262 s. ISBN 978-80-89401-09-3.

Slovenská ergonomická spoločnosť, 2025. [online]. Dostupné z: http://ergonomicka.sk/SES/?page_id=765

VOTAVA, J. a kol. 1988. *Jóga očima lekářů*. Praha: Avicenum. 170 s. ISBN 08-052-88.

Vyhláška č. 542/2007 Z.z. o podrobnostiach a ochrane zdravia pred fyzickou záťažou pri práci, psychickou pracovnou záťažou a senzorickou záťažou pri práci.

WALKER, M. 2018. *Prečo spíme*. Bratislava: Citadella. 412 s. ISBN 978-80-8182-110-3.

ZHENG, G., KOVALENKO, I., BARTON, K., TILBURY, D. 2018. *Integrating Human Operators into Agent-based Manufacturing Systems: A Table-top Demonstration*. 28th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM 2018, Columbus, 17, 326–333. Conference paper. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.053>

Kompletný zoznam použitej literatúry je k dispozícii v dizertačnej práci.

VÝBER NAJRELEVANTNEJŠEJ PUBLIKAČNEJ ČINNOSTI

1. Zuzik, J., Furmannová, B., Dulina, Ľ.: Streamlining project management in the production sector: a case study of Industrial Engineering. In: Management and Production Engineering Review, 2024, roč. 15, č. 2, s. 85-98. ISSN 2082-1344.
Zaradené v: Web of Science Core Collection; Emerging Sources Citation Index; SCOPUS
2. Dulina, Ľ., Zuzik, J., Furmannová, B., Kukla, S.: Improving material flows in an industrial enterprise: a comprehensive case study analysis. In: Machines, 2024, roč. 12, č. 5, s. 1-26. ISSN 2075-1702.
Zaradené v: SCOPUS; Current Content Connect; Web of Science Core Collection; Science Citation Index Expanded
3. Mičieta, B., Macek, P., Biňasová, V., Dulina, Ľ., Gašo, M., Zuzik, J.: Modular intelligent control system in the pre-assembly stage. In: Electronics, 2024, roč. 13, č. 9, s. 1-22. ISSN 2079-9292.
Zaradené v: Current Content Connect; SCOPUS; Web of Science Core Collection; Science Citation Index Expanded
4. Gašo, M., Zuzik, J., Dulina, Ľ., Máchová, M., Furmannová, B.: New approach to sustainable physical workload assessment using a smart glove. In: Applied Sciences, 2025, roč. 15, č. 23: 12798, s. 1-21. ISSN 2076-3417.
Zaradené v: Current Content Connect; SCOPUS; Web of Science Core Collection; Science Citation Index Expanded
5. Dulina, Ľ., Krajčovič, M., Biňasová, V., Zuzik, J., Chládeková, D.: Enhancing transportation through route strategy proposal using localization measurement technology. In: MM Science Journal, 2024, roč. 2024-June, s. 7380-7387. ISSN 1803-1269.
Zaradené v: Web of Science Core Collection; Scopus
6. Krajčovič, M., Dulina, Ľ., Biňasová, V., Zuzik, J.: The design of elements of an adaptive assembly system. In: MM Science Journal, 2023, roč. 2023-December, s. 7035-7041. ISSN 1803-1269.
Zaradené v: Web of Science Core Collection; Scopus
7. Plinta, D., Dulina, Ľ., Furmannová, B., Zuzik, J.: Transport efficiency strategies in assembly workplace: a case study. In: Communications - Scientific Letters of the University of Žilina, 2024, roč. 26, č. 3, s. B187-B198. ISSN 1335-4205.
Zaradené v: Web of Science Core Collection; Scopus
8. Gašo, M., Zuzik, J., Dulina, Ľ., Máchová, M., Plinta, D.: Reducing hand strain in industrial tasks using the innovative CERAA glove system. In: 15th IFAC Workshop on Intelligent Manufacturing Systems IMS 2025: proceedings. Amsterdam: Elsevier, 2025, s. 1-6. ISSN 2405-8963.
Zaradené v: Scopus
9. Dulina, Ľ., Zuzik, J., Máchová, M., Matys, M., Gašo, M.: Use of virtual reality in industrial engineering: a case study. In: Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance 4 (Vol. 1. Mechanical Engineering). Cham: Springer Nature, 2025, s. 63-76. ISBN 978-3-031-99158-5.
Zaradené v: Scopus

Kompletný zoznam publikačnej činnosti je k dispozícii na webovej stránke Katedry priemyselného inžinierstva.