

# SINERGIJSKI UČINKI OCENJEVALNIH METOD OWAS IN KIM PRI CELOVITI ERGONOMSKI ANALIZI

ZVONE BALANTIČ, SOFIJA ĐOKOVIĆ,  
BRANKA JARC KOVAČIČ

Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija  
zvone.balantic@um.si, sofija.djokovic@student.um.si, branka.jarc@guest.um.si

Študija je bila izvedena v Laboratoriju za inženiring poslovnih in produkcijskih sistemov (LIPPS), kjer smo analizirali telesne drže delavcev na simulirani montažni liniji. Metode OWAS (OVAKO Working Postures Analysing System) in KIM (Key Indicator Method) so bile uporabljene za prepoznavanje kritičnih telesnih drž v delovnem procesu. Glavni cilj raziskave je bil raziskati možno sinergijo med tema dvema metodama ter izboljšati razumevanje ergonomskih dejavnikov v delovnem okolju. Ugotovitve so pokazale, da je integracija obeh metod omogočila natančnejšo identifikacijo kritičnih telesnih položajev in prilagajanje delovnih postopkov ter opreme posameznim delavcem. Rezultati proučevanega delovnega postopka so izpostavili, da je delo na montažni liniji povezano z zmerno utrujenostjo po metodi OWAS, medtem ko je metoda KIM pokazala bistveno povečana tveganja za telesne obremenitve pri ročnih delih. Rezultati poudarjajo pomen izvedbe obeh analiz za objektivno oceno delovnih pogojev in izboljšanje produktivnosti delavcev, kar lahko dolgoročno pozitivno vpliva na zdravje in zadovoljstvo zaposlenih ter na uspešnost podjetja.

DOI  
[https://doi.org/  
10.18690/um.fov.1.2025.4](https://doi.org/10.18690/um.fov.1.2025.4)

ISBN  
978-961-286-947-2

**Ključne besede:**  
ergonomija,  
sinergija,  
metoda,  
ocena,  
obremenitev



Univerzitetna založba  
Univerze v Mariboru

DOI  
[https://doi.org/  
10.18690/um.fov.1.2025.4](https://doi.org/10.18690/um.fov.1.2025.4)

ISBN  
978-961-286-947-2

# SYNERGISTIC EFFECTS OF OWAS AND KIM ASSESSMENT METHODS IN A COMPREHENSIVE ERGONOMIC ANALYSIS

ZVONE BALANTIČ, SOFIJA ĐOKOVIĆ,  
BRANKA JARC KOVAČIČ

University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia  
[zvone.balantic@um.si](mailto:zvone.balantic@um.si), [sofija.djokovic@student.um.si](mailto:sofija.djokovic@student.um.si), [branka.jarc@guest.um.si](mailto:branka.jarc@guest.um.si)

**Keywords:**  
ergonomics,  
synergy,  
method,  
evaluation,  
strain

The study was conducted at the Laboratory of Enterprise Engineering (LIPPS), where we analysed the body postures of workers on a simulated assembly line. The OWAS (OVAKO Working Postures Analysis System) and KIM (Key Indicator Method) were used to identify critical body postures in the work process. The main aim of the research was to explore the potential synergy between these two methods and improve understanding of ergonomic factors in the work environment. Findings showed that integrating both methods allowed for more precise identification of critical body postures and customization of work procedures and equipment for individual workers. The results of the studied work process pointed out that work on the assembly line was associated with moderate fatigue according to the OWAS method, while the KIM method revealed significantly increased risks of physical strain in manual tasks. The results underline the importance of ergonomic analyses in creating better working conditions and improving worker productivity, which can positively impact employee's health, satisfaction, and business performance. The results underline the importance of both analyses to objectively assess working conditions and improve worker's productivity, which can positively impact employee's health and satisfaction and company performance in the long term.



## 1 Uvod

V sodobnem industrijskem okolju optimizacija delovnih pogojev postaja ključna sestavina učinkovitosti in varnosti v okviru proizvodnje. Optimizacijo delovnih pogojev lahko dosežemo le s celostnim pristopom, ki vključuje različna področja. Eno od njih predstavlja ergonomski dizajn, ki poleg tega, da prispeva k povečanju produktivnosti in izboljšanju delovne učinkovitosti zaposlenih, pripomore k zmanjšanju tveganja za poškodbe in omogoča prilagajanje delovnega okolja nenehnim spremembam in uvajanju novih tehnologij.

Ergonomija preučuje človekove telesne in duševne zmožnosti, povezane z delom, delovnim okoljem in delovnimi obremenitvami (Balantič idr., 2016). Ergonomija je lahko študij interakcije med ljudmi in stroji ter študij dejavnikov, ki vplivajo na to interakcijo. Njena naloga je izboljšati delovanje sistemov z izboljšanjem medčloveške interakcije s stroji (Bridger, 2008). Ergonomija je tudi uporaba znanstvenih načel, metod in podatkov, pridobljenih iz različnih disciplin, za razvoj sistemov, v katerih ljudje igrajo pomembno vlogo. Področje uporabe zajema posameznika, ki uporablja preprosto orodje in sega do kompleksne socio-tehnične organizacije z več udeleženci (Kroemer idr., 2018).

Dober dizajn se lahko obravnava kot tisti, ki upošteva sposobnosti in omejitve uporabnikov ter njihove potrebe in pričakovanja pri razvoju izdelka, da bi naredil estetske, funkcionalne in proizvodne vidike združljive z njegovo uporabnostjo in izkušnjami uporabnikov (Soares idr., 2016). Dobro oblikovano ergonomsko delovno mesto, orodje ali mikro- oziroma makrookolje zahtevajo pretehtane oblikovalske odločitve in upoštevanje ergonomskih načel. Človek mora biti v delovnem okolju sposoben vzdrževati ustrezno držo telesa (Balantič idr., 2016).

Montažne linije vključujejo več delovnih postaj, na katerih en ali več delavcev izvaja niz operacij (Sokolov idr., 2021). Ergonomija v proizvodnih in montažnih okoljih igra ključno vlogo zaradi potrebe po zagotavljanju varnega in udobnega delovnega prostora za človeške operaterje. S tem se zmanjšuje nelagodje, stres in utrujenost (Bortolini idr., 2021).

Delo bo temeljilo na razvoju metodologije reševanja, izvedbi analiz ter pregledu relevantne teorije in smernic s področja ergonomije. Cilj je boljše razumevanje ključnih dejavnikov, ki oblikujejo ergonomijo na delovnem mestu, ter razvoj konkretnih in praktičnih rešitev za izboljšanje teh pogojev.

## 2 Teoretična izhodišča

Beseda ergonomija izhaja iz grških besed »ergon«, ki pomeni delo, in »nomos«, ki pomeni načelo ali zakon. Njen pomen je prvi opredelil poljski učenjak, filozof in naturalist Wojciech Jastrzebowski, ki je ergonomijo opisal kot »znanost o delu« (Trapečar, 2012).

Ergonomija je torej znanost, ki je vpeta med človeka in njegovo delo, pri tem pa proučuje anatomsko, fiziološka, mehanska, kognitivna in organizacijska načela vplivov na zmogljivost človeka pri delu. Ergonomija je interdisciplinarno proučevanje delovnih obremenitev ter iskanje razbremenitev, kadar obremenitev povzroča neudobje ali celo prekoračuje tolerančno mejo (Balantič, 2000).

Ergonomija se ukvarja z vzajemnimi odnosi in povezavami človeka z njegovim delovnim okoljem v vsej njegovi raznovrstnosti, dinamiki in strukturi. V skladu z današnjimi usmeritvami v znanosti, z možnostmi in s potrebami v sodobnem svetu, je pozornost ergonomije osredinjena na sistem med človekom in strojem (pri tem je treba pojem stroj razumeti v najširšem smislu), oziroma na komunikacije in procese, predelovanje informaciji in spreminjanja energije ter na dejavnike, ki vplivajo na vse te procese (Balantič idr., 2016).

Dizajn je opredeljen kot ključna disciplina in dejavnost za predstavitev idej na trgu, preoblikovanje le-teh v uporabniku prijazne in privlačne izdelke ali storitve (Tosi, 2019). Glavna usmeritev ergonomskega oblikovanja je usklajenost objektov in okolij z dejavniki človeškega delovanja. Cilj je uskladiti funkcionalnosti nalog z možnostmi ljudi, ki jih izvajajo. Znanje o ergonomskem oblikovanju je obsežno, saj upošteva ne le antropometrijo in biomehaniko, temveč tudi kognitivne vidike (Kuijt-Evers idr., 2004).

Oblikovanje zagotavlja niz metodologij, orodij in tehnik, ki se lahko uporabljajo v različnih fazah inovacijskega procesa za povečanje vrednosti novih izdelkov in storitev.

Vloga ergonomije v procesu oblikovanja se nanaša tako na umestitev ergonomskega posega kot na strokovnjaka iz področja ergonomije v proces oblikovanja izdelka ter na odnos med tem strokovnjakom in drugimi akterji v tem procesu (Tosi, 2019). Da bi zagotovil ustrezne oblikovalske rešitve, mora oblikovalec razmišljati o širokem naboru vplivnih dejavnikov. Ergonomska vrednost izdelka je zagotovo ena od zadev, ki jo je treba obravnavati. Manj izkušen oblikovalec se lahko sreča s številnimi težavami pri iskanju ergonomsko ustrezne oblikovalske rešitve (Kaljun idr., 2012). Spretnosti strokovnjaka iz področja ergonomije so na splošno potrebne v kompleksnih proizvodnih procesih, v katerih ekonomske in operativne omejitve določajo ne le vire za ergonomsko izboljšavo, temveč tudi prostor za dialog med različnimi strokovnimi osebnostmi in načine, kako se spretnosti in metodološka orodja, ki jih zagotavlja ergonomija, lahko umestijo tako v faze načrtovanja kot v inženirske in proizvodne faze (Tosi, 2019).

Ne glede na značilnosti in kompleksnost sistema, ergonomija deluje z uporabo najustreznejših teoretičnih in metodoloških orodij za analizo potreb uporabnikov in oblikovanje interakcije znotraj sistema, katerega sestavni del in fokus oblikovanja je oseba. Ergonomija deluje tudi na aplikativni in teoretični ravni ter v okviru omejitev specifičnega oblikovalskega problema. Cilj, ki ga je treba doseči, dejansko ni optimalna rešitev, ampak najboljše možno ravnovesje med posamezniki in tem, kar uporabljajo glede pogojev delovanja in razpoložljivih virov (Tosi, 2019).

Ergonomija je tesno povezana s tehnološkim razvojem, ki ga vključuje v povezave med človekom, izdelkom in okoljem. Za doseg tega cilja se ergonomija najprej osredotoča na človeške zmožnosti in celo na njihove omejitve pri oblikovanju izdelkov, prilagojenih človeškim lastnostim. Dodatno preučuje človeško dejavnost v realnih situacijah, pri čemer cilj ni le upoštevati izolirane funkcije, kot je bilo to prej, temveč tudi vedenjske vzorce, kot so geste, pogledi, sklepanje itd. To vključuje tako trenutne situacije kot tudi tiste, ki se oblikujejo (Sagot idr., 2003).

Aktualna industrijska revolucija I4.0 je povezana z različnimi tehnološkimi megatrendi, kot so digitalizacija, umetna inteligenca, internet stvari, aditivna proizvodnja, kibernetski fizični sistemi, računalništvo v oblaku ter hitro povečanje avtomatizacije in robotike v proizvodnih procesih (Reiman idr., 2021). Ker je tema Industrija 4.0 razmeroma nova, je raziskovanje človeškega dela v tem kontekstu še vedno omejeno. Poleg tega so dostopne raziskave znotraj tega ozkega področja večinoma osredotočene na vključevanje delavcev v proizvodne procese na nižji operativni ravni in zanemarjajo zgornje ravni, ki se ukvarjajo z odločanjem, nadzorom in načrtovanjem (Pacaux-Lemoine idr., 2017). Zato bi lahko uporaba pristopa človeških dejavnikov in ergonomije HF/E (HF-človeški dejavniki /Human Factors; E-ergonomija/Ergonomics) predstavljala interdisciplinarno področje, ki se ukvarja z oblikovanjem sistemov, izdelkov, in okolij ob upoštevanju človeških zmognosti, omejitev ter potreb. Bila bi izjemno koristna pri analiziranju, razumevanju in oblikovanju človeškega dela v Industriji 4.0 (Kadir idr., 2019).

Pametne montažne linije so mejnik v Industriji 4.0, ki omogoča učinkovito in uspešno proizvodnjo kompleksnih izdelkov s sprejemljivim časom do dobave izdelkov na trg.

Montaža izdelkov predstavlja več kot 50% skupnega časa proizvodnje in 20% celotnih proizvodnih stroškov. V sodobnem, dinamičnem industrijskem okolju morajo montažni sistemi imeti sposobnost prilagajanja različnim izdelkom, tržnim zahtevam, tehnološkim in regulativnim spremembam (Bortolini idr., 2021).

Delavci v montažnih oddelkih so običajno nagnjeni k težavam mišično-skeletnega sistema zaradi napornih operacij, ki se ponavljajo pri visoki frekvenci dela. Ergonomska tveganja pri montaži imajo negativen vpliv tako na zdravje delavca kot tudi na kakovost življenja. Tveganja prav tako vplivajo na gospodarske rezultate podjetij in na njihov ugled. Ergonomija delovnega mesta postaja še bolj pomembna zaradi nedavnih zakonodajnih sprememb, ki zajemajo področje strojev, varnosti in zdravja pri delu ter so povezane s staranjem delovne sile v večini razvitih držav (Otto in Scholl, 2011).

## 2.1 Metode za ergonomsko analizo

Pogosto omenjene in uporabljene metode kontrole ergonomskih fizičnih obremenitev so RULA, REBA in OWAS. Vsaka od metod ima določene značilnosti, ki jih lahko izpostavimo pri delu. Primerjalne analize prispevajo k hitrejšim rešitvam ergonomske dejavnosti, kar ne pomeni le humanizacije dela, temveč tudi varčevanje, ko se z ukrepi zmanjšajo možnosti obolevnosti zaradi dela (poškodbe, okvare, kronična obolenja, invalidnosti ipd.) (Balantič idr., 2016). V zadnjem času postaja vse bolj izpostavljena in uporabljena tudi metoda KIM (angl. Key Indicator Method), ki ocenjuje delovne pogoje, povezane z ročnim premeščanjem bremen.

### 2.1.1 RULA

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) je subjektivna metoda opazovanja analize drže, ki se osredotoča na zgornji del telesa (trup), vključuje pa tudi spodnji del telesa. Uporablja niz grafičnih opredelitev različnih telesnih drž, pri čemer je vsaki najpogostejši opazovani drži dodeljena numerična ocena (McAtamney in Corlett, 1992).

Razvita je bila za ergonomske raziskave na delovnih mestih, da bi reševala težave in nepravilnosti drže celotnega telesa s posebnim poudarkom na identifikaciji nepravilnosti zgornjih okončin, vratu in trupa ter dejavnosti mišic in zunanjih obremenitev. Uporaba metode RULA lahko prepreči pojav poškodb in tveganj ter prispeva k boljšemu delovnemu okolju. Metoda temelji na anketiranju subjektov na posameznih delovnih mestih, zato je v večji meri odvisna od individualnega občutka in interpretacije zabeleženih podatkov. Ocenjevalna metoda je torej zelo subjektivna, vendar je kljub temu koristna pri identifikaciji potrebnih izboljšav. Opazovanje telesnih položajev pri delu in beleženje podatkov poteka po korakih za posamezne predele telesa, pri čemer ocene vnašamo v tabelo za postopno določanje končne stopnje tveganja za poškodbe (Balantič idr., 2016).

Metodo izvedemo v treh korakih (Balantič idr., 2016):

1. Število ocenjevanj: Iz intervjuja z opazovanimi subjekti pridobimo predstavo o delovnem okolju in o delovnih nalogah ter zahtevah delovnega

- procesa. Pri splošni vizualni oceni želimo pridobiti tudi informacijo o ključnih gibih in položajih telesa.
2. Točkovanje in snemanje: Glede na zbrane podatke o vrsti in obliki dela, se odločimo za segmentno razvrščanje poteka opazovanja. Lahko se odločimo, da bomo najprej opazovali levo, nato pa desno stran telesa ali najprej posamezni telesni segment na levi in desni strani. Običajno beleženje opravljamo za izbrani telesni segment, istočasno za levo in desno stran.
  3. Določanje oziroma izbor stopnje ukrepanja glede na oceno ovrednotimo s točkami:
    - Od 1 točke do 2 točki: zanemarljivo majhno tveganje, zato ukrepi niso potrebni;
    - Od 3 do 4 točke: nizko tveganje, spremembe so morda potrebne;
    - Od 5 do 6 točk: srednje tveganje, potrebna je nadaljnja preiskava, prilagoditev delovnega mesta moramo izvesti kmalu;
    - 7 ali več točk: zelo visoko tveganje, ki zahteva takojšnje ukrepanje, potrebna je takojšnja nadaljnja preiskava nepravilnosti.

Končne ocene se gibljejo od najboljših 1, 2 ... do najslabših ... 6, 7. Od ocene je odvisno, kakšno dinamiko izboljšav določeno delovno mesto potrebuje.

### **2.1.2 REBA**

Rapid Entire Body Assessment (REBA) je hitra ocena celotnega telesa in je bila razvita za oceno tveganja telesne države delavcev s kostno-mišičnimi obolenji, predvsem v zdravstvenih ustanovah in drugih storitvenih dejavnostih. Pri uporabi metode REBA opazovalec oceni delavca pri različnih delih na proučevanem delovnem mestu, vključno s položajem trupa, rok, nog in glave. Pri tem oceni tudi sile in hitrosti gibanj. Ocenjevalec nato delne rezultate poveže v končno oceno tveganja za določeno delovno mesto (Soares idr., 2016).

Metoda REBA uporablja sistem ocenjevanja za analizo delovnih nalog, pri čemer analizira položaje telesa ter obremenitve in pogostost gibanja delavca. Metoda identificira različne segmente telesa in jih ocenjuje glede na specifična merila tveganja. Z združevanjem delnih segmentnih ocen se oblikuje celotna ocena po metodi REBA, na podlagi katere se določi raven tveganja za delavca na določenem



delovnem mestu. Glede na pridobljen rezultat priporočamo ustrezne ukrepe za zmanjšanje tveganja, vključno z ergonomskimi intervencijami, spremembami delovnega okolja ali z reorganizacijo delovnih procesov. Metoda omogoča celovit pregled delovne naloge in identifikacijo področij, ki zahtevajo ukrepe za preprečevanje poškodb mišično-skeletnega sistema (Madani idr., 2016).

Razvoj metode REBA je imel za cilj (Hignett idr., 2000):

- Razviti sistem analize drže, občutljiv na mišično-skeletna tveganja pri različnih nalogah;
- Razdeliti telo na segmente, ki jih ocenjujemo posamično, z obravnavo v gibalnih ravninah;
- Zagotoviti ocenjevalni sistem za mišično aktivnost, ki jo povzročajo statični, dinamični, hitro spreminjajoči se ali nestabilni položaji;
- Sporočati, da je kompleksnost pomembna pri ravnanju z bremenmi, vendar se to ne dogaja vedno preko obremenitev rok;
- Določiti raven ukrepanja z navedbo nujnosti;
- Izvesti metodo ob minimalni opremi (ročno beleženje in obdelava zbranih podatkov).

Telesno držo analiziramo z uporabo REBA metode, ki vključuje merjenje kotov gibljivosti, ocenjevanje obremenitve zaradi sil, ponavljajoče se gibe in frekvence sprememb drže telesa. V analizo so vključeni različni deli telesa, kot so vrat, trup, zgornji in spodnji deli rok, noge ter zapestja. Za vsak anatomski del določimo razpon položajev, ki je povezan s točkovanjem. Vrednosti točkovanja naraščajo, ko se oddaljujemo od nevtralnega položaja segmenta, kar odraža stopnjo odstopanja od optimalne drže (Madani idr., 2016).

### 2.1.3 OWAS

Človek je pri svojem delu izpostavljen fizikalnim obremenitvam. Telo delavca se prilagaja trenutnim obremenitvam in pri tem zavzema najrazličnejše položaje. Pri delu stremimo k temu, da so lokalne obremenitve telesnih segmentov čim manjše in znotraj dopustnih obremenjenosti telesa. Metoda je nastala leta 1973 na Finskem, kjer so jo razvili za potrebe jeklarske industrije Ovako Oy in je tako dobila ime OWAS (angl. OVAKO Working Postures Analysing System) (Karhu idr., 1997).

Metoda OWAS je bila razvita z namenom, da bi lahko čim bolj objektivno ocenili stopnjo izpostavljenosti celotnega človeškega telesa določenim zunanjim fizikalnim obremenitvam pri delu (Balantič idr., 2016). OWAS je bil sprva oblikovan z identifikacijo 72 položajev, ki so bili ugotovljeni s fotografiranjem delovnih položajev v različnih delovnih okoljih podjetja OVAKO OY. Zanesljivost sistema so potrdile analize več nalog s strani skupine nacionalnih in mednarodnih inženirjev, ki so bili prej usposobljeni za uporabo metode (Gómez-Galán idr., 2017). Opazovanja sta izvajala dva inženirja na dveh delavcih med dvema različnima delovnima izmenama (jutranja in popoldanska). Rezultati, pridobljeni s strani obeh skupin, so bili približno podobni. Nato so določili štiri kategorije tveganja, pri čemer je prva povezana z normalnimi položaji brez priporočil za kakršnekoli korektivne ukrepe. Druga in tretja kategorija se nanašata na položaje z nekaj tveganja, s priporočili za korektivne ukrepe v srednjeročnem obdobju. Četrta kategorija se nanaša na nesprejemljive položaje s priporočili za takojšnje korektivne ukrepe (Gómez-Galán idr., 2017).

H	R	N	O	dt
---	---	---	---	----

ZAPOREDNA ŠT. ČASOVNEGA INTERVALA;	
dt	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ... Časovni interval je enak, vendar poljubno izbran na začetku vzorčenja

HRBTENICA – H		ROKE – R		NOGE – N		OBREMNITEV – O	
1	vzravnan	1	obe roki sta pod nivojem ramen	1	sedenje	1	teža ali potrebna sila do 100 N
2	nagnjena naprej ali nazaj	2	ena roka je dvignjena do niv. ramen ali višje	2	stanje z obema vzravnanimi nogama	2	teža ali potrebna sila med 100 in 200 N
3	zasukana ali nagnjena vstran	3	obe roki sta dvignjeni do nivoja ramen ali višje	3	stanje z obremenitvijo na eni iztegnjeni nogi	3	teža ali potrebna sila nad 200 N
4	zasukana in nagnj. ali nagnjena naprej in vstran			4	stanje ali čepenje z obema upognj. kolenoma		
				5	stanje ali čepenje z enim upognjenim kolenom		
				6	klečanje na enem ali na obeh kolenih		
				7	hoja ali gibanje		

Slika 1 : Kodiran zapis številčne kode (Balantič idr., 2016)

Metoda OWAS je bila zasnovana za identifikacijo pogostosti in časa, ki ga delavci porabijo v določenih položajih med nalogo, za študijo in oceno situacije ter priporočila za korektivne ukrepe. OWAS identificira najbolj običajne položaje za hrbet (4 položaji), roke (3 položaji), noge (7 položajev) in jakost obremenitve (3 kategorije) (Slika 1). To pomeni do 252 možnih kombinacij.

Vsak položaj, ki ga delavec zavzame, je bil opisan s 4-mestno številko (kodo), odvisno od klasifikacije znotraj prejšnjih položajev za vsak del telesa in obremenitev. Strokovnjaki so proučili celotno matriko in ocenili posamezne kombinacije (Slika 2).

Lestvico težavnosti so razdelili v štiri stopnje glede na obremenitev telesa. Iz tega sledi tudi stopnja ukrepanja:

- 1. stopnja: Normalni telesni položaji, ki so še v mejah udobja. Pri tej stopnji ne zaznavamo kvarnega vpliva na zdravje delavca. Prva stopnja ne potrebuje posebnega ukrepanja.
- 2. stopnja: Na tej stopnji se že pojavijo obremenitve telesa, ki so posledica neprimernih položajev pri delu. Ukrepi niso takojšnji, vendar je o njihovi implementaciji treba razmisliti v doglednem času.
- 3. stopnja: Ta stopnja govori o povečanem neudobju delavca pri delu, zato je treba temeljno razmisliti o hitri uvedbi ukrepov za izboljšanje ergonomije na delovnem mestu.
- 4. stopnja: Če se ocena ustavi šele na tej stopnji, potem je to signal za takojšnje ukrepanje in seveda takojšnjo uvedbo ustreznih ergonomskih ukrepov (Balantič idr., 2016).

Zelo univerzalen zapis je uspel avtorju Petru Lundqvistu, ki je na enostaven način uspel zapisati stopnjo tveganja za nastanek poškodbe za posameznega delavca na določenem delovnem mestu. Lundqvistov indeks pokuši zajeti odstotne deleže težavnosti, v katerih se znajde delavec pri opravljanju del in nalog oziroma stopenj ukrepanja, ki so potrebne za zmanjšanje obremenitev. Lundqvistov indeks (L) lahko določimo glede na posamezno fazo dela ali za celoten delovni čas.

		1			2			3			4			5			6			7			<--- NOGE
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	<--- OBREM.
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2	
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4	
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1	
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
HRBTENICA --->																							
ROKE --->																							

Slika 2 : Matrika težavnosti glede na obremenitve telesa (Balantič idr., 2016)

$$L = (1 * SU_1 + 2 * SU_2 + 3 * SU_3 + 4 * SU_4) * 100 \quad (1)$$

$$SU_1 + SU_2 + SU_3 + SU_4 = 1 \quad (2)$$

SU<sub>1</sub> – Delež vseh telesnih sklopov, ki so bili opredeljeni s 1. stopnjo ukrepanja.

SU<sub>2</sub> - Delež vseh telesnih sklopov, ki so bili opredeljeni z 2. stopnjo ukrepanja.

SU<sub>3</sub> - Delež vseh telesnih sklopov, ki so bili opredeljeni s 3. stopnjo ukrepanja.

SU<sub>4</sub> - Delež vseh telesnih sklopov, ki so bili opredeljeni s 4. stopnjo ukrepanja.

Vrednosti indeksa se nahaja med 100 (najbolj optimalna drža telesa pri delu) in 400 (najbolj neugodna drža telesa pri delu in največje obremenitve zaradi nepravilne drže) (Tabela 1).

**Tabela 1: Lundqvistov indeks (Balantič idr., 2016)**

Lundqvistov indeks:	Utrudljivost dela:
100-120	zelo malo utrujajoče
121-140	malo utrujajoče
141-160	utrujajoče
161-180	zmerno utrujajoče
nad 200	izjemno utrujajoče

Nepravilna drža in pretirano vztrajanje v takem položaju škodljivo vplivata na kostno-mišično strukturo telesa. Lundqvistov indeks ni primeren za ocenjevanje vseh vrst dela, npr. za sedeče delo, kjer izračunamo nizek L, vendar se realna obremenjenost kljub vsemu kaže v predolgi in s tem utrujajoči drži (Balantič idr., 2016).

Postopek za uporabo metode OWAS vključuje opazovanje delovnih nalog, kodiranje položajev, dodeljevanje kategorij tveganja in predlaganje korektivnih ukrepov. Obstajajo različni računalniški programi, ki omogočajo uporabo te metode, kar omogoča prihranek časa pri delu. Prednosti OWAS metode se kažejo v enostavnosti in uporabnosti, saj jo lahko uporabljajo osebe iz različnih področij, kot so zdravstvo, inženiring, industrija, in to skoraj brez specializiranega usposabljanja.

Ocenjevanje poteka z vzorčenjem dela in opazovanjem po časovnem načrtu, ki je odvisen od same frekvence beleženja opazovanj. Navadno se odločimo za nespremenljivo frekvenco opazovanj, ki naj ne sovpada s frekvenco delovnega takta. To pomeni, da se je pred začetkom izvedbe metode OWAS treba seznaniti s frekvenco ponavljanja določenih faz dela. Zelo neprimerno bi bilo, če bi delo analizirali tako, da bi opazovalni takt (trenutek vzorčenja) sovpadal z, recimo, isto fazo dela kot v prejšnjih in nadaljnjih trenutkih vzorčenja. Pri manj dinamičnih delih je interval med zaporednima točkama beleženja dolg običajno eno minuto. Če to ni sprejemljivo, lahko takt opazovanja prilagodimo tako, da trenutek beleženja ne sovpada s časovnim taktom posamezne faze dela (takt ni enak mnogokratniku takta opazovanega dela). Pri ponavljajočem se delu pretirano dolgo opazovanje delavca ne doprinese k natančnosti ocene, zato takrat opazovanje omejimo na približno 8 ponovitev posameznega cikla dela. Dolžine intervala opazovanja lahko izberemo tudi glede na to, koliko časa se delavec povprečno zadržuje v posameznem položaju (Balantič idr., 2016).

### 2.1.4 KIM

Metode ključnih kazalnikov (MKK) oziroma LMM (nem. Gefährdungsbeurteilung mit den Leitmerkmalmethoden) oziroma KIM (angl. Key Indicator Methods) je razvil nemški Zvezni inštitut za varnost in zdravje pri delu (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin - BAuA). V nadaljevanju bomo uporabili mednarodno uveljavljeno kratico KIM. Metoda ključnih kazalnikov vsebuje tri ključne biomehanske dejavnike tveganja:

- Ročno dvigovanje, držanje in prenašanje bremen (ang. Guideline Characteristic Method for Assessing and Designing Loads for Manual Lifting, Holding, and Carrying of Loads  $\geq 3$  kg (KIM-LHC)).
- Ročno potiskanje in vlečenje bremen (ang. Guideline Characteristic Method for Assessing and Designing Loads for Manual Pulling and Pushing of Loads (KIM-PP))
- Ponavljajoče ročno premeščanje (ang. Guideline Characteristic Method for Assessing and Designing Loads in Manual Work Processes (KIM-MHO)).

Cilj metode ključnih kazalnikov (KIM) je dokumentiranje osnovnih kazalcev fizičnega obremenjevanja na čim bolj preprost način, kar uporabnikom omogoča jasno prepoznavanje povezav in grobo ocenjevanje verjetnosti fizičnega preobremenjevanja. Iz tega lahko izhajajo možne posledice za zdravje, kot tudi potreba po ukrepanju. Pomembno je poudariti, da ta metoda služi za oceno delovnih pogojev med ročnimi delovnimi operacijami in to v orientacijske namene. Predpogoj za izvajanje ocene je temeljito poznavanje podaktivnosti/poddejavnosti.

Postopek ocenjevanja zajema tri (ali po potrebi štiri) korake:

- določanje časovnih točk,
- določanje točk za ključne kazalnike,
- ocena, ki vključuje izvedbo preoblikovanja delovnega mesta in preventivnih ukrepov.

V prvem koraku določimo časovne točke na podlagi skupnega trajanja dejavnosti, ki jo ocenjujemo. V drugem koraku ocenimo točke za druge kazalnike, kot so vrsta uporabljene sile, prenos sile/pogoji prijema, položaj in gibanje roke/rok, neugodni delovni pogoji, položaj telesa ter organizacija dela/časovna distribucija. V tretjem koraku vsako poddejavnost ocenimo glede na tveganje, povezano z dejavnostjo (izračuna se vsota točk za ključne kazalnike, pomnožena s časovnimi utežmi). To tveganje se nato lahko razvrsti v določen razpon tveganja, na podlagi katerega se lahko izpelje verjetnost fizičnega preobremenjevanja in potreba po ukrepanju. V četrti korak, poleg preventivnih ukrepov, ki izhajajo iz ocene tveganja, lahko vključimo potrebne ukrepe preoblikovanja delovnega mesta in preventivne zdravstvene nege. Ti ukrepi postanejo potrebni zlasti v primeru visokih tveganj, kjer se izvajajo kolektivni in individualni preventivni ukrepi (Klußmann idr., 2007).

Preoblikovanje delovnega mesta in preventivni ukrepi za skupine posebej občutljivih zaposlenih se morajo proučiti neodvisno od intenzivnosti obremenjevanja in posamezno, če zaposleni zahtevajo preventivno zdravstveno nego. Z raziskovanjem najvišjih ocen tveganja ključnih kazalnikov se lahko identificirajo vzroki povečanega fizičnega obremenjevanja in posledično sprožijo spremembe. Potreba po preoblikovanju se pojavi tudi, ko posamezni kazalniki dosežejo najvišje vrednosti (Klußmann idr., 2007).

Metoda ključnih kazalnikov za ročne delovne operacije KIM-MHO (Key Indicator Method for Manual Handling Operations) je bila razvita analogno z obstoječim KIM za dvigovanje/držanje/prenašanje KIM-LHC (KIM for Lifting/Holding/Carrying) in potiskanje/vlečenje bremen KIM-PP (KIM for Pulling/Pushing). KIM-MHO je bil oblikovan, da bi zapolnil vrzel v oceni tveganja ročnih delovnih procesov, saj se obstoječi KIM-i ukvarjajo le z ročnim ravnanjem z bremenami.

Ključni kazalniki, ki se upoštevajo v KIM-MHO, so (Klußmann idr., 2017):

- dnevna trajanja ročnih delovnih procesov,
- vrsta, trajanje in pogostost uporabe sil,
- telesni položaj med ročnimi delovnimi procesi,
- položaj rok in zapestja med ročnimi delovnimi procesi,
- organizacija dela,
- delovni pogoji.

Ključni kazalniki so razvrščeni v različne lestvice. Z množenjem vrednosti lestvice dnevnega trajanja dejavnosti (1) s seštevkom drugih vrednosti lestvic (2 do 6) se lahko izračuna skupna vrednost. Ta ocena se lahko dodeli tveganjem: nizko izpostavljena situacija, kjer je fizična preobremenjenost malo verjetna (<10 točk), situacije s povečano (10 - <25 točk) in visoko povečano (25 - <50 točk) izpostavljenostjo, vse do pogojev, kjer je fizična preobremenjenost zelo verjetna, kjer je potrebno preoblikovanje delovnega mesta (> = 50 točk) (Klußmann idr., 2017).

Na podlagi metode ključnih kazalnikov, ki jih je razvil nemški Zvezni inštitut za varnost in zdravje pri delu, je bil v Republiki Sloveniji za zmanjševanje tveganj za pojav kostno-mišičnih obolenj pri prenašanju bremen in drugih fizičnih obremenitvah pri delu avgusta 2023 sprejet nov Pravilnik o zagotavljanju varnosti in zdravja delavcev pri premeščanju bremen. Pravilnik v 6. členu določa, da mora delodajalec, kadar se ni mogoče izogniti ročnemu premeščanju bremen, delo organizirati tako, da je to ravnanje čim bolj varno in zdravo. To vključuje izdelavo ocene tveganja z uporabo celostnega pristopa, ki vključuje ocenjevanje vseh dejavnikov tveganja fizičnih obremenitev za nastanek in razvoj kostno-mišičnih obolenj pri delavcih. Izpostavlja tudi, da je potrebno izvesti oceno tveganja fizičnih delovnih obremenitev za vsako opravilo na delovnem mestu, in da je v postopek ocenjevanja tveganja ter pripravo ukrepov za odpravo, oziroma zmanjšanje tveganja, potrebno vključiti delavce oziroma njihove predstavnike. Delodajalci morajo izdelati preventivni akcijski načrt za zmanjšanje tveganja za nastanek in razvoj kostno-mišičnih obolenj (Uradni list RS, št. 84/23, 2023).

Cilj metode ključnih kazalnikov dvigovanja, držanja in prenašanja (KIM-LHC) je čim lažje dokumentirati glavne kazalnike fizične delovne obremenitve, uporabniku pojasniti povezave in omogočiti grobo oceno verjetnosti fizične preobremenitve. Na osnovi tega je mogoče razbrati morebitne posledice za zdravje in iz tega izhajajočo potrebo po ukrepanju. Ta metoda se uporablja za ocenjevanje delovnih pogojev v zvezi z ročnim dvigovanjem, držanjem in prenašanjem bremen za namene orientacije. Pri določanju točk ocenjevanja časa in ocenjevalnih točk za ključne kazalnike (dejanska masa bremena, pogoji za prenašanje bremena, drža telesa, neugodni delovni pogoji, vsota vseh vmesnih ocenjevalnih točk in organizacija dela/časovna razporeditev), je vseeno nujen pogoj dobro poznavanje ocenjevanih opravil. Brez takšnega znanja ocenjevanja ni mogoče izvesti. Grobe ocene ali predpostavke vodijo do napačnih rezultatov. V osnovi se ocenjevanje izvaja za



opravila. Če se pri opravljenih pojavijo manjša odstopanja, je treba oblikovati povprečne vrednosti. Če se v enem delovnem dnevu izvaja več opravil z bistveno različnimi pogoji ali če se znotraj opravil pojavijo izjemno različni pogoji, jih je treba oceniti in dokumentirati ločeno. Verjetnost fizične preobremenitve je mogoče oceniti samo, če so ocenjene vse fizične obremenitve, ki se pojavijo na delovni dan.

Posledično je morda potrebno izvesti 4. korak, ki vključuje izpeljavo in izvajanje ukrepov za preoblikovanje delovnega mesta in zagotavljanje preventivnega zdravstvenega varstva pri delu, kot izhaja iz Priloge 3 Pravilnika o zagotavljanju varnosti in zdravja delavcev pri ročnem premeščanju bremen (Uradni list RS, št. 84/23, 2023).

Metoda, ki jo uporabljamo pri ročnem potiskanju in vlečenju bremen (KIM-PP), se uporablja za beleženje in ocenjevanje fizičnih delovnih obremenitev, ki nastanejo zaradi premikanja prevoznih naprav, visečih transporterjev ali mostnih žerjavov z mišično močjo. Prevozne naprave lahko vključujejo enokolesne (enosledne) vozičke, enosne vozičke, nosilne vozičke ali vozičke s tremi do šestimi kolesi, ki se prosto premikajo po tleh v vseh smereh samo z mišično močjo. Viseči transporterji so enotirni sistemi, s katerimi se breme na transportnih napravah premika v eno smer. Mostni žerjavi in dvigala so enonivojski mostni žerjavi, ki pokrivajo območja, na katerih se breme lahko premika v vseh smereh (mostna, enotirna, konzolna dvigala z vitlom na ročni pogon). Če se v enem delovnem dnevu opravlja več različnih opravil, vključno s potiskanjem in vlečenjem, jih je treba zabeležiti in oceniti ločeno. Verjetnost fizične preobremenitve je mogoče oceniti samo, če so ocenjene vse fizične obremenitve, ki se pojavijo na delovni dan. V primeru prekrivanja z drugimi vrstami fizične delovne obremenitve je treba preveriti, ali je treba uporabiti tudi druge podmetode KIM (Uradni list RS, št. 84/23, 2023).

Z doslednim upoštevanjem teh praktičnih smernic za ocenjevanje tveganj telesnih obremenitev z metodami ključnih kazalnikov (KIM), vključno s presejalnim testom, se šteje, da so izpolnjene zahteve Pravilnika o zagotavljanju varnosti in zdravja delavcev pri ročnem premeščanju bremen. Za presejalni test je potrebno izvesti osnovni pregled za prepoznavanje telesnih obremenitev pri delu po metodi BAuA (OP) in uvodni pregled za informativno oceno tveganja ob prisotnosti telesnih obremenitev po metodi BAuA (UP). Osnovno preverjanje (OP) in uvodni pregled (UP) sta postopka za okvirno presojo, oziroma služita kot presejalni test. Omogočata

lažji potek celotnega postopka ocenjevanja tveganja – od prepoznavanja fizičnih obremenitev in presoje/ocene do določitve ter uvedbe preprostih preventivnih in strukturnih ukrepov ter priprave dokumentacije o učinkih ukrepov. Če po izvedbi ocene tveganja po postopku osnovnega preverjanja in uvodnega pregleda ni mogoče omejiti obremenitve lokomotornega sistema ali pa ocena ni mogoča zaradi kompleksnosti okoliščin, potem je potrebno opraviti poglobljeno oceno tveganja, na primer z metodami ključnih kazalnikov (KIM). Osnovno preverjanje in uvodni pregled telesnih obremenitev sta preprosti metodi, ki omogočata informativno oceno tveganj na delovnih mestih z vidika telesne obremenitve ter določitve in izvedbo ustreznih ukrepov. Osnovno preverjanje (OP) je preprost seznam, s katerim lahko preverimo, ali na delovnem mestu obstajajo telesne obremenitve šestih različnih vrst. Z uvodnim pregledom (UP) pa poleg tega pri posamezni vrsti obremenitve lahko še podrobneje preverimo (npr. dviganje in prenašanje bremen), če so določena merila upoštevana oziroma presežena. Če so merila presežena, verjetno obstajajo večje obremenitve (Uradni list RS, št. 84/23, 2023).

### 3 Metodološka izhodišča

Metodologija priprave ocene za optimizacijo ergonomije pametne montažne linije izhaja iz prepoznane potrebe po prilagoditvi načina razmišljanja o hitrem tehnološkem napredku in o kompleksnosti sodobnih montažnih linij. Poudarek je na ergonomskih načelih oblikovanja delovnega okolja, s ciljem raziskovanja konkretnega vpliva specifične delovne opreme in postopkov na dobro počutje ter učinkovitost dela delavcev.

Za zagotovitev celovite analize in izvedbe optimizacije ergonomije na pametni montažni liniji smo vključili večstopenjski pristop, ki združuje kvantitativne in kvalitativne metode. V fazi zbiranja podatkov smo uporabili sekvenčno analizo, ki vključuje pregled fotografij, videoposnetkov ter uporabo specializiranih orodij za zbiranje podatkov o delovnih položajih delavcev. S tem smo pridobili celovit vpogled v delovno okolico in procese.

V nadaljevanju smo izvedli analizo delovnih obremenitev in položaja telesa, pri čemer smo se opirali na priznane metode, kot so:

- OWAS (angl. OVAKO Working Postures Analysing System),

- KIM (angl. Key Indicator Method).

Te metode so nam omogočile kvantitativno oceno delovnih obremenitev ter analizo ustreznosti ergonomskega položaja telesa pri izvajanju specifičnih nalog.

## 4 Raziskava

V tem poglavju opredeljujemo referenčni postopek študije primera. Eksperiment smo izvedli v Laboratoriju za inženiring poslovnih in produkcijskih sistemov (LIPPS). Sam eksperiment je temeljil na izvajanju delovnega postopka dvigovanja in potiskanja bremen.

### 4.1 Namen raziskave

Cilj naše raziskave je uporabiti in primerjati metodi OWAS in KIM, da bi prepoznali sporočilno vrednost posamezne metode na podlagi identifikacije kritičnih telesnih položajev in fizičnih obremenitev pri delu na montažni liniji. Z laboratorijskimi simulacijami in natančno definiranimi postopki želimo raziskati, kako lahko te metode zagotovijo dosledne rezultate pri prepoznavanju ergonomskih izzivov in kritičnih točk. Z osredotočanjem na praktično uporabo teh metod v simuliranih delovnih okoljih poskušamo priti do zaključka o njihovi komplementarnosti in učinkovitosti v praksi. Z našimi raziskavami želimo prepoznati kritične položaje in zagotoviti smernice za integracijo teh metod v procese ergonomskega ocenjevanja naših montažnih linij. Končni cilj je razviti pristop, ki bo omogočal natančnejše prepoznavanje in reševanje ergonomskih težav, kar bo vplivalo na izboljšanje delovnih pogojev in produktivnosti.

### 4.2 Opis postopka raziskave

V okviru raziskave smo želeli zagotoviti čim bolj enovite iztočnice za izvedbo metode OWAS in KIM, zato smo eksperiment opravili z enim delavcem in tako zagotovili enakost antropoloških iztočnic. Pred začetkom opazovanja smo postavili simulirano pakirno (montažno) linijo v laboratoriju LIPPS. Proučevano delo je vključevalo več dejavnosti, sestavljanje škatel, pakiranje knjig v škatlo, lepljenje škatle s trakom, lepljenje nalepk in postavitve zapakiranih knjig na voziček. To je zahtevalo

postavitve vseh elementov na ustrezna mesta. Sledili smo zaporedju dejavnosti, položajem telesa in načinu izvajanja posamezne dejavnosti delavca.

V laboratoriju LIPPS smo torej spremljali in opazovali enega delavca, ki je celotni čas opazovanja opravljal delovne naloge v stoječem delovnem položaju. Delavca smo med opravljanjem naloge snemali iz več različnih kotov, da bi dobili pravi vpogled v položaj telesa med izvajanjem delovnih opravil. Za ovrednotenje kritične drže smo uporabili dve metodi, OWAS za ergonomsko oceno in KIM za oceno fizičnega obremenjevanja.

### **4.3 Analiza z metodo OWAS**

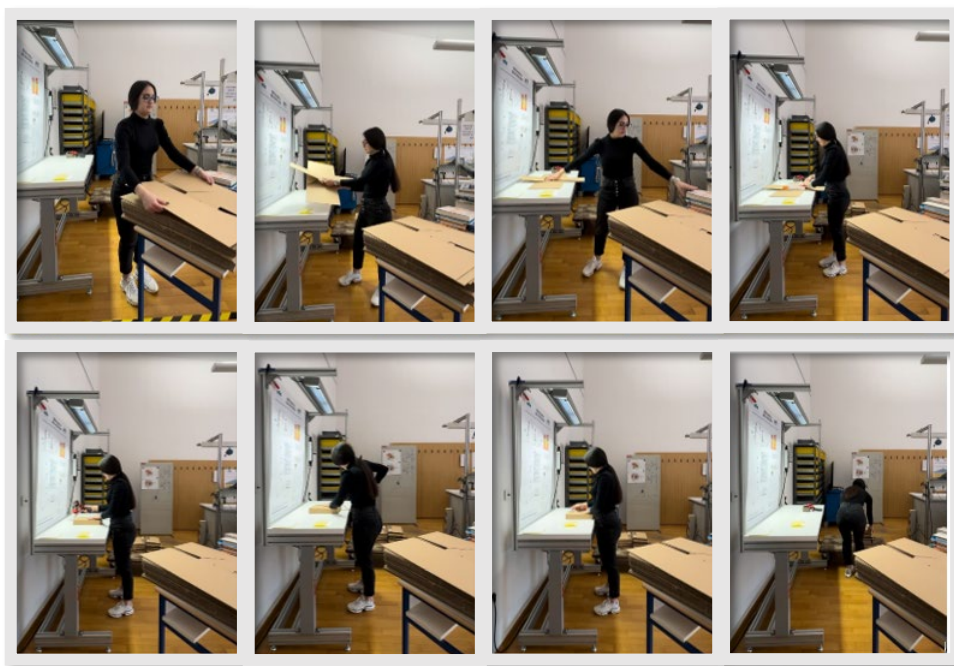
Med opazovanjem simulirane delovne linije smo posneli gibanje osebe, ki je izvajala nalogo pakiranja knjig. V naslednjem koraku smo digitalizirali posnetke in jih pretvorili v kodiran zapis s 4-mestno numerično kodo.

Po kodiranju smo ocenili stopnjo ukrepanja na podlagi zabeležene drže opazovanega delavca na simulirani montažni liniji. Ker so intervali opazovanja kratki, smo zbrali in določili njihovo število ter določili delež v odstotkih glede na celoten obseg opazovanja. Na podlagi metodološkega protokola smo iz posameznih stopenj ukrepanja (SU) določili obremenitveni indeks oziroma Lundqvistov indeks, ki opredeljuje obremenitev telesa med delom, ki ga opravlja opazovani delavec.

Izbrali smo enominutni časovni interval in v teh korakih sledili delu delavca pri njegovem delu (Slika 3).

Naslednji korak je bila priprava analize vsakega zabeleženega položaja v sistemu 4 mestnega številčnega kodiranja (Tabela 2) z oceno stopnje ukrepanja (SU).

Pri tem smo analizirali vsak kodiran položaj: hrbtenica - 4 položaji, roke - 3 položaji, noge - 7 položajev in obremenitev - 3 stopnje. V tem koraku smo torej prikazali, kolikokrat se je telo delavca pojavilo v posameznem kodiranem položaju. Vrednosti smo zabeležili v diagnostični zapis, s katerim smo nazorno predstavili morebitno prekoračitev koncentracije neprimernih obremenitev telesnih segmentov zaradi določene drže telesa.



Slika 3 : Sekvenčni slikovni zapis za delovno mesto pakiranja knjig

Vir: lasten

Tabela 2: Izsek iz tabele kodiranih delovnih položajev

Št.	H	R	N	O	SU
1	2	1	3	1	2
2	2	1	2	1	2
3	1	1	2	1	1
4	3	1	2	1	1
5	2	1	3	1	2
6	3	1	4	1	3
7	2	1	7	1	2
8	4	1	5	1	4
9	1	1	3	1	1
10	2	1	2	1	2

Vir: lasten

S pomočjo analize smo določili vrsto in število posameznih SU (Tabela 3). Pri tem smo upoštevali delovni čas, ki je znašal 8 ur (480 minut), vendar smo od tega odšteli 30 minut odmora, kar pomeni, da smo beležili podatke po zapisu od 450 minut.

**Tabela 3 : Delež pojavljanja posameznih stopenj ukrepanja glede na vse zbrane zapise**

SU	Št. zapisov [/]	Delež zapisov [%]
1	268	56
2	153	32
3	30	6
4	29	6

Vir: lasten

V nadaljevanju smo določili Lundqvistov indeks, ki predstavlja celotno obremenitev telesa pri opravljanju delovnih nalog.

$$L = (1 * SU_1 + 2 * SU_2 + 3 * SU_3 + 4 * SU_4) * 100 \quad (3)$$

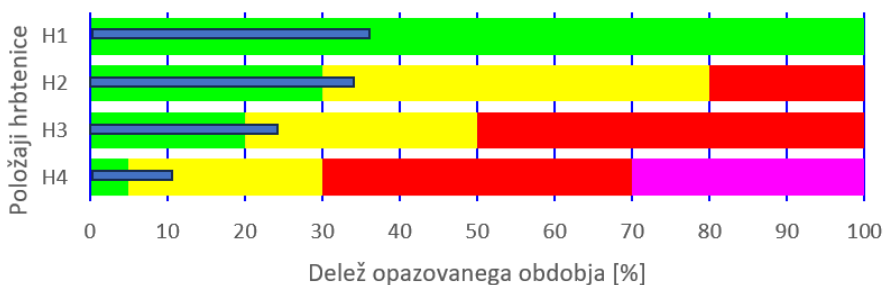
$$L = (1 * 0,56 + 2 * 0,32 + 3 * 0,06 + 4 * 0,06) * 100$$

$$L = 162$$

Lundqvistov indeks znaša 162, kar pomeni, da je delo zmerno utrujajoče.

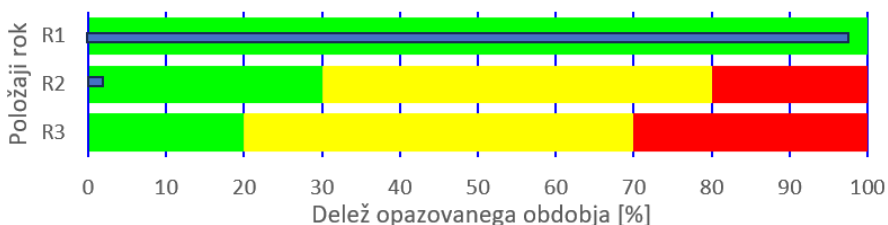
Za analitično pripravo ukrepov za izboljšanje ergonomije na delovnem mestu potrebujemo sekvenčni zapis obremenjevanja delavca na danem delovnem mestu. Najhitrejši vpogled v strukturo nam nudi grafična predstavitev (Slika 4 –Slika 7).

Slika 4 prikazuje časovne deleže obremenitev glede na različne položaje hrbtenice od 0 % do 100 %. Hrbtenica se najpogosteje nahaja v vzravnan legi H1. Časovni deleži položajev H2, H3 in H4 segajo v rumeno področje, kar pomeni, da je glede tega potrebno razmisliti o ukrepanju za izboljšanje stanja.

**Slika 4: Opredelitev težavnosti glede na trajanje zadrževanja hrbtenice**

Vir: lasten

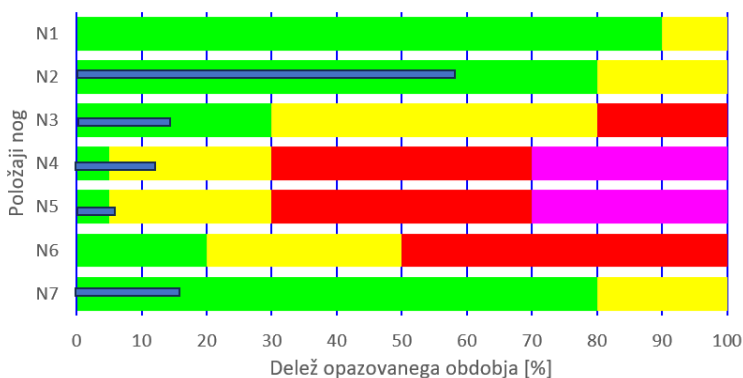
Na Sliki 5 so prikazani časovni deleži položajev rok. V 98 % opazovanih digitaliziranih posnetkih je bil zabeležen položaj, kjer sta roki pod nivojem ramen R1. To seveda predstavlja neproblematično stanje rok.



Slika 5: Opredelitev težavnosti glede na trajanje zadrževanja rok v določenem položaju

Vir: lasten

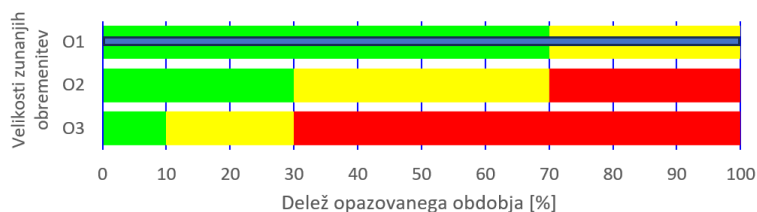
Na Sliki 6 lahko spremljamo časovne deleže položajev nog med delom. Noge se večji del časa nahajajo v položaju N2 - obe nogi sta vzravnani. Položaji N4 - čepenje z obema upognjenima kolenoma, in N5 - čepenje z enim upognjenim kolenom, segajo v rumeno polje, kar nakazuje potrebo po ukrepanju.



Slika 6: Opredelitev težavnosti glede na trajanje zadrževanja nog v določenem položaju

Vir: lasten

Iz Slike 7, ki opredeljuje časovne deleže prisotnosti zunanega bremena, izhajajo, da je v vseh primerih obremenitev bila ocenjena kot 1, kar pomeni, da je delavec rokoval z bremenom mase do 10 kg.



**Slika 7: Opredelitev težavnosti glede na velikost zunanje obremenitve**

Vir: lasten

S pomočjo pridobljenih rezultatov smo identificirali nekaj položajev, na katere bi morali biti posebno pozorni in za katere bi bilo priporočljivo uvesti ukrepe. Ugotovitev velja predvsem za položaje H2, H3 in H4 ter N4 in N5. Čeprav se delavec redko nahaja v počepu, bi veljalo razmisliti o ergonomskih ukrepih (dvižni voziček).

#### 4.4 Analiza z metodo KIM

Za analizo KIM smo uporabili priporočene obrazce Ministrstva za delo, družino, socialne zadeve in enake možnosti (<https://vzd.mdds.gov.si/>). Preden smo izvedli ocenjevanje z metodo KIM, smo naredili presejalni test, da bi ugotovili, katero konkretno metodo KIM naj uporabimo. Osnovno preverjanje (OP) vsebuje kontrolni seznam, ki opisuje šest vrst fizičnih obremenitev in navaja primere za lažjo razvrstitev. Za vsako vrsto obremenitve se je treba odločiti, ali delovno opravilo sploh vključuje določene obremenitve in tovrstne obravnave. Za obravnavani primer v LIPPS smo naredili osnovno preverjanje BAuA za prepoznavanje telesnih obremenitev na delovnem mestu (OP) (UL RS, št.84/23, 2023). V tabeli smo zabeležili DA za ročne delovne procese (Slika 8).

Po tem, ko smo s pomočjo osnovnega pregleda ugotovili, da delo zahteva neko obliko napora, smo nadaljevali z uvodnim pregledom. Uvodni pregled nam daje grobo informativno oceno zdravstvenih tveganj. Za vsako vrsto obremenitve preko uvodnega vprašanja preverimo, če naloge dejansko zahtevajo določeno obliko napora. Pri uvodnem pregledu smo za opazovano delo dobili oceno 2 točki (Slika 9).



**Osnovno preverjanje BAuA za prepoznavanje telesnih obremenitev na delovnem mestu**

**Naziv delovnega mesta:** Simulacija montažne linije v laboratoriju LIPPS

**Običajna opravila na delovnem mestu, ki se upoštevajo (tudi na različnih krajih):** Pakiranje knjig v škatle

Delovni čas na dan (v urah): 8

Opazujte telesne obremenitve. Ali se izvajajo opravila (delovne naloge), pri katerih so prisotne ena ali več vrst spodaj navedenih obremenitev?

Vrsta telesne obremenitve	Opis	Primeri	Ali so prisotna opravila, ki vključujejo te vrste telesnih obremenitev?
Ročno dviganje, držanje in prenašanje bremen	Ročno dviganje, držanje in nošenje bremen, mase 3 kg ali več. Bremena so lahko predmeti, osebe ali živali. Vključuje sorodne oblike dviganja, kot sta spuščanje in (pretežno vodoravno) premikanje.	Natovarjanje in raztovarjanje vreč, razvrščanje paketov, poskušanje strjev brez dovoljen pripomočkov, pretovarjanje paletrnega blaga, komisioniranje...	<input checked="" type="checkbox"/> Ne <input type="checkbox"/> Da
Ročni delovni procesi	Enakomerni ponavljajoči se gibi in uporaba sile zgornjih okončin, večinoma v naravnemu med sedenjem ali stoje. Delovno opravilo je obdelava delovnega predmeta ali premikanje manjših ozkih odroma predmetov (ravnanje z njimi).	Montažna dela, spakiranje, šivanje, razvrščanje, izredovanje, ročno upravljanje blagajniško poslovanje, ročno pregledovanje, pipetiranje, rezanje, potiskanje, udajanje ali tikanje z rokami, igranje glasbil.	<input type="checkbox"/> Ne <input checked="" type="checkbox"/> Da
Ročna vleka in potiskanje bremen	Ročno premikanje oz. transportiranje bremen s tahnimi transportnimi vozili (npr. z enokolesnimi ali erozivnimi vozili, priključni vozili ali vagoni) ali vlečnimi transportnej/zbičnicami, vključno z uporabo mišične sile.	Dostava paketov z vozilom, komisioniranje z vozilom, premikanje zabojev na kolesih pri topovarju, odstranjevanje odpadkov	<input checked="" type="checkbox"/> Ne <input type="checkbox"/> Da
Uporaba celotne telesne moči	Uporaba celotne telesne moči, pretežno stacionarno. Uporaba sile pretežno z rokami, močan prenos sile prek o ramena, hrbta nog in stopal. Potrebne sile so tolikšne, da aktivnosti običajno ni mogoče izvajati v sedečem položaju.	Delo z vili (križci), ročicami, lomilkami ali dvirtnimi drogovi, dvirtnimi vzvodi, prevratnimi klavirji ali vrzalnimi žagami, vgradnja oken, delo z lopato, montažna dela, premešanje/miščanje pacientov (negovalna dejavnost)	<input checked="" type="checkbox"/> Ne <input type="checkbox"/> Da
Premikanje (gibanje) telesa	Premikanje telesa do mesta opravila ali delovnega območja, ne glede na uporabljeno vejo sile. Upoštevajo se boljše polji in postranske oblike hoje (vzpenjanje po lestvi ali stopnicah) ter plazenje. V to vrsto obremenitev se uvršča tudi vožnja na mišični pogon (npr. s kolesom).	Hoja in vzpenjanje po stopnicah (npr. dostava paketov, selitveni servisi), odstopanje na skloni vrtilni žerjav, oddajnike, premikanje po klanjih, vožnja s kolesom (npr. kulinj na koleso).	<input checked="" type="checkbox"/> Ne <input type="checkbox"/> Da
Prisilna drža telesa	Naporna drža telesa, ki jo letita delovno opravilo in v kateri je treba vztrajati dolo časa, npr. kletanje, delo v predklonu, dela nad vidno ravnino, dolgotrajno stoječe delo in prisilno sedenje.	Pakiranje plošč, fitelecovska dela, ročno varjenje, dela za tekočim tokom, montaža stroja, suha gradnja, dela v liežečem položaju (npr. obriranje kurneni), delo z mikroskopom, mikrokirurgija.	<input checked="" type="checkbox"/> Ne <input type="checkbox"/> Da
Kako napreje?	Če opravila na delovnem mestu ne zahtevajo nobene od teh vrst obremenitev, je ocena zaključena. Če opravila zahtevajo eno ali več teh telesnih obremenitev, pogledajte uvodni pregled BAuA in preverite merila (glejte naslednje strani).	Zaključek ocene Nadaljujte z Uvodnim pregledom BAuA	<input checked="" type="checkbox"/>

**Slika 8: Izpolnjen formular za osnovno preverjanje BAuA (UL RS, št.84/23, 2023)**  
Vir: Prirejeno po Praktične smernice za ocenjevanje tveganj telesnih obremenitev po Metodah ključnih kazalnikov (MKK), 2023

**1.2.2. Vrsta obremenitve »ročni delovni procesi« (RD)**

**1. korak: Uvodno vprašanje**  
Ali so v delovnem dnevu potrebne ročni opravila v smislu ponavljajočih se enakomernih premikov dlani, rok in ramen?

Prisotna opravila: Enakomerni, ponavljajoči se gibi pri pakiranju knjig v škatle

**2. korak: Preverite merila**  
Ali se opravila, ki zahtevajo ročne delovne procese, izvajajo pod naslednjimi pogoji?

Ali se opravila izvajajo skupno več kot 1,5 ure na delovni dan?

Ali je treba v posameznem delovnem dnevu več kot 1 uro uporabljati zelo močno silo,<sup>8</sup> npr. pri premikanju ali držanju orodja, rezanju fuge in vtiškanju delov, pri delu z manjšim orodjem, rezanju amiranega betona ali zabijanju?

Ali opravila vključujejo uporabo zelo velike sile<sup>8</sup> z veliko pogostostjo gibov (več kot 60-krat na minuto, za primer glejte prejšnji odstavek) ali uporabo največje mogoče sile (največje sile),<sup>9</sup> npr. pri privijanju ali odvijanju vijakov ali ločevanju materialov?

Ali je prisotno močno udarjanje (brez orodja), npr. s palčevno mišično kepo, dljanjo ali pestjo?

**Odgovor**  
 Ne (0 točk)  
 Da  
Preverite 2. korak.

**Odgovor**  
 Ne  
Nobeno merilo ni izpolnjeno.  
(1 točka)  
 Da  
Izpolnjeno je eno ali več meril.  
(2 točki)

**Slika 9: Uvodni pregled BAuA za ročne delovne procese (UL RS, št.84/23, 2023)**  
Vir: Prirejeno po Praktične smernice za ocenjevanje tveganj telesnih obremenitev po Metodah ključnih kazalnikov (MKK), 2023

Na podlagi osnovnega pregleda (OP) in uvodnega pregleda (UP) smo dobili oceno, ki pomeni, da obstaja določena obremenitev, zato je potrebno oceniti tveganje pri ponavljajočih gibih (ročni delovni procesi).

Delovni proces, ki smo ga obravnavali na simulirani montažni liniji, je sestavljen iz naslednjih delovnih opravil:

- priprava delovnega mesta,
- ročno premeščanje škatle z mize, na kateri shranjujemo zložene kartonske škatle in knjige, in sestavljanje škatle med prenosom na delovno mizo,
- ročno premeščanje knjige z mize in vstavljanje knjige v škatlo na delovni mizi,
- zapiranje škatle in zapečatenje škatle z lepilnim trakom,
- odlaganje škatle na transportni voziček.

Oceno tveganja pri ponavljajočih se gibih (ročni delovni procesi) smo izvedli s pomočjo obrazca MKK-RD (Priloga 3, UL RS, št.84/23, 2023).

V 1. koraku smo določili točke ocenjevanja časa. Upoštevali smo skupno trajanje ocenjevanih opravil. Skupno trajanje opravil na delovni dan smo izračunali na podlagi trajanja in pogostosti analiziranih delovnih ciklov na delovni dan. Delovna izmena traja 8 ur oziroma 480 minut. Glede na zakonsko predpisan odmor (30 minut) je skupno trajanje opravila 450 min. Delovno mesto smo pripravljali 30 min (distribucija škatel in knjig na mizo na kateri shranjujemo zložene kartonske škatle in knjige), kar v končni fazi pomeni, da je skupno trajanje opravil na delovni dan znašalo 7 ur oziroma 420 min. Časa za pripravo delovnega mesta nismo všteli v oceno. Časovna utež je bila linearna in je ustrezala skupnemu trajanju opravila. Po odšteti 0,5 ure za odmor in 0,5 ure za pripravo delovnega mesta smo dobili časovno utež 7 ur.

V 2. koraku smo določali ocenjevalne točke za druge kazalnike. Najprej smo določili vrsto sile, ki se uporablja na območju prstov/dlani v »standardni minuti«. Mišične sile smo navedli kot odstotek maksimalne moči ( $F_{max}$ ), pri čemer smo za naš primer določili zelo majhno silo, ki ne presega 15 %  $F_{max}$ . Pri določanju točk za levo in desno roko za držanje in premikanje bremena, smo uporabili štoparico. Za desno

roko smo izmerili čas držanja bremena, ki je 14,4 sekunde za delovni cikel, ki traja 30 sekund. Ker ocenjujemo kazalnik držanja in pogostost premikanja na standardno minuto, smo čas zadrževanja in pogostost gibanja pomnožili z 2, kar je rezultiralo v 28,8 sekundah. Enak postopek smo ponovili za levo roko in zabeležil povprečni čas trajanja obremenitve 26,7 sekund. Nato smo izračunali povprečno frekvenco gibanja rok, ki je znašala 10. Upoštevajoč tabelo za ocenjevanje vrste sile, ki se uporablja na območju prstov/dlani v standardni minuti, smo dobili rezultate držanja in premikanja za desno in levo roko. Ti so bili enaki za obe roki (držanje 3, premikanje 1). Ocenjevalne točke za silo napora oziroma fizično obremenitev smo dobili tako, da smo sešteli točke za držanje in točke za premikanje, in dobili rezultat 4.

Nadaljevali smo z ocenjevanjem prenosa sile/pogojev prijemanja. Opredelili smo vrsto sile in uporabo sile v območju prstov in rok, pri čemer smo upoštevali naslednje dejavnike:

- razmerje med vrsto prijema in akcijsko silo,
- vrsto prenosa sile – oprijema,
- površino predmetov.

V našem primeru smo uporabljali držalo za lepilni trak brez oblikovanih ročajev, zato smo prenos sile/pogoje prijemanja ovrednotili z dvema točkama.





Naslednji korak je ocena položaja in gibanja roke/dlani. Položaj rok smo ocenili kot 0, saj med izvajanjem delovnih opravil ni odstopanj in ni statične drže rok.

Rezultate prvega dela analize za oceno tveganja fizičnih delovnih obremenitev med ročnimi delovnimi procesi (MKK-RD) prikazuje Slika 10.

V nadaljevanju smo ocenili še delovne pogoje, telesno držo/gibanje telesa ter organizacijo dela. Rezultati so razvidni iz Slike 11, ki predstavlja nadaljevanje ocenjevalnega lista za oceno tveganja pri ročnih delovnih procesih.

Faktorji za oceno neugodnih delovnih pogojev močno vplivajo na delavca v delovnem okolju. Slaba osvetlitev in bleščanje lahko povzročita neudoben položaj glave, kar dodatno obremenjuje mišice vratu. Hladno delovno okolje, prepih in vlaga





v zraku lahko privedejo do ohlajanja telesa in poslabšajo koordinacijo gibov. Kljub naštetim dilemam nismo opazili teh težav med opravljanjem naloge v laboratoriju, zato smo tej kategoriji dodelili oceno 0.

3. Ocena tveganja pri ponavljajočih gibih – ročni delovni procesi (MKK-RD)																																																																																			
Delovno mesto/opravlilo: Simulacija montažne linije v LIPPS, Pakiranje knjig v škatlo																																																																																			
Trajanje delovnega dne: 8 ur					Ocenjevanje izvedel/-la:																																																																														
Trajanje opravila: 7 ur					Datum:																																																																														
1. korak: Določitev točk ocenjevanja časa																																																																																			
7	Skupno trajanje tega opravila na delovni dan (do ... ur)																																																																																		
	do 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																									
Točke ocenjevanja časa:																																																																																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																									
2. korak: Določitev ocenjevalnih točk za druge kazalnike																																																																																			
4	<p>Vrsta sile, ki se uporablja na območju prstov/dlani v »standardni minuti«</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Stopnja</th> <th>Opis, običajni primeri</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>nizka</td> <td><b>Zelo majhna/majhna sila</b> (do 15 % <math>F_{maxM}</math>) npr. aktiviranje gumbov/premikanje/naročanje/vodenje materiala / vstavljanje majhnih delov</td> </tr> <tr> <td></td> <td><b>Zmerna sila</b> (do 30 % <math>F_{maxM}</math>) npr. prijemanje/spajanje majhnih obdelovancev z roko ali majhnim orodjem</td> </tr> <tr> <td></td> <td><b>Velika sila</b> (do 50 % <math>F_{maxM}</math>) npr. obračanje/navijanje/pakiranje/prijemanje/držanje ali spajanje delov/stiskanje/rezanje/delo z majhnimi pogonskimi ročnimi orodji</td> </tr> <tr> <td></td> <td><b>Zelo velika sila</b> (do 80 % <math>F_{maxM}</math>) npr. rezanje z večjim delom sile/delo z majhnimi sponkami/premikanje ali držanje delov ali orodij</td> </tr> <tr> <td></td> <td><b>Največja sila</b> <sup>2)</sup> (več kot 80 % <math>F_{maxM}</math>) npr. zategovanje, odvijanje vijakov/ločevanje /pritiskanje</td> </tr> <tr> <td>visoka</td> <td><b>Močno udarjanje</b> <sup>2)</sup> s členkom palca, dlanzo ali pestjo</td> </tr> </tbody> </table> <p>Upoštevaty je treba delovni cikel in označiti ocenjevalne točke za kategorije sile. Če jih seštejete (ločeno za levo in desno roko), dobite točko za oceno sile. Za izračun skupne ocene (korak 3) je treba uporabiti višjo vrednost.</p>										Stopnja	Opis, običajni primeri	nizka	<b>Zelo majhna/majhna sila</b> (do 15 % $F_{maxM}$ ) npr. aktiviranje gumbov/premikanje/naročanje/vodenje materiala / vstavljanje majhnih delov		<b>Zmerna sila</b> (do 30 % $F_{maxM}$ ) npr. prijemanje/spajanje majhnih obdelovancev z roko ali majhnim orodjem		<b>Velika sila</b> (do 50 % $F_{maxM}$ ) npr. obračanje/navijanje/pakiranje/prijemanje/držanje ali spajanje delov/stiskanje/rezanje/delo z majhnimi pogonskimi ročnimi orodji		<b>Zelo velika sila</b> (do 80 % $F_{maxM}$ ) npr. rezanje z večjim delom sile/delo z majhnimi sponkami/premikanje ali držanje delov ali orodij		<b>Največja sila</b> <sup>2)</sup> (več kot 80 % $F_{maxM}$ ) npr. zategovanje, odvijanje vijakov/ločevanje /pritiskanje	visoka	<b>Močno udarjanje</b> <sup>2)</sup> s členkom palca, dlanzo ali pestjo																																																											
Stopnja	Opis, običajni primeri																																																																																		
nizka	<b>Zelo majhna/majhna sila</b> (do 15 % $F_{maxM}$ ) npr. aktiviranje gumbov/premikanje/naročanje/vodenje materiala / vstavljanje majhnih delov																																																																																		
	<b>Zmerna sila</b> (do 30 % $F_{maxM}$ ) npr. prijemanje/spajanje majhnih obdelovancev z roko ali majhnim orodjem																																																																																		
	<b>Velika sila</b> (do 50 % $F_{maxM}$ ) npr. obračanje/navijanje/pakiranje/prijemanje/držanje ali spajanje delov/stiskanje/rezanje/delo z majhnimi pogonskimi ročnimi orodji																																																																																		
	<b>Zelo velika sila</b> (do 80 % $F_{maxM}$ ) npr. rezanje z večjim delom sile/delo z majhnimi sponkami/premikanje ali držanje delov ali orodij																																																																																		
	<b>Največja sila</b> <sup>2)</sup> (več kot 80 % $F_{maxM}$ ) npr. zategovanje, odvijanje vijakov/ločevanje /pritiskanje																																																																																		
visoka	<b>Močno udarjanje</b> <sup>2)</sup> s členkom palca, dlanzo ali pestjo																																																																																		
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Držanje <sup>1)</sup></th> <th colspan="5">Premikanje</th> </tr> <tr> <th colspan="3">povprečni čas držanja (sekunde na minuto)</th> <th colspan="5">povprečna frekvenca gibanja [število na minuto]</th> </tr> <tr> <th>31-60</th> <th>16-30</th> <th>≤ 15</th> <th>&lt; 5</th> <th>5-15</th> <th>16-30</th> <th>31-60</th> <th>61-90 <sup>3)</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">Ocenjevalne točke</td> <td colspan="5">Ocenjevalne točke</td> </tr> <tr> <td>5,5</td> <td>3</td> <td>1,5</td> <td>0,5</td> <td>1</td> <td>2,5</td> <td>5</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>4,5</td> <td>2,5</td> <td>0,5</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>7,5</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>7</td> <td>3,5</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>12</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>22</td> <td>11</td> <td>5,5</td> <td>1,5</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>19</td> <td></td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>35</td> <td>8</td> <td>30</td> <td>00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Ocenjevalne točke za silo napora:</td> <td colspan="2">Leva roka 4.0</td> <td colspan="3">Desna roka 4.0</td> </tr> </tbody> </table>		Držanje <sup>1)</sup>			Premikanje					povprečni čas držanja (sekunde na minuto)			povprečna frekvenca gibanja [število na minuto]					31-60	16-30	≤ 15	< 5	5-15	16-30	31-60	61-90 <sup>3)</sup>	Ocenjevalne točke			Ocenjevalne točke					5,5	3	1,5	0,5	1	2,5	5	7	9	4,5	2,5	0,5	2	4	7,5	11	14	7	3,5	1	3	6	12	18	22	11	5,5	1,5	5	10	19		100	35	8	30	00				Ocenjevalne točke za silo napora:			Leva roka 4.0		Desna roka 4.0		
Držanje <sup>1)</sup>			Premikanje																																																																																
povprečni čas držanja (sekunde na minuto)			povprečna frekvenca gibanja [število na minuto]																																																																																
31-60	16-30	≤ 15	< 5	5-15	16-30	31-60	61-90 <sup>3)</sup>																																																																												
Ocenjevalne točke			Ocenjevalne točke																																																																																
5,5	3	1,5	0,5	1	2,5	5	7																																																																												
9	4,5	2,5	0,5	2	4	7,5	11																																																																												
14	7	3,5	1	3	6	12	18																																																																												
22	11	5,5	1,5	5	10	19																																																																													
100	35	8	30	00																																																																															
Ocenjevalne točke za silo napora:			Leva roka 4.0		Desna roka 4.0																																																																														
<p><sup>1)</sup> Čas držanja se pri ocenjevanju upošteva samo, če se ena roka neprekinjeno statično drži vsaj 4 sekunde!</p> <p><sup>2)</sup> Upoštevaty: Če je bila izbrana ena od teh kategorij, je priporočljivo, da se to opravilo oceni tudi z uporabo metode ključnih kazalnikov sil celega telesa! Te sile se morda sploh ne izvajajo ali pa se ne izvajajo več zanesljivo. To velja še posebej za ženske.</p> <p><sup>3)</sup> Pri še višjih frekvencah je treba dobljeno oceno tveganja linearno ekstrapolirati.</p>																																																																																			
2	Prenos sile/pogoji prijemanja							Ocena																																																																											
Optimalen prenos sile/uporaba sile: delovni predmeti so preprosti za oprijem (npr. v obliki palice, z utori za oprijem)/dobra ergonomska oblika prijema (ročaji, gumbi, orodja).							0																																																																												
Omejen prenos/uporaba sile: potrebne so večje sile držanja/ni oblikovanih ročajev.							2																																																																												
Precejšev oviran prenos/uporaba sile: delovne predmete je težko prijeti (spolzki, mehki, ostri robovi)/ročajev ni ali so neprimerni.							4																																																																												
0	Položaj in gibanje roke/dlani <sup>4)</sup>							Ocenjevalne točke																																																																											
		Dobro: položaj ali gibanje sklepov v srednjem (sproščnem) območju, zgolj redka odstopanja/ni stalne statične drže rok/po potrebi je mogoč počitek rok.					0																																																																												
		Omejeno: občasni položaji ali giba sklepov na meji obsega giba/občasna dolga neprekinjena statična drža roke.					1																																																																												
		Neugodno: pogosti položaji ali giba sklepov na meji obsega giba/pogosta dolga neprekinjena statična drža roke.					2																																																																												
		Slabo: stalni položaji ali giba sklepov na meji obsega giba/stalna dolga neprekinjena statična drža roke.					3																																																																												

<sup>4)</sup> Upoštevaty je treba značilne položaje. Redka odstopanja se lahko zanemarijo.

Slika 10: Ocenjevalni list delovnih obremenitev med postopki ročnega ravnanja (UL RS, št.84/23, 2023)

Vir: Prirejeno po Praktične smernice za ocenjevanje tveganj telesnih obremenitev po Metodah ključnih kazalnikov (MKK), 2023

0	<b>Neugodni delovni pogoji</b> (navedite samo, če je primerno)	Ocenjevalne točke
	<b>Dobro:</b> ni neugodnih delovnih pogojev, tj. zanesljivo prepoznavanje podrobnosti/ni bleščanja/dobri podnebni pogoji.	0 ✓
	<b>Omejeno:</b> občasno slabše prepoznavanje podrobnosti zaradi bleščanja ali izjemno majhnih podrobnosti, težke razmere, kot so prepih, mraz, vlaga in/ali motena koncentracija zaradi hrupa.	1
	<b>Neugodno:</b> pogosto slabše prepoznavanje podrobnosti zaradi bleščanja ali izjemno majhnih podrobnosti, pogosto težke razmere, kot so prepih, mraz, vlaga in/ali motena koncentracija zaradi hrupa.	2
2	<b>Telesna drža/gibanje telesa<sup>9)</sup></b>	Ocenjevalne točke
	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Izmenično sedenje in stanje, izmenično stanje in hoja, možnost dinamičnega sedenja</li> <li>- Trup je nagnjen naprej zelo rahlo</li> <li>- Ni mogoče ugotoviti zasuka in/ali bočnega nagiba trupa</li> <li>- Drža glave: spremenljiva, glava ni nagnjena nazaj in/ali močno nagnjena naprej ali se stalno premika</li> <li>- Ni prijemanja nad višino ramen/ni prijemanja na razdalji od telesa</li> </ul>	0
	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pretežno sedenje ali stoječe delo z občasno hojo</li> <li>- Trup z rahlim nagibom telesa proti delovnemu mestu</li> <li>- Opazno občasno obračanje in/ali bočni nagib trupa</li> <li>- Občasna odstopanja od dobre »nevtralne« drže/gibanja glave</li> <li>- Občasni prijemi nad višino ramen/pogosti prijemi na razdalji od telesa</li> </ul>	2 ✓
	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Izključno stoječe ali sedeče delo brez hoje</li> <li>- Trup je jasno nagnjen naprej in/ali je mogoče prepoznati pogosto obračanje in/ali bočni nagib trupa</li> <li>- Pogosta odstopanja od dobre »nevtralne« drže/gibanja glave</li> <li>- Drža glave nagnjena naprej pri prepoznavanju podrobnosti/omejena svoboda gibanja</li> <li>- Pogosti prijemi nad višino ramen/pogosti prijemi na razdalji od telesa</li> </ul>	4
	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trup močno nagnjen naprej/pogosto ali dolgotrajno upogibanje</li> <li>- Delo se opravlja v položaju klečanja, počepov ali ležanja</li> <li>- Opazno stalno obračanje in/ali bočni nagib trupa</li> <li>- Strogo določena drža telesa/vizualno preverjanje delovanja z uporabo povečevalnih stekel ali mikroskopov</li> <li>- Stalna odstopanja od dobre »nevtralne« drže/gibanja glave</li> <li>- Stalni prijemi nad višino ramen/stalni prijemi na razdalji od telesa</li> </ul>	6 <sup>7)</sup>
<p><sup>9)</sup> Upoštevati je treba značilno telesno držo. Redka odstopanja se lahko zanemarijo.  <sup>6)</sup> Če se postopki ročnega ravnanja ne izvajajo v mirujočem sedečem, stoječem, klečečem, sključenem ali ležečem položaju, temveč v gibanju (hoja, plazenje), je priporočljivo opravilo oceniti tudi z uporabo metode ključnih kazalnikov premikanje telesa.  <sup>7)</sup> Upoštevajte: Če je bila izbrana ta kategorija, je priporočljivo, da se to opravilo oceni tudi z uporabo metode ključnih kazalnikov pisilne drže telesa!</p>		
4	<b>Organizacija dela/začasna razporeditev</b>	Ocenjevalne točke
	<b>Dobro:</b> pogoste spremembe fizične delovne obremenitve zaradi drugih opravil (vključno z drugimi vrstami fizične delovne obremenitve)/brez tesnega zaporedja večjih fizičnih obremenitev znotraj ene vrste fizične delovne obremenitve v enem delovnem dnevu.	0
	<b>Omejeno:</b> redke spremembe fizične delovne obremenitve zaradi drugih opravil (vključno z drugimi vrstami fizične delovne obremenitve)/občasno tesno zaporedje večjih fizičnih obremenitev znotraj ene vrste fizične delovne obremenitve v enem delovnem dnevu.	2
	<b>Neugodno:</b> brez/skoraj brez spremembe fizične delovne obremenitve zaradi drugih opravil (vključno z drugimi vrstami fizične delovne obremenitve)/pogosto tesno zaporedje večjih fizičnih obremenitev znotraj ene vrste fizične delovne obremenitve v enem delovnem dnevu s hkratnimi visokimi obremenitvami.	4 ✓

Slika 11: Ocenjevalni list delovnih obremenitev med postopki ročnega ravnanja (UL RS, št.84/23, 2023)

Vir: Prirejeno po Praktične smernice za ocenjevanje tveganj telesnih obremenitev po Metodah ključnih kazalnikov (MKK), 2023

Telesno držo in gibanje telesa smo ocenili z dvema točkama, saj se delo večinoma izvaja v stoječem položaju, z občasnimi premiki od delovne mize do vozička in mize, kjer se nahajajo škatle. Med pakiranjem knjig v škatle je opazen rahel nagib trupa proti delovnemu mestu. Prav tako smo opazili, da delavec knjige med pakiranjem prijema na določeni razdalji od telesa.

Nazadnje smo ocenili organizacijo dela in začasno razporeditev, kjer obstaja tveganje za prekomerno mišično utrujenost zaradi enostranskih, enakomernih vzorcev obremenitev, visoke hitrosti dela in pomanjkanja zadostnih odmorov. Organizacijo

dela smo ocenili kot neugodno, z oceno 4, saj se delo (pakiranje) izvaja hitro in brez sprememb v obremenitvi.





V 3. koraku smo izračunali končno oceno tveganja za telesne obremenitve pri ročnih delovnih procesih. Ocena temelji na ocenah točkovnih vrednosti, ki smo jih dobili za vsako opravilo. Izračuna se s seštevanjem ključnih kazalnikov in pomnoži s časovno utežjo (Slika 12).

Vrsta sile, ki deluje na območje prstov/dlani	4
Prenos sile/pogoji prijemanja +	2
Položaj in gibanje dlani/roke +	0
Neugodni delovni pogoji +	0
Telesna drža +	2
Organizacija dela/zračna razporeditev +	4
<b>Točke ocenjevanj</b> 7 x <b>Skupno število ocenjevalnih točk kazalnikov:</b> 12.0	<b>Rezultat</b> 84

**Slika 12: Ocenjevanje stopnje tveganja pri ročnih delih (UL RS, št.84/23, 2023)**

Vir: Prirejeno po Praktične smernice za ocenjevanje tveganj telesnih obremenitev po Metodah ključnih kazalnikov (MKK), 2023

Končna ocena tveganja za obremenitve pri ročnih delih, ki jih je izvajal delavec na simulirani montažni liniji v laboratoriju LIPPS, je 84. Dobljeni rezultat spada v tretjo stopnjo tveganja, od 50 do < 100 točk, kar pomeni, da je stopnja obremenitve bistveno povečana (Slika 13).

Glede na izračunano število točk iz tretjega koraka in določeno stopnjo tveganje je potrebno slediti ukrepom:					
Tveganje	Stopnja tveganja	Stopnja obremenitve	Ukrepi		
	1	< 20 točk	Nizka	a) Fizična preobremenitev ni verjetna. b) Zdravstvenih tveganj ni pričakovati.	Niso potrebni.
	2	20 do < 50 točk	Rahlo povečana	a) Fizična preobremenitev je mogoča pri manj odpornih osebah, še posebej pri mlajših, starejših, nosečih delavcih ali osebah pri katerih izvajalec medicine dela ugotovi zdravstvene omejitve. b) Utujenost, manjše težave s prilagajanjem, ki jih je mogoče odpraviti v prostem času.	V najkrajšem možnem času je potrebna prilagoditev delovnega mesta in izdelava načrta drugih preventivnih ukrepov za zmanjšanje stopnje obremenitve pri katerih izvajalec medicine dela ugotovi zdravstvene omejitve.
	3	50 do < 100 točk	Bistveno povečana	a) Fizična preobremenitev je mogoča tudi pri običajno odpornih osebah. b) Motnje (bolečina), lahko tudi disfunkcije, ki so v večini primerov reverzibilne, brez morfološke manifestacije.	V najkrajšem možnem času je potrebna prilagoditev delovnega mesta in izdelava načrta drugih preventivnih ukrepov za zmanjšanje stopnje obremenitve.
	4	≥ 100 točk	Visoka	a) Fizična preobremenitev je verjetna. b) Izrazitejša motnje in/ali disfunkcije, strukturne poškodbe s patološkim pomenom.	Nemudoma je potrebna prilagoditev delovnega mesta in izdelava načrta drugih preventivnih ukrepov za zmanjšanje stopnje obremenitve.

**Slika 13: Vrednotenje stopnje obremenitve (UL RS, št.84/23, 2023)**

Vir: Prirejeno po Praktične smernice za ocenjevanje tveganj telesnih obremenitev po Metodah ključnih kazalnikov (MKK), 2023

## 5 Diskusija in zaključek

V naši raziskavi smo analizirali ergonomske vidike delovnih pogojev na simulirani montažni liniji v Laboratoriju za inženiring poslovnih in produkcijskih sistemov (LIPPS). Cilj naše študije je bil uporabiti in primerjati metodi OWAS (OVAKO Working Postures Analysing System) in KIM (Key Indicator Method) za prepoznavanje kritičnih telesnih drž v delu na montažni liniji. S pomočjo laboratorijskih simulacij in natančno definiranih postopkov smo raziskovali, kako lahko te metode zagotovijo dosledne rezultate pri prepoznavanju ergonomskih izzivov in kritičnih točk. Naša analiza je zajemala opazovanje delavca pri izvajanju delovnih nalog na simulirani montažni liniji, pri čemer smo uporabili metodo OWAS za oceno delovnih obremenitev in položaja telesa ter metodo KIM za celovito oceno tveganja za telesne obremenitve pri ročnih delih.

Analiza z metodo OWAS je razkrila več pomembnih ugotovitev glede delovnih obremenitev in ergonomskih položajev telesa pri izvajanju specifičnih nalog na montažni liniji. Med opazovanjem delovnih procesov smo beležili različne položaje telesa delavcev ter ugotovili, da so nekateri delovni položaji in aktivnosti povezani s povečano stopnjo obremenitve telesa. Analiza z metodo OWAS, identificira zmerno visok Lundqvistov indeks, ki je znašal 162. Ta indeks predstavlja zmerno utrujenost zaposlenega zaradi dela.

Glede na izvedeno analizo z metodo KIM pa smo na naši simulirani montažni liniji ugotovili povečano stopnjo tveganja za telesne obremenitve pri ročnih delih. Na podlagi kvantitativnih ocen in analize različnih dejavnikov, kot so časovna obremenitev, uporaba sile, telesna drža in organizacija dela, smo ugotovili, da so delavci izpostavljeni tveganju za fizično preobremenitev.

Ocena časovne obremenitve je pokazala, da delovna izmena traja 8 ur, pri čemer je skupno trajanje opravila 420 minut. Analiza telesne drže in gibanja je razkrila, da se delo izvaja izključno v stoječem položaju, pri čemer je opazen blag nagib trupa proti delovnemu mestu. Poleg tega smo opazili neustrezno organizacijo dela, ki vključuje enostranske, enakomerne vzorce obremenitev, visoko hitrost dela in nezadostne odmori. Na koncu smo skupaj z vsemi ocenami dobili rezultat, ki znaša 84 točk. To kaže na možnost fizične preobremenitve, kar se lahko odraža tudi v disfunkciji, ki pa je v večini primerov reverzibilna.

Ob upoštevanju pridobljenih rezultatov analiz metod OWAS in KIM pridemo do ključnega spoznanja o potrebi po celovitem pristopu k ergonomski oceni delovnih pogojev na simulirani montažni liniji. Na podlagi analize telesnih obremenitev smo ugotovili, da samo integracija obeh metod v postopek ergonomske ocene lahko največ prispeva k oblikovanju iztočnic za izboljšanje delovnih pogojev in produktivnosti.

Analični vpogled v rezultate metod OWAS in KIM ponuja popolni pregled vseh mogočih ergonomskih izzivov, še posebej ob upoštevanju različnih telesnih zgradb delavcev, kar je zelo pomembno za prilagajanje ergonomskih ukrepov posameznikom.

KIM ponuja identifikacijo tveganja pri ročnem premeščanju bremen. Ocena je individualizirana in omogoča natančno identifikacijo fizikalnih obremenitev zaradi bremena. S tem lahko bolje prilagajamo delovne postopke in opremo, kar vodi k izboljšanju delovnih pogojev in zmanjšanju tveganja za poškodbe.

OWAS metoda razkriva širšo sliko o delovni drži in položaju telesa med delovnim procesom in seveda daje bolj grobe rezultate glede obremenjenosti telesa zaradi neposrednih zunanjih obremenitev (vpliv bremena).

Iz celotnega prispevka je jasno, da metoda OWAS bolj detajlno analizira položaj in držo telesnih segmentov in je nekoliko manj fokusirana na obremenitev zaradi bremena. KIM metoda pa je bolj osredotočena na oceno vplivov na telo zaradi zunanjih bremen. Metoda pa je le posredno osredotočena na položaje telesnih segmentov pri opravljanju del. Vsekakor se kot raziskovalni izziv pokaže ugotavljanje razmerja med celovito oceno delovnega mesta po metodi OWAS in po metodi KIM. Del ugotovitev nudita obe metodi (presečna množica ugotovljenih dejstev), vsekakor pa pri celoviti ergonomski oceni delovnega mesta večji delež ugotovljenih dejstev lahko pripišemo metodi OWAS.

Sinergija med metodama vsekakor omogoča celovito razumevanje vseh ergonomskih vidikov dela vključno s tveganji, ki izhajajo iz obremenitev zaradi premeščanja bremen. Čeprav lahko ena metoda nudi določen vpogled v ergonomsko oceno, lahko kombinacija obeh metod dopolni razumevanje obremenitev telesa in omogoči boljše načrtovanje ukrepov.



Rezultati raziskave kažejo tudi na možnost optimizacije delovnih postopkov in oblikovanja ergonomskih delovnih mest na montažni liniji. Z uporabo metod OWAS in KIM lahko identificiramo ključne telesne položaje in gibe ter na njihovi osnovi razvijamo prilagojene strategije za zmanjšanje obremenitev in izboljšanje produktivnosti.

Analize s pomočjo metod OWAS in KIM so nam omogočile natančen vpogled v obremenitve, s katerimi se delavec srečuje med opravljanjem določenih nalog na montažni liniji. S prehodom na ergonomsko oblikovanje delovnega okolja ne le izboljšujemo delovne pogoje delavcev, temveč tudi spodbujamo njihovo udobje, motivacijo in produktivnost. V današnjem času, kjer je kakovost delovnega okolja ključnega pomena za dobro počutje in učinkovitost zaposlenih, je vključevanje ergonomskih načel v oblikovanje delovnih mest nepogrešljivo. S stalnim izboljševanjem ergonomije delovnega okolja ustvarjamo pogoje za dolgoročno zdrave in zadovoljstvo delavcev, kar pa pozitivno vpliva tudi na uspešnost podjetja.

## Literatura

- Balantič, Z., Polajnar, A. in Jevšnik, S. (2016). *Ergonomija v teoriji in praksi*. Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje.
- Balantič, Z. (2000). Človek, delo, učinek. Moderna organizacija.
- Bortolini, M., Faccio, M., Galizia, F. G., & Gamberi, M. (2021). A tri-objective model for the manual assembly line design integrating economic, technical, and ergonomic aspects. *IFAC-PapersOnLine*, 54(1), 607–612. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.069>
- Bortolini, M., Ferrari, E., Gamberi, M., Pilati, F., & Faccio, M. (2017a). Assembly system design in the Industry 4.0 ERA: A general framework. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 5700–5705. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.1121>
- Bridger, R. (2008). Introduction to Ergonomics. <https://doi.org/10.1201/9781439894927>
- Gómez-Galán, M., Pérez-Alonso, J., Callejón-Ferre, Á.-J., & López-Martínez, J. (2017). Musculoskeletal disorders: Owas review. *Industrial Health*, 55(4), 314–337. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2016-0191>
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid entire body assessment (reba). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201–205. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3)
- Kadir, B. A., Broberg, O., & Conceição, C. S. (2019). Current research and future perspectives on Human Factors and Ergonomics in industry 4.0. *Computers & Industrial Engineering*, 137, 106004. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106004>
- Karhu, O., Kansi, P., & Kuorinka, I. (1977). Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, 8(4), 199–201. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(77\)90164-8](https://doi.org/10.1016/0003-6870(77)90164-8)
- Kroemer, E. K. E., Kroemer, H. B., & Kroemer, H. A. D. (2018). *Ergonomics: How to design for ease and efficiency*. Elsevier.
- Kaljun, J., & Dolšak, B. (2012). Ergonomic design knowledge built in the Intelligent Decision Support System. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 42(1), 162–171. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2011.11.009>

- Klußmann, A., Liebers, F., Brandstädt, F., Schust, M., Serafin, P., Schäfer, A., Gebhardt, H., Hartmann, B., & Steinberg, U. (2017). Validation of newly developed and redesigned key indicator methods for assessment of different working conditions with physical workloads based on mixed-methods design: A study protocol. *BMJ Open*, 7(8). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-015412>
- Klußmann, A., Gebhardt, H., Rieger, M., Liebers, F., & Steinberg, U. (2012). Evaluation of objectivity, reliability and criterion validity of the key indicator method for manual handling operations (Kim-MHO), draft 2007. *Work*, 41, 3997–4003. <https://doi.org/10.3233/wor-2012-0699-3997>
- Kuijt-Evers, L., de Looze, M., & Vink, P. (2004). Theory of comfort. *Comfort and Design*, 13–32. <https://doi.org/10.1201/9781420038132.ch2>
- Madani, D. A., & Dababneh, A. (2016). Rapid entire body assessment: A literature review. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 9(1), 107–118. <https://doi.org/10.3844/ajeassp.2016.107.118>
- Mcatamney, L., & Corlett, E. N. (1992). Ergonomic workplace assessment in a health care context. *Ergonomics*, 35(9), 965–978. <https://doi.org/10.1080/00140139208967376>
- Namwongsa, S., Puntumetakul, R., Neubert, M. S., Chaiklieng, S., & Boucaut, R. (2018). Ergonomic risk assessment of smartphone users using the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) tool. *PLOS ONE*, 13(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203394>
- Trapečar, M. (2012). *Ergonomija in varstvo pri delu: interno gradivo za višjo in strokovno šolo, program Ekonomist. B&B, izobraževanje in usposabljanje d.o.o.*
- Tosi, F. (2019). *Design for Ergonomics*. Nemčija: Springer International Publishing.
- Otto, A., & Scholl, A. (2011). Incorporating ergonomic risks into assembly line balancing. *European Journal of Operational Research*, 212(2), 277–286. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.01.056>
- Pacaux-Lemoine, M.-P., Trentesaux, D., Zambrano Rey, G., & Millot, P. (2017). Designing intelligent manufacturing systems through human-machine cooperation principles: A human-centered approach. *Computers & Industrial Engineering*, 111, 581–595. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.05.014>
- Praktične smernice za ocenjevanje tveganj telesnih obremenitev po Metodah ključnih kazalnikov, Zbornica varnosti in zdravja pri delu, (2023). Dostopno na: <https://www.gov.si/assets/ministrstva/MDDSZ/Prakticne-smernice-bremena.pdf>
- Reiman, A., Kaivo-oja, J., Parviainen, E., Takala, E.-P., & Lauraeus, T. (2021). Human factors and ergonomics in manufacturing in the industry 4.0 context – a scoping review. *Technology in Society*, 65, 101572. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101572>
- Sagot, J.-C., Gouin, V., & Gomes, S. (2003). Ergonomics in product design: Safety factor. *Safety Science*, 41(2–3), 137–154. [https://doi.org/10.1016/s0925-7535\(02\)00038-3](https://doi.org/10.1016/s0925-7535(02)00038-3)
- Soares, M. M., & Rebelo, F. (2016). *Ergonomics in design: Methods and techniques*. CRC Press.
- Sokolov, B., & Ivanov, D. (2021). *Scheduling in industry 4.0 and cloud manufacturing*. SPRINGER NATURE.
- Uradni list RS, št.84/23 ((2023). Dostopno na: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2023-01-2575/pravilnik-o-zagotavljanju-varnosti-in-zdravja-delavcev-pri-rocnem-premescanju-bremen>.