



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences



ERGONOMSKI PRIRUČNIK ZA RAD NA SIGURAN NAČIN

Snježana Kirin
Damir Kralj

Copyright ©
Veleučilište u Karlovcu 2026.

Izdavač:
Veleučilište u Karlovcu

Za izdavača:
Ivan Štedul, v. pred.

Recenzenti:
prof. dr. sc. Budimir Mijović
dr. sc. Adam Stančić, prof. struč. stud.

Lektura:
Maja Kličarić, prof., dipl. bibl.

Grafičko oblikovanje i tisak:
Tiskara Pečarić i Radočaj d. o. o.

Naklada: 50 primjeraka

Objavljivanje ovog priručnika odobrilo je Povjerenstvo za
izdavačku djelatnost Veleučilišta u Karlovcu Odlukom o
izdavanju publikacije br.7.5-13-2026-3.

ISBN 978-953-8213-37-3 (*online*)
ISBN 978-953-8213-38-0 (tisak)

CIP zapis je dostupan u nacionalnom skupnom katalogu knjižničnog sustava
Bukinet (katalog.bukinet.hr) pod brojem 991006053863409366.

Ovaj priručnik financiran je sredstvima iz projekta
„Ergonomski aspekti i razvoj kulture sigurnosti u tekstilnoj industriji (TeksErgo)”

**Snježana Kirin
Damir Kralj**

ERGONOMSKI PRIRUČNIK ZA RAD NA SIGURAN NAČIN

**Priručnik je izrađen na temelju saznanja i iskustava prikupljenih tijekom istraživačkog projekta
„Ergonomski aspekti i razvoj kulture sigurnosti u tekstilnoj industriji (TeksErgo)”**

Dokument je namijenjen konceptualnoj ergonomskoj procjeni. Ne zamjenjuje službenu procjenu ovlaštenog stručnjaka ni mjerenje stvarnih kutova tijela.

KARLOVAC, 2026.

Predgovor

Prije svega, želimo zahvaliti na trudu i suradnji svim članovima našega projektnog tima: Lidiji Jakšić koja je sudjelovala u cijelom ciklusu od oblikovanja teme i ciljeva projekta do organizacije njegovih aktivnosti, Majdi Šavor koja je oblikovala i provela ankete za procjenu psihosocijalnih rizika te našim asistenticama Marineli Vulić i Manueli Žakula bez čijeg truda i zalaganja ne bi bilo prikupljenih rezultata mjerenja i anketnih odgovora koji su temelj na kojem je zasnovan ovaj priručnik.

Proučavanje psihofizičkog i statodinamičkog opterećenja u proizvodnim sustavima zahtijeva različiti pristup i različite metode provođenja ispitivanja s obzirom na vrstu proizvodnje. Rad u odjevnoj industriji može se klasificirati kao lagan rad kod kojeg se srčana frekvencija kreće u rasponu od 75 do 100 l/min, plućna ventilacija od 20 do 31 l/min, potrošnja kisika između 0,5 do 1,0 l/min te energetska potrošnja od 8,5 do 15,5 kJ/min. Međutim, s obzirom na zahtjevnost radnih zadataka, pojavljuje se značajno psihofizičko i statodinamičko opterećenje.

Prema Zakonu o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14, 94/18) svaki radnik mora biti osposobljen za rad na siguran način uz što manje opterećenje i zamor, što obuhvaća ugodne radne uvjete i pogodno oblikovanu radnu metodu te pogodno oblikovanje radnog mjesta. Stručnjaci zaštite na radu, na temelju Pravilnika o zaštiti na radu radnika izloženih statodinamičkim, psihofizičkim i drugim naporima na radu (NN 73/2021), procjenjuju u okviru procjene rizika opterećenje kvantitativno. Projekt „Ergonomski aspekti i razvoj kulture sigurnosti u tekstilnoj industriji (TeksErgo)” pokrenut je i proveden u cilju kvalitativnog i kvantitativnog proučavanja rada u odjevnoj industriji (Kralj, Kirin i Štedul, 2025).

Pokazatelji i doprinos projekta „TeksErgo” izraženi su kroz izradu prijedloga mjera za smanjenje statodinamičkog opterećenja i zamora radnika, izradu prijedloga za smanjenje psihofiziološkog napora radnika, implementaciju specijalizirane programske podrške u nastavni proces te kroz izradu prijedloga mjera za unaprjeđenje sigurnosti radnih mjesta u okviru industrije 4.0 i industrije 5.0, što je između ostaloga rezultiralo izradom ovog priručnika za rad na siguran način te publikacijom rezultata kroz predviđeni broj radova u časopisima i stručno-znanstvenim skupovima (Kralj, Kirin i Štedul, 2025).

Pored uobičajenih mjerenja parametara radne okoline specijaliziranom mjernom opremom, prvi su se put u ovom području proizvodnih sustava u Republici Hrvatskoj primjenjivala suvremena informacijsko-komunikacijska rješenja za analizu i procjenu radnog opterećenja u odjevnoj industriji. Rezultati i grafički prikazi korišteni u ovom priručniku rezultat su primjene napredne programske podrške za snimanje pokreta putem inercijskih senzora i procjene opterećenja programskim sustavom HRV NAWO Solution, eksperimentima sa sustavima za simulaciju oblikovanja radnih mjesta u prividnoj stvarnosti (NVIDIA Omniverse Composer, Blender) te naposljetku i okvirnoj procjeni elemenata kritičnog radnog opterećenja primjenom generativne umjetne inteligencije (GPT-5.6 Thinking).

Autori

Sadržaj

Predgovor	I
Sadržaj	II
1. Razlog pisanja priručnika, namjena i ograničenja	1
2. Polazna situacija u pogonu i fotorealistični prikazi	3
3. Digitalni VR/Blender/Omniverse prikaz i njegova namjena	6
4. Antropometrijski modeli i referentne dimenzije.....	8
5. RULA metoda i osnovna procjena opterećenja	9
6. Utjecaj promjene parametara radnog mjesta na opterećenje.....	11
6.1. Promjena visine radne plohe	11
6.2. Promjena položaja gazila	11
6.3. Promjena dubine radnog stola i položaja stroja	12
7. Integrirane preporuke za podešavanje radnog mjesta	14
8. Smjernice za daljnju provjeru u stvarnom pogonu.....	15
9. Primjeri iz prakse	16
9.1. Tvrtka 1, prikaz 1 i 2	16
9.2. Tvrtka 2, prikaz 1 i 2	19
10. Zahtjevi vidnih sposobnosti radnika u tehnološkom procesu šivanja	23
11. Radni uvjeti – primjeri iz prakse	24
11.1. Buka	24
11.2. Osvijetljenost	27
11.3. Mikroklima	29
12. Organizacija rada	30
12.1. MTM sustav	31
12.2. Psihosocijalni rizici	35
13. Literatura	38
14. Prilozi	40
14.1. Popis slika	40

14.2. Popis tablica.....	41
--------------------------	----

1. Razlog pisanja priručnika, namjena i ograničenja

Razlog pisanja priručnika. Priručnik je izrađen radi jasnog prikaza ergonomske rizika na šivaćem radnom mjestu u tekstilnoj trikotažnoj industriji, osobito u operaciji sastavljanja dijelova kupaćih kostima. Rad se izvodi sjedeći, uz precizno vođenje materijala kroz industrijski šivaći stroj, ponavljajuće pokrete ruku, statičan položaj vrata i trupa te upravljanje strojem gazilom. OSHA za šivaće radne stanice navodi da se rizici mogu pojaviti zbog neugodnih položaja ruku, vrata, trupa i nogu te da na te položaje utječu dimenzije radnika i dizajn radnog mjesta (OSHA, 2026^a).

Namjena. Priručnik služi kao podloga za oblikovanje ergonomske radnog mjesta te za izradu digitalnog modela u VR okruženju, Blenderu ili NVIDIA Omniverse USD Composeru. Poseban naglasak stavljen je na usporedbu triju antropometrijskih modela visine 160 cm, 170 cm i 175 cm, uz razmatranje visine radne plohe, visine sjedala, položaja gazila i pomaka stroja po dubini stola.

Ograničenja. Sve su vrijednosti RULA rezultata u ovom dokumentu indikativne. Za službenu procjenu potrebno je mjerenje stvarnog položaja tijela, kutova vrata, trupa, nadlaktice, podlaktice i ručnog zgloba, trajanja ciklusa, frekvencije rada, sila i realnih dimenzija opreme. Rezultati su korisni za preliminarno projektiranje i usporedbu varijanti, ali ne predstavljaju službeni nalaz medicine rada ili ovlaštenog ergonomske ispitivanja.

Tablica 1 sažeto objedinjuje sve ove elemente.

Tablica 1. Razlozi, namjena i ograničenja priručnika

Stavka	Opis
Glavni razlog	Prikazati kako odnos visine radnice, stola, sjedala, gazila i položaja stroja utječe na opterećenje vrata, ramena, leđa i ruku.
Praktična namjena	Podloga za razgovor s konstruktorima, voditeljima proizvodnje, stručnjacima zaštite na radu i ergonomima.
Digitalna namjena	Podloga za izradu parametarskog VR/Blender/Omniverse modela radnog mjesta.
Ograničenje	Procjena je izvedena iz vizualnog modela i pretpostavki; nije zamjena za mjerenje u stvarnom pogonu.

Fotorealistični i animirani prikazi radnice i radne stanice u općem, tj. uvodnom dijelu ovoga priručnika nisu zasnovani na stvarnoj osobi i radnom okruženju, već su rezultat oblikovanja primjenom umjetne inteligencije (AI) na temelju detaljnog opisa stvarnih radnih okruženja. U primjerima iz prakse svi fotorealistični prikazi

zasnovani su na stvarnim radnim situacijama u dvjema tekstilnim tvrtkama u kojima su vršena mjerenja radnog opterećenja i parametara radnog okruženja u sklopu projekta „Ergonomski aspekti i razvoj kulture sigurnosti u tekstilnoj industriji (TeksErgo)”. Ovi su prikazi kasnije animirani u Blender/NVIDIA Omniverse formatu (tzv. *clay/manequin* format) te su putem tih prikaza i tablica opterećenja po RULA metodi primjenom AI-ja načinjene tzv. toplinske mape opterećenja pojedinih gornjih dijelova tijela. Paralelno su prikazane i toplinske mape digitalnih likova koje su za istu radnu situaciju dobivene primjenom snimanja pokreta putem inercijalnih senzora (IMU) i procjene opterećenja putem računalne aplikacije HRV NAWO Live.

[Natrag na Sadržaj >](#)

2. Polazna situacija u pogonu i fotorealistični prikazi

Opis radne operacije. Radnica sjedi za profesionalnim industrijskim šivaćim strojem. Ulazni dijelovi nalaze se u velikoj plastičnoj posudi s lijeve strane, a nakon šivanja ili djelomičnog sastavljanja odlažu se u sličnu posudu s desne strane. Analizirani proizvodni primjer odnosi se na dijelove kupaćih kostima ili slične elastične tekstilne dijelove koji zahtijevaju precizno vođenje materijala.



Slika 1. Polazna fotorealistična vizualizacija šivaće radne stanice: industrijski šivaći stroj, radna ploha, podesiva stolica, gazilo i posude za materijal lijevo/desno u pogonu

Rizici u radnoj situaciji. Kod šivanja može se pojaviti dosezanje prema posudama, bočno izvijanje trupa, savijanje vrata prema igli, statičan položaj ramena i ponavljajuće vođenje materijala rukama. OSHA kod operacije šivanja posebno upozorava da dosezanje prema materijalu, bočno posezanje i manipulacija materijalom mogu opteretiti ruke, vrat, ramena i leđa (OSHA, 2026^b).

Polazne pretpostavke radnog mjesta prikazane su u tablici 2, dok slike 2 – 4 daju vizualni prikaz organizacije i okruženja radnog mjesta.

Tablica 2. Polazne pretpostavke radnog mjesta

Parametar	Polazna vrijednost / pretpostavka
Radna ploha	76 cm od poda u osnovnoj varijanti za sva tri antropometrijska modela.
Sjedalo	45 cm za model 160 cm; 47 cm za model 170 cm; 49 cm za model 175 cm.
Materijal	Dijelovi kupaćih kostima ili slični mekani tekstilni dijelovi, mala masa pojedinačnog komada.
Opterećenje	Malo vanjsko opterećenje, pretpostavljeno manje od 2 kg, ali ponavljajući i statičan rad.
Tok materijala	Ulaz lijevo, radna zona u području igle, izlaz desno.
Ključni rizici	Vrat, ramena, gornji dio leđa, ručni zglobovi, statičan položaj trupa i položaj noge na gazilu.



Slika 2. Fotorealistični prikaz položaja radnice, stola, stroja i gazila



Slika 3. Pogled s druge strane radnice za razumijevanje prostornog rasporeda posuda i stroja



Slika 4. Širi fotorealistični prikaz proizvodnog okruženja i toka materijala

[Natrag na Sadržaj >](#)

3. Digitalni VR/Blender/Omniverse prikaz i njegova namjena

Razlika između fotorealističnog prikaza i digitalnog ergonomskeg modela. Fotorealistične slike prikazuju realističnu atmosferu pogona, ali nisu najpogodnije za kontrolu mjera, odnosa zglobova i promjenu parametara. Zbog toga je za ergonomske analize prikladniji digitalizirani prikaz s manekenom, u kojemu su tijelo, stol, stolica, gazilo i stroj pojednostavljeni, mjerljivi i podesivi.

Namjena VR/Blender/Omniverse modela. Digitalni model (slika 5) treba omogućiti promjenu visine radne plohe, visine sjedala, položaja gazila i položaja stroja po dubini stola. U Blenderu je za takav model važno koristiti metrički sustav jedinica (BLENDER FOUNDATION, 2026), a u NVIDIA Omniverse USD Composeru (NVIDIA, 2026^a) važno je osigurati konzistentne jedinice u USD sceni i rad s mjerljivim elementima (NVIDIA, 2026^b).



Slika 5. Digitalizirani VR/Blender/Omniverse koncept s manekenom u šivaćem proizvodnom okruženju

Predloženi rasponi parametara digitalnog modela radnog mjesta za tri antropometrijska modela prikazani su u tablici 3.

Tablica 3. Predloženi parametri digitalnog modela

Parametar modela	Predložena izvedba u digitalnom okruženju	Svrha
Visina radne plohe	Varijabilna, npr. 72 – 80 cm	Usporedba opterećenja ramena, vrata i trupa.
Visina sjedala	Varijabilna, npr. 45/47/49 cm	Usklađivanje položaja zdjelice, koljena i lakta.
Položaj gazila	Podesiv naprijed-natrag i bočno	Provjera dosega stopala i simetrije zdjelice.
Položaj stroja	Podesiv po dubini stola	Provjera udaljenosti igle od tijela i dosega ruku.
Posude s materijalom	Podesive lijevo/desno i po udaljenosti	Smanjenje bočnog dosega i rotacije trupa.
Maneken	Tri visine: 160, 170 i 175 cm	Usporedba antropometrijskih scenarija.

Ovdje obvezno trebamo naglasiti kao određeno ograničenje to što su RULA rezultati u ovom priručniku izvedeni iz vizualnih/digitalnih modela i pretpostavki na temelju kojih su oblikovane indicijalne toplinske karte stvorene primjenom umjetne inteligencije (GPT-5.6 Thinking). Prikazana polazna situacija u potpunosti je oblikovana primjenom umjetne inteligencije, no ona nam daje okvirni temelj za postupno razmatranje promjena radnog opterećenja uz promjene parametara radnog mjesta. Umjetna inteligencija pritom procjenjuje kritične kutove iz plošne slikovne projekcije i uspoređuje ih s kriterijima iz tablica za procjenu opterećenja po RULA metodi. Iako ovaj pristup sadrži niz ograničenja i pristupa procjeni iz samo jednog smjera pogleda, on daje dobar metodološki i edukativan pristup za oblikovanje i preoblikovanje šivaćeg radnog mjesta.

U primjerima iz prakse prethodno su vršena mjerenja opterećenja po RULA metodi primjenom snimanja pokreta IMU senzorima i obradom radnog scenarija programskom podrškom NAWO Live. Praćenjem kontinuiranog toka promjena opterećenja (kritičnih kutova pojedinih dijelova tijela) odabrane su situacije s maksimalnim RULA vrijednostima te su ti slikovni prikazi dalje transformirani u VR/Blender slikovni prikaz i analizirani putem umjetne inteligencije. Aplikacija NAWO Live daje detaljne numeričke i grafičke prikaze raspona promjena opterećenja, no uvrštavanje tih podataka i prikaza nije prikladno za uvrštavanje u ovu vrstu priručnika. U primjerima iz prakse, uz stvarne slikovne prikaze radne sekvence i rezultate analize primjenom umjetne inteligencije, prikazane su i slike digitalnog lika (manekena), čiji su dijelovi tijela obojeni u skladu s RULA tablicama u rasponu od zelene (vrijednost 1) do crvene (vrijednost 7) boje, ovisno o trenutno izmjerenom stupnju opterećenja (tzv. toplinski prikaz), kako bi se mogle donekle usporediti s toplinskom kartom stvorenom primjenom umjetne inteligencije.

Iako u načelu procjenu radnog opterećenja iz vizualnog prikaza primjenom umjetne inteligencije možemo smatrati nepouzdanom, činjenica je da na tržištu nalazimo sve više programskih alata koji su namijenjeni procjeni radnog opterećenja na temelju videosnimke radne sekvence (NAWO Live uz isključivo snimanje kamerom, ErgoScan AI i sl.). Većina tih alata pokazuje nedostatke vezane za nepotpune informacije zbog neprozirnih prepreka na radnim mjestima i samo jednog smjera kamere (Kralj i sur., 2025).

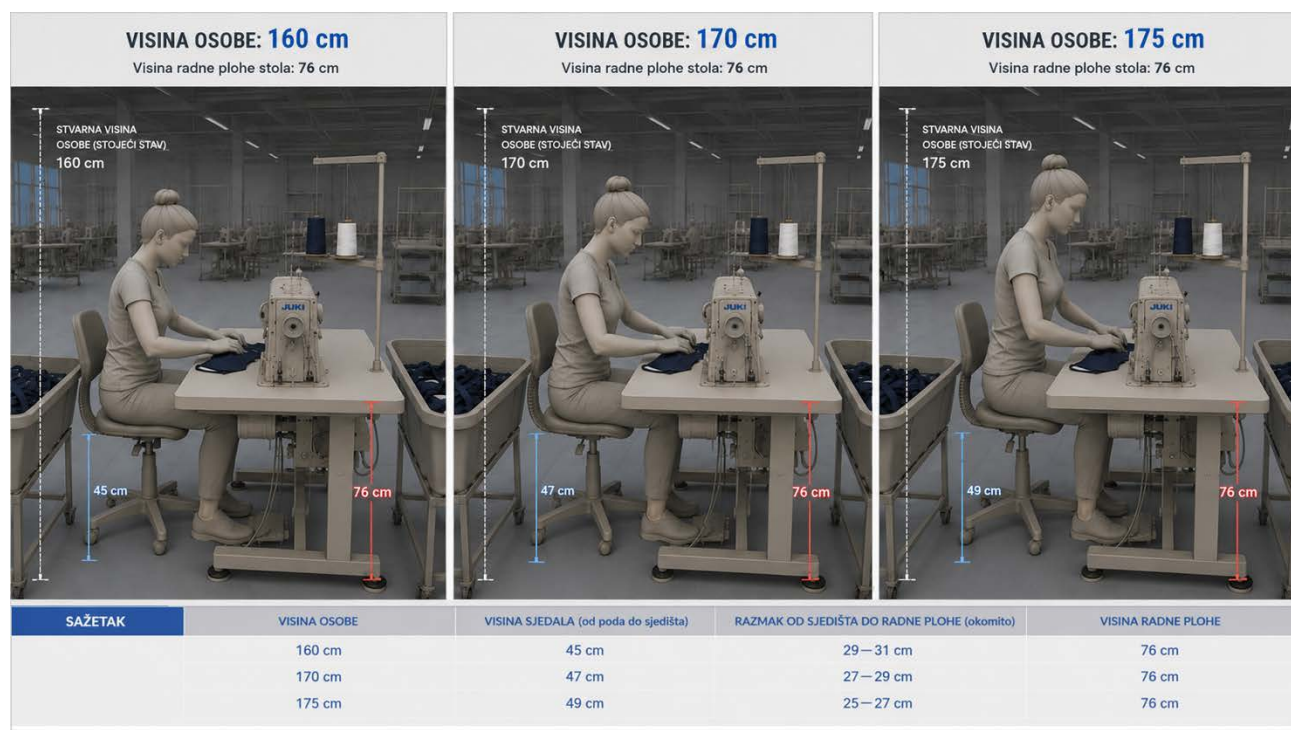
[Natrag na Sadržaj >](#)

4. Antropometrijski modeli i referentne dimenzije

Interpretacija visina modela. Visine 160 cm, 170 cm i 175 cm označavaju stvarnu tjelesnu visinu osobe u stojećem stavu. Visina sjedala označava udaljenost od poda do površine sjedenja. Visina radne plohe označava vertikalnu udaljenost od poda do gornje površine stola. Takvo razdvajanje mjera (tablica 4) u skladu je s općim pristupom definiranju antropometrijskih mjera za tehničko projektiranje (ISO, 2017) i s primjenom antropometrijskih mjera na projektiranje radnih mjesta (ISO, 2002). Slika 6 daje korigirani digitalni prikaz svih triju antropometrijskih modela za zadanu visinu radne plohe od 76 cm.

Tablica 4. Referentne dimenzije osnovne varijante

Visina osobe u stojećem stavu	Visina sjedala	Radna ploha	Razmak od sjedala do radne plohe	Tumačenje
160 cm	45 cm	76 cm	29 – 31 cm	Ploha je relativno visoka u odnosu na tijelo; veći rizik za ramena i vrat.
170 cm	47 cm	76 cm	27 – 29 cm	Najbliže neutralnom odnosu sjedalo – radna ploha.
175 cm	49 cm	76 cm	25 – 27 cm	Manji problem podizanja ramena, ali veći rizik saginjanja vrata i trupa.



Slika 6. Korigirani digitalni prikaz triju antropometrijskih modela; visina radne plohe je 76 cm od poda u sva tri slučaja

[Natrag na Sadržaj >](#)

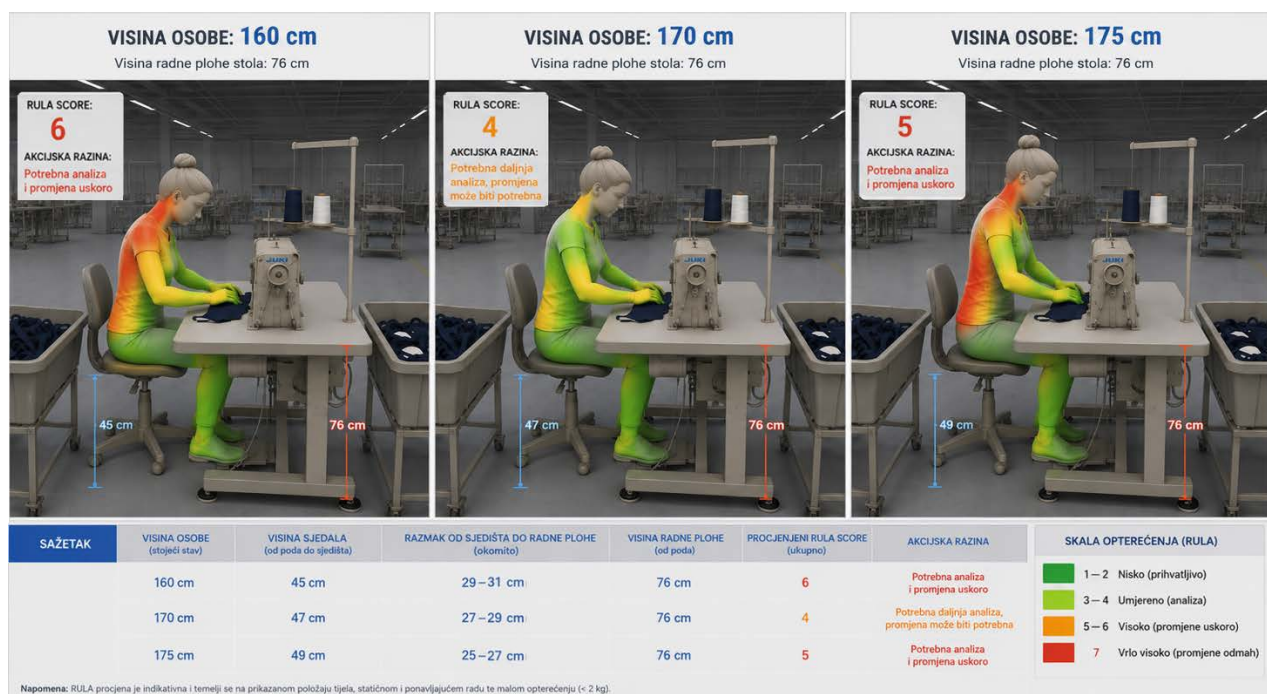
5. RULA metoda i osnovna procjena opterećenja

Metodološka osnova. RULA procjena u ovom priručniku koristi se kao metoda brzog probira za položaje vrata, trupa i gornjih ekstremiteta. Kod statičnih položaja i minimalnih vanjskih sila korisno je uzeti u obzir i preporuke za procjenu statičnih radnih položaja (ISO, 2000). Izvorna RULA metoda razvijena je za istraživanje radnih mjesta s mogućim poremećajima gornjih ekstremiteta te uzima u obzir položaje tijela, mišićni rad i opterećenje (McAtamney i Corlett, 1993). Standardno tumačenje RULA rezultata prikazano je u tablici 5 kroz akcijske razine, pri čemu viši rezultat znači potrebu za bržom intervencijom (Cornell University, 2000).

Tablica 5. Akcijske razine RULA metode

RULA rezultat	Akcijska razina	Tumačenje
1 – 2	Nisko	Položaj se obično smatra prihvatljivim ako nije dugotrajan ili ponavljajući.
3 – 4	Umjereno	Potrebna je daljnja analiza; promjene mogu biti potrebne.
5 – 6	Visoko	Potrebna je analiza i promjene uskoro.
7	Vrlo visoko	Potrebne su promjene odmah.

Osnovni zaključak procjene. Pri radnoj plohi od 76 cm najnepovoljniji je model od 160 cm, jer relativno visoka radna ploha potiče podizanje ramena i rad nadlaktica iz povišenog položaja. Model od 170 cm ima najuravnoteženiji položaj. Model od 175 cm ima manji problem podizanja ramena, ali veći rizik u vratu i trupu zbog saginjanja prema zoni igle. Slika 7 daje tzv. toplinski prikaz ili toplinsku kartu u rasponu boja od zelene do crvene koje označavaju opterećenja po RULA metodi od 1 do 7.



Slika 7. RULA toplinska karta opterećenja po segmentima tijela za modele 160, 170 i 175 cm

U tablici 6 prikazani su ukupni RULA rezultati, akcijske razine i razlozi promjene opterećenja za tri predložena antropometrijska modela, dok tablica 7 prikazuje promjene opterećenja po segmentima tijela uz opis razloga zbog kojih je nastala promjena.

Tablica 6. Indikativni ukupni RULA rezultati za osnovnu varijantu

Visina osobe	Procijenjeni RULA rezultat	Aksijska razina	Glavni razlog
160 cm	6	Potrebna analiza i promjena uskoro.	Radna ploha od 76 cm relativno je previsoka; povećava se opterećenje ramena, vrata i ruku.
170 cm	4	Potrebna daljnja analiza; promjena može biti potrebna.	Najbliže neutralnom odnosu sjedalo – radna ploha.
175 cm	5	Potrebna analiza i promjena uskoro.	Radna zona može biti relativno niska; povećava se saginjanje vrata i trupa.

Tablica 7. Indikativni segmentni profil opterećenja

Segment tijela	160 cm	170 cm	175 cm	Komentar
Vrat	3	2	3	Kod 160 cm napetost je povezana s podignutim ramenima; kod 175 cm s pognutim pogledom prema igli.
Ramena/nadlaktice	3 – 4	2	2 – 3	Najveći rizik kod 160 cm zbog relativno visoke radne plohe.
Podlaktice	2	1 – 2	2	Ovisi o dosegu do igle i načinu vođenja materijala.
Ručni zglobovi	2 – 3	2	2	Kod preciznog šivanja javlja se statičan položaj i odstupanje zgloba.
Trup/leđa	2	1 – 2	2 – 3	Kod 175 cm raste rizik zbog savijanja trupa prema radnoj zoni.
Noge/oslonac	1	1	1	U osnovnoj procjeni noge nisu dominantan RULA čimbenik, ali položaj gazila posredno utječe na trup.

[Natrag na Sadržaj >](#)

6. Utjecaj promjene parametara radnog mjesta na opterećenje

6.1. Promjena visine radne plohe

Visina radne plohe. Ako je radna ploha previsoka, povećava se podizanje ramena i opterećenje nadlaktica, a ako je preniska, povećava se savijanje vrata i trupa. Zbog toga se visina radne plohe treba uskladiti s visinom lakta u sjedećem položaju, uz opuštena ramena i neutralne ručne zglobove (tablica 8).

Tablica 8. Procijenjeni učinak promjene visine radne plohe

Visina osobe	Osnovno stanje	Predložena promjena	Najviše rasterećeni segmenti	Procijenjeni učinak na RULA
160 cm	Stol 76 cm, RULA 6	Smanjiti radnu plohu na oko 72 – 73 cm.	Ramena, vrat, nadlaktice i ručni zglobovi.	Smanjenje približno za 1–2 boda; očekivano 4–5.
170 cm	Stol 76 cm, RULA 4	Zadržati približno 75 – 76 cm.	Bez veće promjene; položaj je najbliže neutralnom.	Moguće zadržavanje na 3 – 4 ili 4.
175 cm	Stol 76 cm, RULA 5	Povisiti radnu plohu na oko 78 – 80 cm.	Vrat, gornja i srednja leđa.	Smanjenje približno za 1 bod; očekivano oko 4.

6.2. Promjena položaja gazila

Uloga gazila. Gazilo ne mijenja samo položaj stopala. Njegov položaj utječe na koljeno, kuk, zdjelicu, oslonac leđa i mogućnost da radnica sjedi blizu stola. Loše postavljeno gazilo može uzrokovati klizanje radnice prema rubu stolice, rotaciju zdjelice, gubitak kontakta s naslonom i povećano saginjanje prema stroju (tablica 9 i tablica 10).

Tablica 9. Podešavanje gazila prema antropometrijskom modelu

Visina osobe	Tipičan problem	Preporučeni pomak gazila	Očekivani učinak
160 cm	Gazilo može biti predaleko ili prenisko pa se noga pruža i zdjelica gubi stabilan oslonac.	Približiti za oko 3 – 6 cm; po potrebi blago povisiti ili smanjiti nagib.	Manje klizanje prema naprijed, stabilnija zdjelica, manje posredno opterećenje vrata i ramena.
170 cm	Položaj je najbliži neutralnom ako stopalo prirodno pada na gazilo.	Zadržati neutralan položaj u osi dominantnog stopala.	Održavanje stabilnog trupa i RULA rezultata oko 3 – 4 ili 4.
175 cm	Gazilo može biti preblizu, što povećava savijanje koljena i skučenost nogu.	Pomaknuti oko 3 – 5 cm dalje, uz dovoljno prostora za koljena i stopala.	Manje skupljanje nogu, bolji položaj zdjelice, manje savijanje trupa.

Tablica 10. Procijenjeni učinak gazila na ukupni RULA rezultat

Visina osobe	RULA osnovno	Samo korekcija gazila	Korekcija gazila + visina stola	Komentar
160 cm	6	5 – 6	4 – 5	Gazilo samo ne rješava previsoku radnu plohu, ali smanjuje kompenzacije zdjelice i trupa.
170 cm	4	3 – 4	3 – 4	Dovoljna je fina korekcija prema prirodnoj osi stopala.
175 cm	5	4 – 5	4	Najveća korist nastaje kada se uz pomak gazila povisi i radna ploha.

6.3. Promjena dubine radnog stola i položaja stroja

Udaljenost igle od tijela. Za opterećenje nije presudna samo ukupna dubina radnog stola, nego udaljenost radne točke, odnosno igle, od tijela radnice. Ako je igla predaleko, povećava se doseg ruku, protrakcija ramena, savijanje vrata i savijanje trupa. Stroj se ne bi trebao pomicati unatrag ako nije potvrđeno da je radna točka preblizu tijelu. Pomak unatrag najčešće povećava doseg ruku i opterećenje ramena, vrata i trupa.

Preporučena podešavanja radne dubine (dosega) stola i očekivana rasterećenja prikazana su u tablici 11, dok tablica 12 daje sažeti prikaz procijenjenog smanjenja RULA opterećenja za pojedinu promjenu.

Tablica 11. Podešavanje položaja stroja po dubini stola

Visina osobe	Smjer korekcije	Okvirni pomak	Očekivano rasterećenje	Oprez
160 cm	Stroj približiti radnici	3 – 5 cm prema tijelu	Manje pružanje ruku, manje podizanje ramena, manji nagib vrata.	Ne približiti toliko da se izgubi prostor za materijal i podlaktice.
170 cm	Minimalna ili nikakva promjena	0 – 2 cm prema tijelu ako se uoči doseg	Održavanje neutralnog dosega.	Ne pomicati unatrag bez mjerenja realnog dosega.
175 cm	Blago približiti radnici	1 – 3 cm prema tijelu	Manje savijanje trupa i vrata, uz bolju kontrolu materijala.	Kombinirati s višom radnom plohom kako se ne bi povećalo skupljanje ruku.

Tablica 12. Sažetak procijenjenog smanjenja opterećenja po pojedinoj promjeni

Promjena parametra	160 cm	170 cm	175 cm
Visina radne plohe	Najveći učinak: spuštanje na 72 – 73 cm može smanjiti RULA približno 1 – 2 boda.	Mali učinak: zadržati oko 75 – 76 cm.	Umjeren učinak: podizanje na 78 – 80 cm može smanjiti RULA približno 1 bod.
Položaj gazila	Mali do umjeren učinak: približavanje 3 – 6 cm smanjuje kompenzacije zdjelice i trupa.	Mali učinak: neutralno pozicioniranje održava stabilan položaj.	Mali do umjeren učinak: odmicanje 3–5 cm poboljšava položaj koljena i zdjelice.
Položaj stroja po dubini	Umjeren učinak: približavanje stroja 3 – 5 cm smanjuje doseg ruku i ramena.	Mali učinak: zadržati srednji položaj.	Mali do umjeren učinak: približavanje 1 – 3 cm smanjuje nagib vrata i trupa.
Kombinirana korekcija	Najrealnije očekivanje: RULA 4 – 5 umjesto 6.	Najrealnije očekivanje: RULA 3 – 4.	Najrealnije očekivanje: RULA oko 4 umjesto 5.

[Natrag na Sadržaj >](#)

7. Integrirane preporuke za podešavanje radnog mjesta

Podešavanje sustava kao cjeline. Stol, stolica, gazilo, položaj stroja, položaj posuda i vidljivost igle trebaju se podešavati zajedno. Promjena samo jedne komponente može smanjiti opterećenje u jednom dijelu tijela, ali povećati opterećenje u drugom. Primjerice, spuštanje stola za model od 160 cm smanjuje opterećenje ramena, ali gazilo i oslonac stopala moraju ostati usklađeni kako se ne bi povećalo opterećenje donjih leđa. Tablica 13 prikazuje integrirane preporuke za tri antropometrijska modela, dok tablica 14 prikazuje prioritete podešavanja parametara radnog mjesta za ova tri modela

Tablica 13. Integrirane preporuke za tri antropometrijska modela

Visina osobe	Radna ploha	Sjedalo	Gazilo	Položaj stroja	Očekivani RULA nakon korekcija
160 cm	72 – 73 cm	oko 45 cm, uz provjeru oslonca stopala	3 – 6 cm bliže; po potrebi blago povišena	3 – 5 cm bliže tijelu	4 – 5
170 cm	75 – 76 cm	oko 47 cm	neutralno, u osi stopala	srednji položaj; do 2 cm bliže po potrebi	3 – 4
175 cm	78 – 80 cm	oko 49 cm, uz prostor za bedra i koljena	3 – 5 cm dalje, bez istezanja noge	1 – 3 cm bliže tijelu	oko 4

Tablica 14. Prioriteti intervencije prema kritičnim segmentima tijela

Visina osobe	Prioritet 1	Prioritet 2	Prioritet 3
160 cm	Spustiti radnu plohu i smanjiti podizanje ramena.	Približiti stroj kako bi se smanjio doseg ruku.	Približiti gazilo i osigurati stabilnu zdjelicu.
170 cm	Održati postojeći odnos stola i sjedala.	Fino podesiti gazilo u osi stopala.	Provjeriti položaj posuda radi smanjenja bočnog dosega.
175 cm	Povisiti radnu plohu i smanjiti saginjanje vrata.	Osigurati dovoljno prostora za koljena i bedra.	Malo približiti stroj, ali zadržati prostor za ruke i materijal.

[Natrag na Sadržaj >](#)

8. Smjernice za daljnju provjeru u stvarnom pogonu

Provjera u stvarnom pogonu. Digitalni i vizualni prikazi trebaju se koristiti kao priprema za terensku provjeru. Na stvarnom radnom mjestu potrebno je izmjeriti barem visinu stola, visinu sjedala, udaljenost igle od prednjeg ruba stola, položaj gazila, udaljenost posuda od radnice te kutove vrata, trupa, ramena i ručnog zgloba tijekom tipičnog radnog ciklusa (tablica 15).

Tablica 15. Kontrolna lista za terensku provjeru

Područje provjere	Što izmjeriti ili provjeriti?	Zašto je važno?
Radna ploha	Visinu od poda, nagib ako postoji i zaobljenost ruba.	Utječe na ramena, vrat, leđa i ručne zglobove.
Sjedalo	Visinu sjedala, naslon, položaj zdjelice i mogućnost podešavanja.	Utječe na stabilnost trupa i dugotrajan statičan rad.
Gazilo	Udaljenost od stolice, visinu, nagib i bočni položaj.	Utječe na kuk, koljeno, zdjelicu i mogućnost sjedenja blizu stroja.
Stroj	Udaljenost igle od tijela i prednjeg ruba stola.	Utječe na doseg ruku, ramena, vrat i trup.
Posude	Bočnu udaljenost i visinu hvatanja/odlaganja materijala.	Utječe na bočni doseg, rotaciju trupa i opterećenje ramena.
Radni ciklus	Trajanje šivanja, frekvenciju ponavljanja i mikropauze.	RULA rezultat pogoršava se kod dugotrajnog statičnog i ponavljajućeg rada.

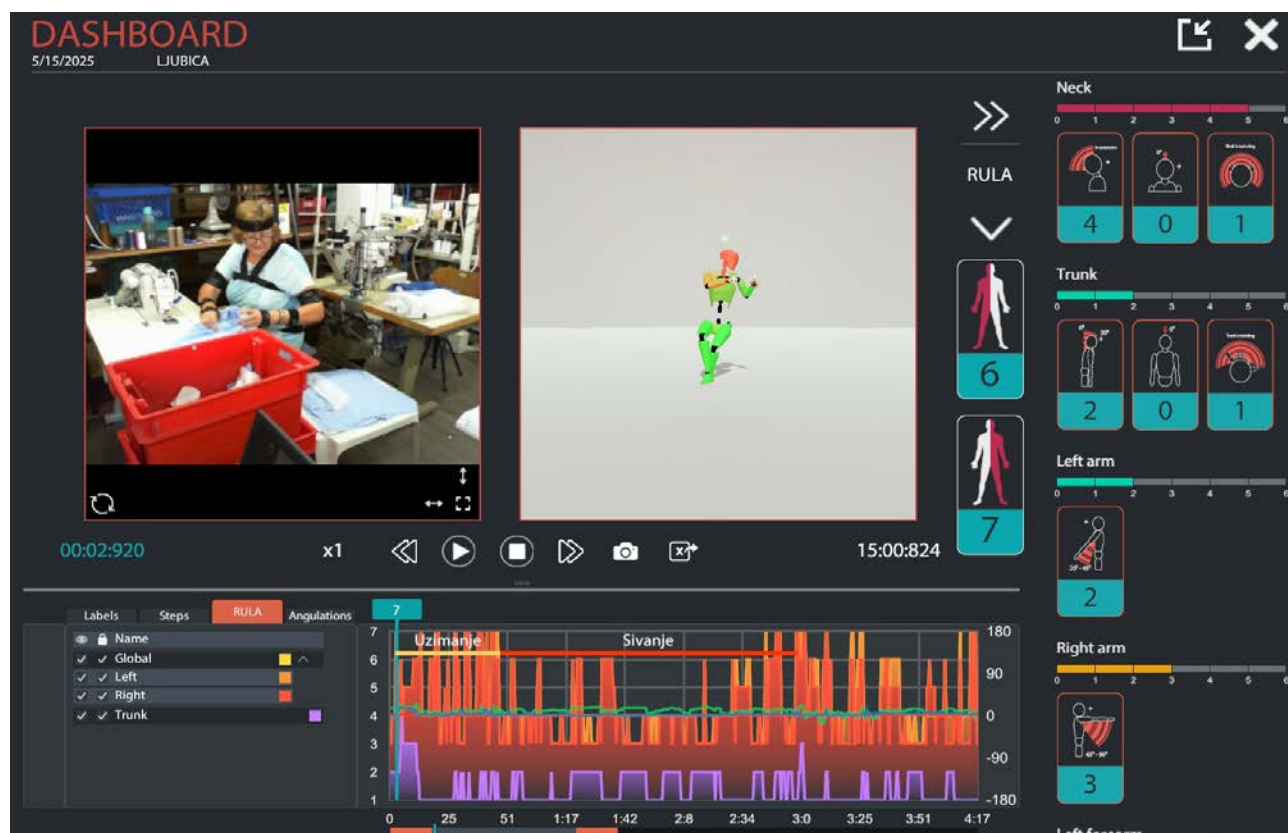
[Natrag na Sadržaj >](#)

9. Primjeri iz prakse

U sljedeća dva odjeljka prikazana su dva radna mjesta dviju tvrtki u kojima je vršeno mjerenje radnog opterećenja po RULA metodi primjenom inercijalnih senzora pokreta i NAWO Live aplikacije. Nakon toga je izvršena transformacija slikovnog prikaza radnika za po dvije pozicije za koje se u NAWO Live indiciralo znatno opterećenje. Prikazi su digitalizirani u VR/Blender (BLENDER ONLINE COMMUNITY, 2026) oblik, a zatim su, primjenom sustava generativne umjetne inteligencije (OPENAI, 2026), izrađene indicijalne toplinske karte opterećenja pojedinih dijelova tijela po RULA metodi. Dan je usporedni prikaz ovih toplinskih karti s prikazima opterećenja manekena u aplikaciji NAWO Live (NAWO Solution, 2023).

9.1. Tvrtka 1, prikaz 1 i 2

U tvrtki 1 izvršena su mjerenja radnog opterećenja po RULA metodi primjenom IMU senzora i aplikacije NAWO Live. Iz vremenski zavisnih prikaza rezultata opterećenja na nadzornoj ploči (slika 8), odabrane su pojedine kritične pozicije. Za poziciju 1 (slika 9) i poziciju 2 (slika 10) izvršene su, primjenom umjetne inteligencije, transformacije u VR/Blender oblik, a zatim provedene procjene opterećenja i dodani toplinski prikazi.



Slika 8. Prikaz vremenski zavisnih rezultata na nadzornoj ploči aplikacije NAWO Live za primjer iz tvrtke 1



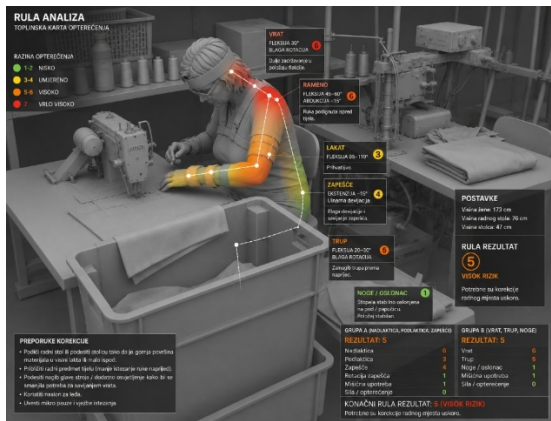
a)



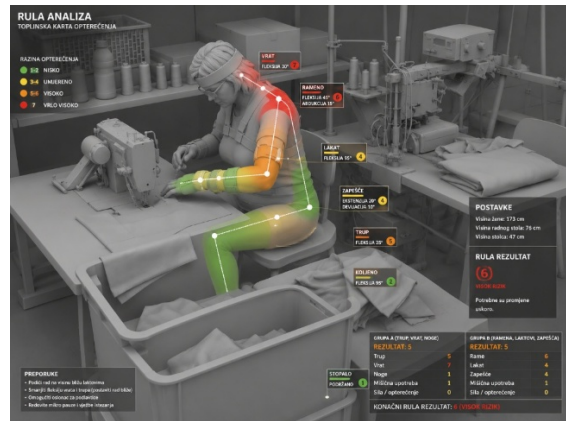
b)



c)



d)



e)

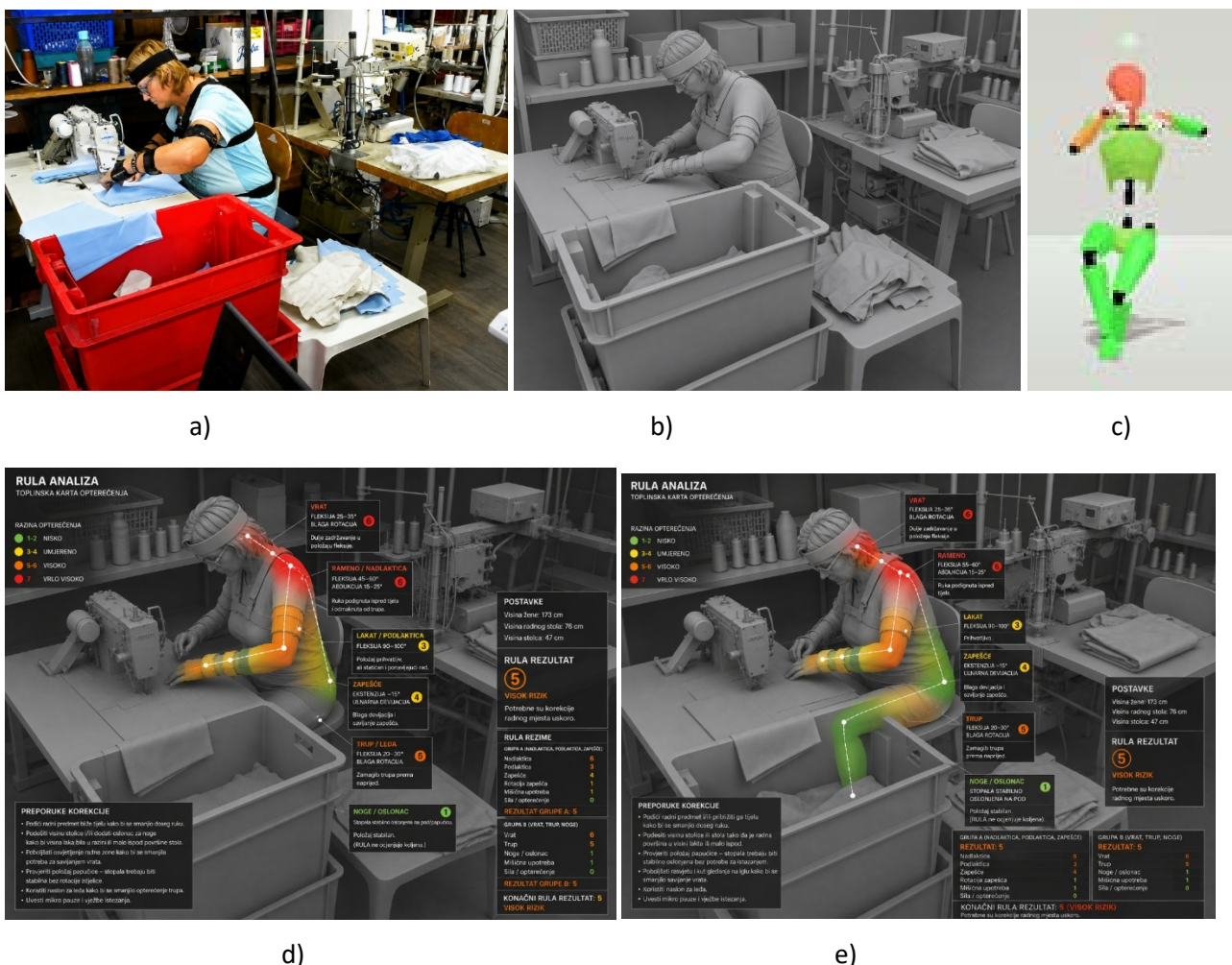
Slika 9. Prikaz 1: a) stvarna slika radnice u poziciji 1, b) prikaz manekena u Blenderu, c) toplinski prikaz manekena po RULA metodi u NAWO Live, d) AI toplinska karta opterećenja po segmentima tijela po RULA metodi, e) prošireni RULA prikaz s opterećenjem nogu

Pozicija 1 — šivanje / vođenje materijala (žena visine 173 cm, visina stola 76 cm, visina stolice 47 cm)

Procijenjeni rezultat: RULA 5 — visok rizik.

Najopterećeniji dijelovi su vrat, rame/nadlaktica, zapešće i trup. Vrat je u fleksiji zbog gledanja prema zoni šivanja. Rame je opterećeno jer je ruka podignuta i pomaknuta prema naprijed. Zapešće je u blagoj ekstenziji i devijaciji, što je tipično kod preciznog vođenja tekstila. Trup je blago do umjereno nagnut prema naprijed.

Prijedlog korekcije: radnu točku treba približiti tijelu, odnosno smanjiti potrebu za pružanjem ruku prema naprijed. Visinu radnog stola i/ili stolice treba podesiti tako da se šivanje odvija približno u visini lakta ili malo ispod nje. Potrebno je provjeriti položaj gazila kako bi stopala ostala stabilno oslonjena bez rotacije zdjelice. Preporučuje se i bolja rasvjeta ili bolji kut gledanja prema igli kako bi se smanjilo savijanje vrata.



Slika 10. Prikaz 2: a) stvarna slika radnice u poziciji 2, b) prikaz manekena u Blenderu, c) toplinski prikaz manekena po RULA metodi u NAWO Live, d) AI toplinska karta opterećenja po segmentima tijela po RULA metodi, e) prošireni RULA prikaz s opterećenjem nogu

Pozicija 2 — šivanje / vođenje materijala

Procijenjeni rezultat: RULA 5 — visok rizik.

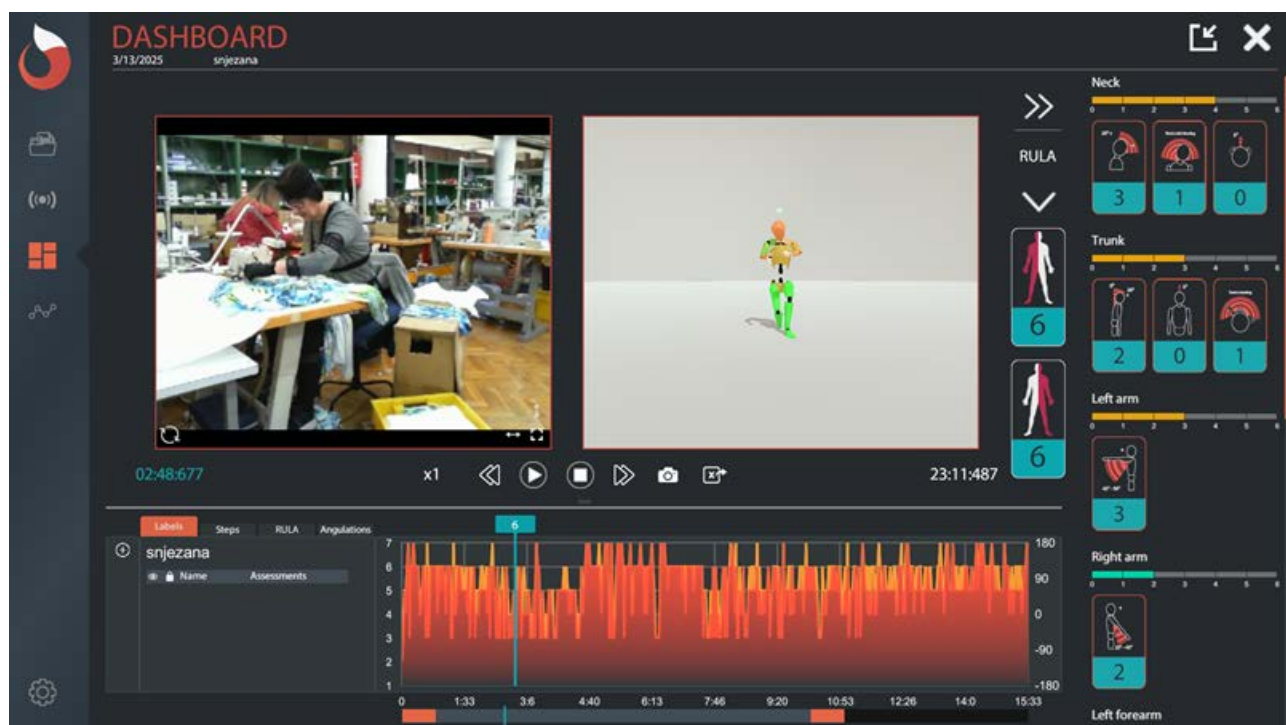
Druga pozicija pokazuje nešto izraženiji radni nagib prema naprijed. Opterećenje je i dalje najviše na vratu, ramenu, trupu i zapešću. Položaj nogu nije zasebno kritičan prema RULA metodi ako je oslonac stabilan, ali gazilo se i dalje mora provjeriti jer može neizravno pogoršati položaj trupa i vrata.

Prijedlog korekcije: radni predmet i zona igle trebaju biti bliže tijelu, a stroj ne bi trebalo pomicati unatrag jer bi to povećalo doseg ruku i nagib trupa. Potrebno je provjeriti može li se stolica približiti stolu bez sudara s posudom ili konstrukcijom stola. Ako je za osobu visoku 173 cm radna ploha na 76 cm i visina stolice 47 cm, položaj je približno prihvatljiv, ali se čini da problem više proizlazi iz doseg a nagiba prema naprijed, a manje iz same visine stola.

Kod RULA metode noge se ne analiziraju detaljno kao u REBA metodi. U RULA-i noge se uzimaju samo vrlo pojednostavljeno kao pitanje je li položaj stabilan i oslonjen, tj. jesu li noge i stopala dobro oslonjeni i tijelo stabilno ili noge nisu dobro oslonjene te je položaj nestabilan ili neuravnotežen. Dakle, podaci o opterećenju nogu su ovdje samo dopunska informacija o stabilnosti položaja, a ne kao dio RULA metode.

9.2. Tvrtka 2, prikaz 1 i 2

Prikaz vremenski zavisnih rezultata u nadzornoj ploči aplikacije NAWO Live u tvrtki 2 prikazan je na slici 11, a prikazi analize za poziciju 1 i poziciju 2 na slici 12 i slici 13.



Slika 11. Prikaz vremenski zavisnih rezultata na nadzornoj ploči aplikacije NAWO Live za primjer iz tvrtke 2



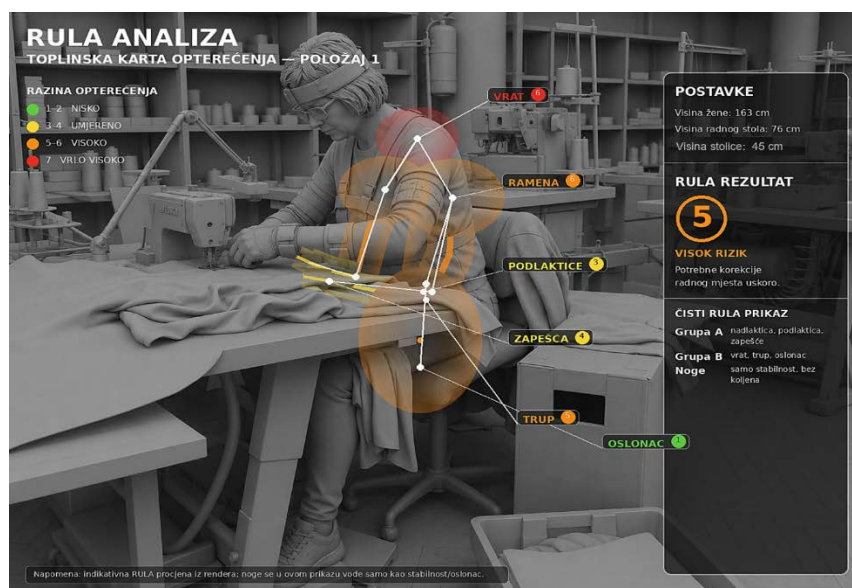
a)



b)



c)



d)

Slika 12. Prikaz 1: a) stvarna slika radnice u poziciji 1, b) prikaz manekena u Blenderu, c) toplinski prikaz manekena po RULA metodi u NAWO Live, d) AI toplinska karta opterećenja po segmentima tijela po RULA metodi

Pozicija 1 — šivanje / vođenje materijala (žena visine 163 cm, visina stola 76 cm, visina stolice 45 cm)

Procijenjeni rezultat: RULA 5 — visok rizik.

Najveće opterećenje pojavljuje se u vratu, ramenima/nadlakticama i trupu. Radnica je nagnuta prema radnoj zoni, glava je pognuta prema igli, a ruke su pomaknute prema naprijed. Zapešća su umjereno opterećena zbog preciznog vođenja elastičnog tekstila.

Prijedlog korekcije: radni predmet i zona šivanja trebaju biti bliže tijelu, vidljivost šava treba poboljšati dodatnim usmjerenim svjetlom, a položaj stolice treba podesiti tako da su laktovi približno u razini radne površine ili malo iznad nje. Treba provjeriti i položaj gazila kako bi oslonac stopala ostao stabilan bez rotacije zdjelice.



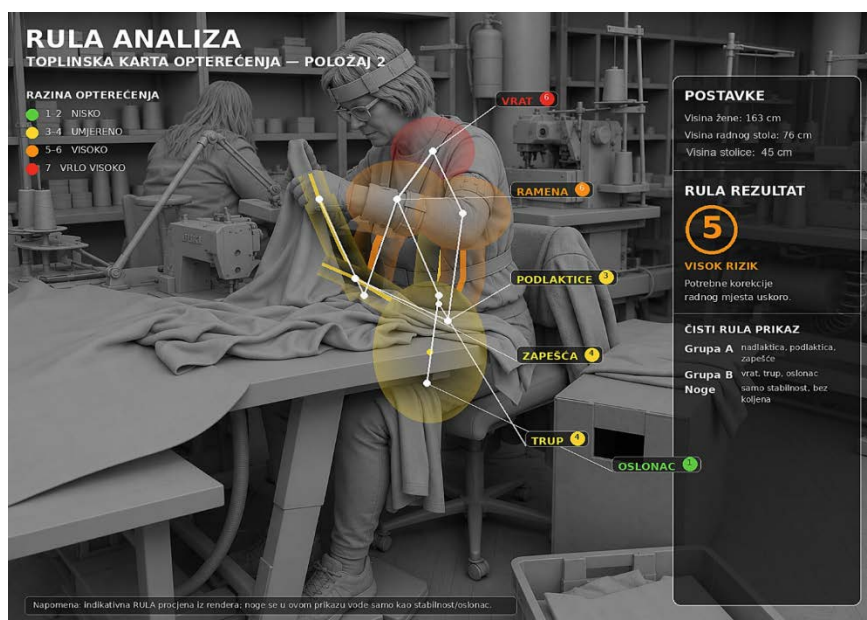
a)



b)



c)



d)

Slika 13. Prikaz 2: a) stvarna slika radnice u poziciji 2, b) prikaz manekena u Blenderu, c) toplinski prikaz manekena po RULA metodi u NAWO Live, d) AI toplinska karta opterećenja po segmentima tijela po RULA metodi

Pozicija 2 — rukovanje / podizanje materijala

Procijenjeni rezultat: RULA 5 — visok rizik.

U ovom položaju trup je nešto uspravniji nego kod šivanja, ali su ruke više podignute pri rukovanju tekstilom. Zbog toga su ramena/nadlaktice i vrat i dalje najkritičniji. Zapešća i podlaktice imaju umjereno opterećenje zbog hvatanja i okretanja materijala.

Prijedlog korekcije: materijal treba organizirati u užoj zoni dosega, po mogućnosti ispred tijela i u visini između lakta i radne plohe. Treba smanjiti potrebu za podizanjem i okretanjem većih komada tekstila u zraku. Korisno je uvesti pomoćnu površinu ili kliznu podlogu za tekstil kako bi se smanjilo opterećenje ramena i zapešća.

[Natrag na Sadržaj >](#)

10. Zahtjevi vidnih sposobnosti radnika u tehnološkom procesu šivanja

Potrebne vidne sposobnosti u tehnološkom procesu šivanja iskazuju se prepoznavanjem složene strukture izradaka, raspoznavanjem malih razlika oblika, boje, nijansi obojenja te brzinom i točnošću reagiranja na temelju vidnog zapažanja. Stoga je potrebno da radnik ima izrazito dobre senzorske sposobnosti osjetilnih organa vida, akomodaciju i adaptaciju oka zbog zahtjeva izvođenja tehnološke operacije što podrazumijeva obradu informacija o položaju šava, rubovima materijala te duljini slojeva materijala. Izrazito dobre vidne sposobnosti radnika odlučujući su za koordinaciju pokreta, brzinu šivanja i točnost izvođenja. Pri radu u radnim sustavima, gdje je potreban visok stupanj vizualne kontrole, radno je mjesto potrebno oblikovati tako da se koriste vidne zone u udobnom području prenošenja pogleda pomakom linije glave i udobnom području rotacije očiju i pokreta glave (Kirin, 2025).

Najviši stupanj usredotočenosti vida ostvaruje se koncentracijom pogleda u okviru tzv. polja oštrog vida u kojemu se prepoznaju detalji svih veličina i oblika. Polje oštrog vida je promjera 100 mm do linije gledanja na udaljenosti očiju do 400 mm od predmeta ili položaja. U polju oštrog vida izvode se sklopovi postavljanja koji imaju malu tolerantnu zonu, npr. pozicioniranje pod iglu, točno međusobno sastavljanje. Niži stupanj usredotočenosti vida je okviru središnjeg polja jasnog pogleda gdje se raspoznaju kretanja. Najniži stupanj usredotočenosti vida je u vanjskom vidnom polju gdje se mogu zapaziti obrisi predmeta. Sposobnost razlučivanja ljudskog oka ovisi o razmaku gledanja. U tablici 16 dan je prikaz prepoznatljivosti veličina detalja u ovisnosti o razmaku promatranja.

Tablica 16. Prepoznatljiva veličina detalja u ovisnosti o razmaku promatranja

Prepoznatljiva veličina detalja [mm]	Razmak kod gledanja [mm]
0,10	200
0,15	300
0,20	400
0,25	500

Površinska struktura materijala i konca, potrebna točnost izvođenja tehnološke operacije i osvjetljenost radnog mjesta utječu na razmak gledanja, odnosno na udaljenost oka od predmeta rada. Da bi smanjila udaljenost oka od predmeta rada i postigao stupanj izoštrenog ili jasnog vida radnik će povećati kut zakrivljenja kralješnice i glave, što dovodi do opterećenja.

[Natrag na Sadržaj >](#)

11. Radni uvjeti – primjeri iz prakse

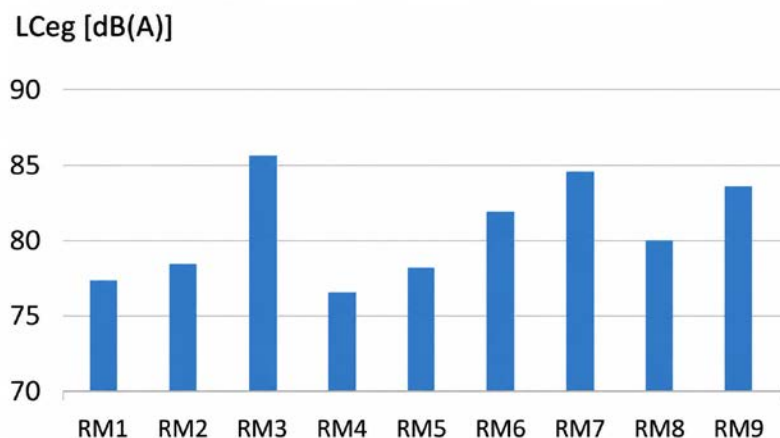
U sklopu mjerenja radnih uvjeta u radnom okruženju težište je stavljeno na mjerenje buke, intenziteta osvjetljenosti te pokazatelja mikroklima. Za mjerenje pokazatelja radnog okruženja korišten je kombinirani mjerni uređaj METREL MI 6201 Multinorm.

11.1. Buka

Osjetljivost radnika na buku ovisi o karakteristikama buke, individualnim karakteristikama izložene osobe (stanje organa sluha, životna dob, individualna osjetljivost na buku) te duljini, vrsti i načinu izloženosti (položaj osobe prema izvoru buke te prisutnost ili neprisutnost buke u vrijeme odmora uzetog za vrijeme radnog vremena i u slobodno vrijeme) (Polajnar i Verhovnik, 1994).

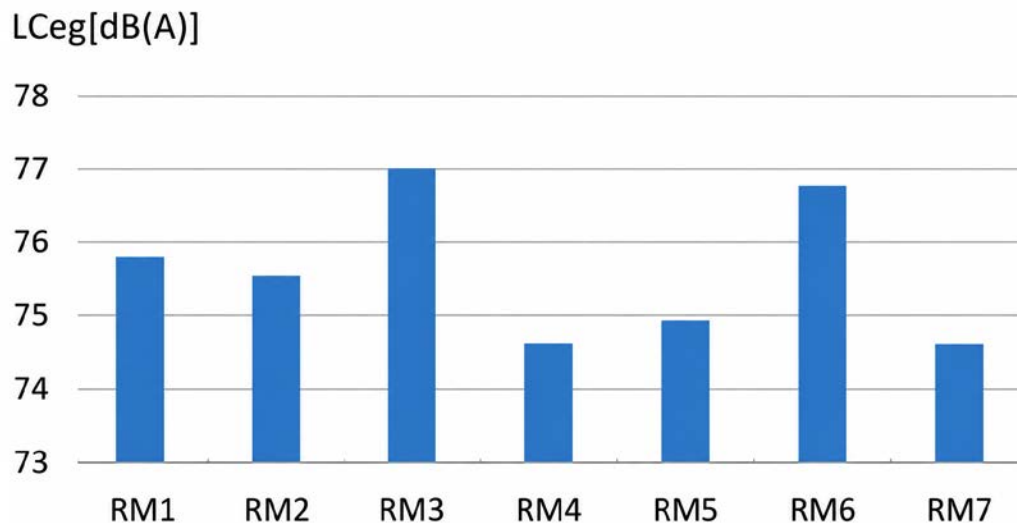
Buka u tehnološkom procesu šivanja ne bi smjela prelaziti 80 dB(A) prema Pravilniku o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu te Zakonu o zaštiti od buke i HRN EN ISO 9612: Akustika – određivanje izloženosti buci na radu. U tehnološkom procesu šivanja primjenom organizacijsko-tehničkih mjera (redovito održavanje i servisiranje uređaja, izbor strojeva i uređaja koji stvaraju manju buku) moguće je smanjiti buku.

Mjerenje razine buke izvršeno je u realnom proizvodnom procesu na devet specijalnih šivaćih strojeva (slika 14) za obamitanje i sedam univerzalnih šivaćih strojeva (slika 15). Na odabranim radnim mjestima mjerenjem i statističkom obradom podataka dobivene su vrijednosti ekvivalentne razine buke (LCeg), najviše vremenski vrednovane razine buke (LAFmax) i najniže vrednovane razine buke (LAFmin).



Slika 14. Prikaz ekvivalentne razine buke na specijalnim šivaćim strojevima

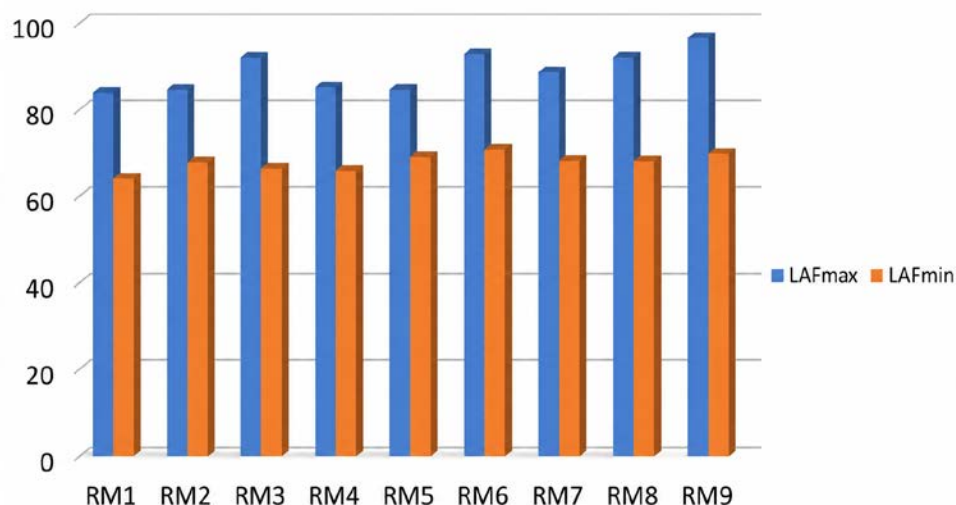
Analizom ekvivalentne razine buke na devet specijalnih šivaćih strojeva za obamitanje (slika 14) utvrđeno je da se ona kreće između 76,5 i 85,6 dB(A). Na RM3 izmjerena buka iznosi 85,6 dB(A), RM6 81,9 dB(A), RM7 84,7 dB(A) i RM9 83,7 dB(A) te je izvan dopuštenih vrijednosti s obzirom na to da je dopuštena buka do 80 dB(A).



Slika 15. Prikaz ekvivalentne razine buke na univerzalnim šivaćim strojevima

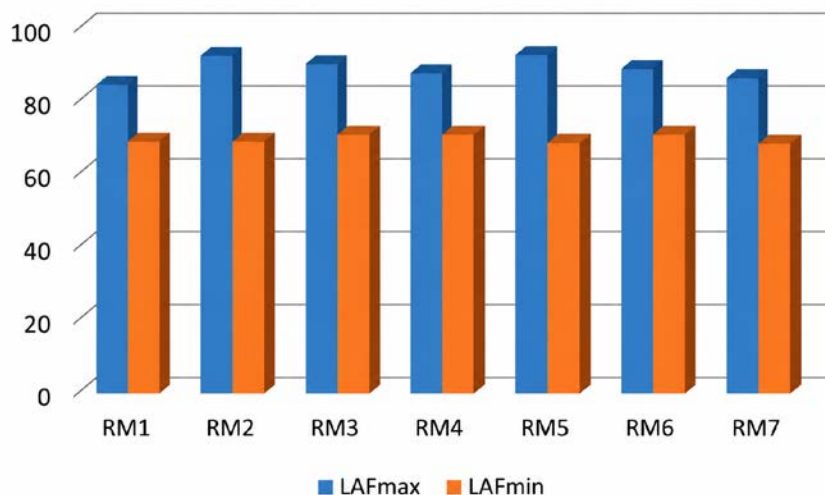
Analizom ekvivalentne razine buke na sedam univerzalnih šivaćih strojeva (slika 15) utvrđeno je da se ona kreće između 74,6 dB(A) i 77 dB(A).

Prema Pravilniku o zaštiti radnika od izloženosti buke na radu, izvođenje tehnoloških operacija šivanja može se svrstati u skupinu poslova koji su opisani kao pretežno rutinski fizički rad sa zahtjevom za točnost i praćenje okoline sluhom s najvišom dopuštenom bukom od 80 dB(A). U ovom istraživanju, na četiri specijalna šivaća stroja za obamitanje (RM3, RM6, RM7 i RM9), razina buke prelazi preko 80 dB(A). Razlog visokoj razini buke je vrsta šivaćeg stroja, njegova konstrukcija i dodatne naprave te starost što uzrokuje vrijednosti buke preko 80 dB(A). Potrebno je provjeriti ispravnost mehaničkih i pogonskih dijelova te ih, ako je moguće, zamijeniti suvremenijim šivaćim strojevima koji proizvode manju količinu buke.



Slika 16. Prikaz najviše i najniže vremenski vrednovane razine buke za specijalne šivaće strojeve za obamitanje

Na slici 16 prikazane su najviše vremenski vrednovane razine buke za specijalne šivaće strojeve za obamitanje gdje vrijednosti prelaze 80 dB(A) i kreću se u rasponu od 84,5 dB(A) (RM5) do 95,7 dB(A) (RM9). Najniže vremenski vrednovane razine buke (LAFmin) za univerzalne šivaće strojeve za obamitanje (slika 17) kreću se između 63,3 dB(A) (RM1) i 69,6 dB(A) (RM6).



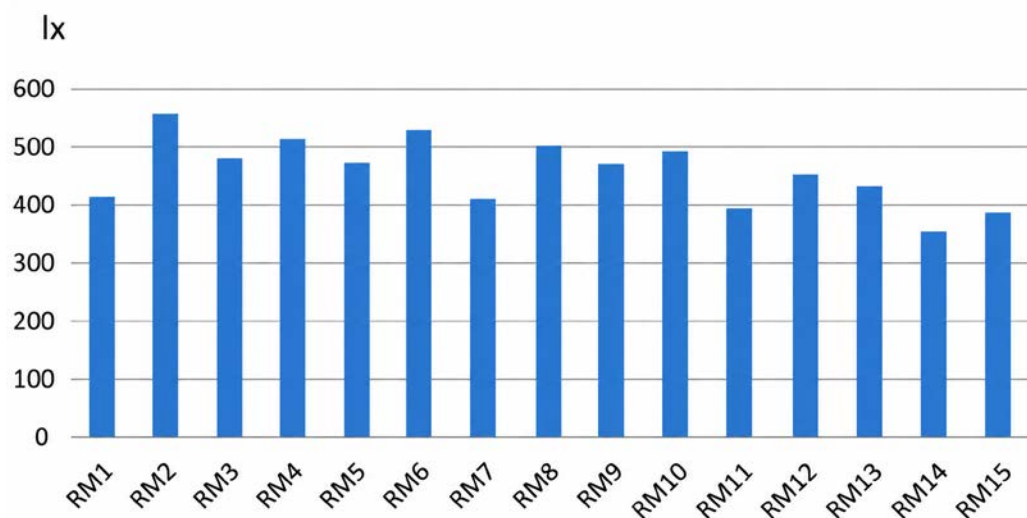
Slika 17. Prikaz najviše i najniže vremenski vrednovane razine buke za univerzalne šivaće strojeve

Optimalno osvjetljenje za tehnološki proces šivanja ovisi primarno o vizualnoj složenosti i težini vidnog zadatka te o stanju radnikova vidnog aparata. Loše osvjetljenje radnog prostora i radnog mjesta te blještavilo u vidnom polju dovodi do pojave vidnog umora koji se očituje kao bolna iritacija očiju, dvostruke vidne slike, glavobolja, smanjena mogućnost akomodacije, smanjenje oštine vida, osjetljivost na kontraste i brzinu percepcije. Među posljedicama vidnog umora navodi se smanjenje produktivnosti, kvalitete rada, povećanje grešaka pri radu, povećanje broja nesreća na radu te općenito problemi s vidom.

U tehnološkim procesima šivanja prema Pravilniku o zaštiti na radu za mjesto rada i normi HRN EN 12464-1:2012 – Svjetlo i rasvjeta – Rasvjeta radnih mjesta – 1 dio: Unutarnji radni prostori, rasvjeta po radnom mjestu trebala bi iznositi između 750 i 1000 lx pri čemu je uzeta u obzir vizualna udobnost (osjećaj zadovoljstva) koja doprinosi proizvodnosti, mogućnosti obavljanja radnih zadataka kroz duže razdoblje i sigurnosti. Radni pogoni odjevnice industrije uz opću rasvjetu opremaju se i dodatnim rasvjetnim tijelima na samom radnom mjestu. Optimalna dodatna rasvjeta postiže se opremanjem radnih mjesta svjetlosnim izvorima s LED diodom. Prilikom izbora i postavljanja osvjetljenja u radni prostor potrebno je obraditi pozornost da ne dođe do promjene mikroklimatskih uvjeta na samom radnom mjestu ili pojačanog odboja od radne površine strojeva i materijala.

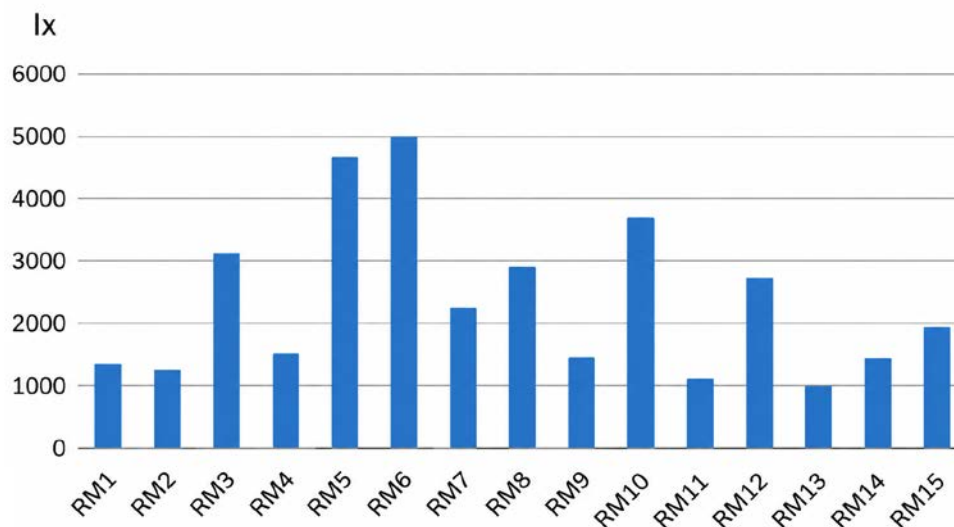
11.2. Osvjetljenost

U tehnološkom procesu šivanja izvršeno je mjerenje intenziteta osvjetljenosti na 15 radnih mjesta (RM1-RM15) primjenom opće rasvjete i kombinacijom opće i dodatne rasvjete tijekom jednoga radnog dana.



Slika 18. Izmjerena srednja vrijednost opće rasvjete po radnim mjestima

Na slici 18 prikazane su izmjerene srednje vrijednosti intenziteta osvjetljenja po radnim mjestima pri čemu se vrijednosti kreću od 352 lx (RM14) do 558 (RM2). Nasumično izmjerene vrijednosti po radnim mjestima ukazuju da je osvjetljenje korištenjem samo opće rasvjete ispod minimalno dopuštene vrijednosti za tu vrstu radnih zadataka gdje prema HRN EN12464-1:2021 mora biti minimalno 750 lx, stoga je nužno da radnice na radnom mjestu imaju dodatnu rasvjetu (Kirin, 2025).



Slika 19. Izmjerene srednje vrijednosti rasvjete u kombinaciji opće i dodatne rasvjete

Na slici 19 prikazane su izmjerene srednje vrijednosti intenziteta osvjetljenja po radnim mjestima kod kombinacije rasvjete (opća + dodatna rasvjeta). Izmjerene vrijednosti po radnom mjestu ukazuju da se kombinirano osvjetljenje kreće između 969 lx i 4682 lx. Prema normi HRN EN 12464-1:2021 rasvjeta u tehnološkom procesu šivanja mora biti 750 lx što, prema dobivenim podacima, ukazuje da je osvjetljenje preveliko. Osvjetljenje je mjereno ispred šivaće igle, a kretanje vrijednosti ovisi o načinu na koji radnica postavlja dodatnu rasvjetu. Uočeno je izrazito veliko osvjetljenje na RM3 (3089 lx), RM5 (4682 lx), RM6 (4950 lx) i RM8 (2888 lx). Ostale vrijednosti kreću se između 969 lx i 2191 lx. Stoga bi bilo potrebno po radnim mjestima pravilno postavljanje dodatne rasvjete jer i preveliko osvjetljenje štetno djeluje na oči radnice (Kirin, 2025).

U tehnološkom procesu šivanja, prilikom obavljanja svojih radnih zadataka, radnice znatno opterećuju vid što dovodi do smanjenja produktivnosti, kvalitete rada te mogućih problema s vidom. Iz prikazanih rezultata vidljivo je da je opća rasvjeta nedovoljna na samom radnom mjestu te da je uz dodatnu rasvjetu osvjetljenje preveliko što je uzrok nepravilno postavljeno dodatno osvjetljenje (Kirin, 2025).

11.3. Mikroklima

Da bi radnik u proizvodnim procesima što bolje obavljao svoje radne zadatke, moraju mu se osigurati ugodni mikroklimatski uvjeti koji obuhvaćaju održavanje ugodne temperature, relativnu vlažnost, strujanje zraka i toplinsko zračenje u granicama koje pri dužem djelovanju na čovjeka osiguravaju normalno funkcionalno i toplinsko stanje organizma uz očuvanje visoke razine radne sposobnosti.

U proizvodnim pogonima uvjeti radne mikroklime regulirani su Pravilnikom o zaštiti na radu za mjesto rada te Zakonom o zaštiti na radu.

Optimalni uvjeti radne okoline su (Šaravanja i sur., 2018):

- temperatura zraka (treba biti prilagođena vrsti rada i godišnjem dobu): 20 – 24 °C
- temperatura okolnih objekata i površina treba biti kao i temperatura zraka, odnosno max. 2 – 3°C viša od temperature zraka
- opskrba svježeg zraka ne smije biti manja od 30 m³h⁻¹
- strujanje zraka: zimi do 0,2 ms⁻¹, a ljeti 0,5 ms⁻¹
- relativna vlažnost zraka između 40 i 60 % RH.

[Natrag na Sadržaj >](#)

12. Organizacija rada

Osnova suvremene znanstvene organizacije rada i upravljanje utemeljeni su na modelu vrijeme – točnost – kvaliteta. U suvremenim se procesima proizvodnje odjeće velika pažnja zato poklanja organizaciji rada s ciljem smanjenja vremena izvođenja tehnoloških operacija, višeg stupnja korištenja instalirane opreme i strojeva, bržeg protoka materijala izradaka u proizvodnji, održavanja potrebne kvalitete te smanjenja opterećenja i zamora radnika. Za uspješnu organizaciju takvog načina rada potrebno je pravilno oblikovati radna mjesta uz iznalaženje optimalne metode rada za svaku tehnološku operaciju čime se smanjuje psihofizičko opterećenje radnika, a s proizvodnog stajališta dolazi do povećanja produktivnosti odnosno korisnosti rada.

Organizacija rada u tehnološkim procesima proizvodnje ovisi o izboru sustava tehnološkog procesa te ugradnji radnih mjesta i međufaznom transportu, gdje preglednost postavljenih radnih sredstava, ugodno oblikovan radni prostor, značenje osobnog rada, korektni međuljudski odnosi i nagrađivanje prema radu imaju utjecaj na psihofizičke sposobnosti radnika. Tehnološki procesi šivanja najčešće se izvode na kontinuiranim proizvodnim linijama, gdje radnik najčešće obavlja jednu do dvije tehnološke operacije tijekom dana. Budući da izvodi repetitivni rad u kratkim vremenskim ciklusima (20 – 30 s), uz često nepovoljne položaje, pri radu može doći do zamora, koji je uzrokovan monotonijom izvođenja istih ponavljajućih pokreta. U takvom radnom procesu, koji se temelji na podjeli rada, individualne sposobnosti radnika ne mogu doći do izražaja jer je radnik najčešće izoliran od cjelokupnog proizvodnog procesa modernim sustavima međufaznog transporta, što onemogućava komunikaciju i podjelu iskustava kroz svakodnevno rješavanje proizvodnih problema (Dragčević i Rogale, 1989). S ergonomskog gledišta, pak, uvođenje visećih sustava međufaznog transporta eliminira fizički zamor radnika koji nastaje zbog manipulacije sa svežnjem, jer svaki izradak dolazi u radnu zonu šivaćeg stroja (Leber i Polajnar, 2000).

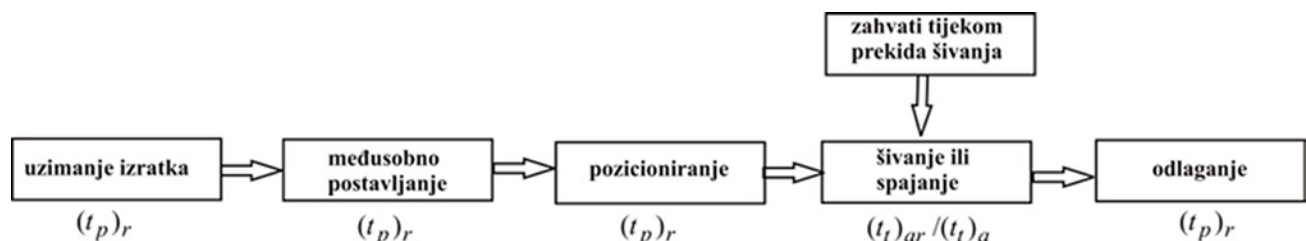
Uvođenje modularne organizacije tehnoloških procesa i timskog rada u odjevnoj industriji, gdje su moduli organizirani tako da u njima radi do deset ljudi, predstavljajući tako nezavisnu tehnološku cjelinu, jedan je od primjera organizacije rada unutar koje se postiže visok stupanj humanizacije rada uz istovremeno veću odgovornost i kontrolu vlastitog rada. Modularna organizacija ima drugačiji pristup organizaciji tehnoloških procesa proizvodnje, počevši od toka materijala, razmještaja strojeva i opreme, obučenosti radnika i sustava nagrađivanja.

Prednost modularne organizacije i timskog rada nalazi se u činjenici da radnici sami planiraju i organiziraju rad te imaju funkciju kontrole čime se postiže pozitivniji pristup prema radu, bolja suradnja među članovima tima i manji broj izostanaka. Pojedini radnici samostalno izvode više tehnoloških operacija što povećava raznovrsnost rada tijekom dnevnog radnog vremena, a ujedno smanjuje psihofizički zamor. Pored toga, takav način rada dovodi do pozitivnog stava prema razini proizvodnje, čime se povećava produktivnost zbog sudjelovanja rada u timu sa željom da se radi brže, bolje i točnije. U nastavku će biti detaljnije opisana dva vrlo bitna čimbenika koji podupiru suvremenu organizaciju rada u tekstilnoj industriji. U cilju unaprjeđenja tehnološkog procesa to je metoda, odnosno sustav za optimizacije radnih pokreta MTM (engl. *Methods Time Measurement*), dok je za održavanje korektnih međuljudskih odnosa, a time i osiguravanje uvjeta za timski rad, neophodna procjena psihosocijalnih rizika u radnom okruženju.

12.1. MTM sustav

Za vrijeme izvođenja tehnoloških operacija, zbog potrebe dinamičkog rada, radnik često radi uz uvjetno prisilni položaj tijela i glave pri čemu dolazi do nefiziološkog sjedenja, izometričnog opterećenja donjih udova te opterećenja ruku i nogu. Stoga je potrebno svako radno mjesto u tehnološkom procesu šivanja oblikovati na temelju ergonomske zakonitosti te razraditi povoljnu radnu metodu s pripadajućim vremenskim normativima čime se postiže normalno opterećenje radnika, kontinuiran protok materijala u proizvodnim linijama i povoljnija struktura tehnološke operacije (Kirin, Kralj i Hursa Šajatović, 2024).

Tehnološki proces šivanja odjeće sastoji se od velikog broja tehnoloških operacija ovisno o vrsti, modelu i namjeni odjevnog predmeta. U strukturi tehnološke operacije šivanja sadržani su potrebni pomoćno-ručni zahvati: uzimanje, međusobno postavljanje, pozicioniranje, zahvati tijekom prekida šivanja i odlaganje te tehnološki strojno-ručni zahvat šivanja (slika 20) (Kirin i Dragičević, 2025).



Slika 20. Podjela tehnološke operacije šivanja na zahvate (Kirin i Dragičević, 2025)

Prilikom izvođenja tehnoloških operacija šivanja na univerzalnim i specijalnim šivaćim strojevima, strojno-ručni tehnološki zahvat šivanja obuhvaća međudjelovanje između stroja i radnika, odnosno radnik vodi izradak za vrijeme izvođenje šava.

Određivanje optimalne metode rada s pripadajućim normalnim vremenom sastoji se od:

- prikupljanja informacija o tehnološkoj operaciji čime se određuje pogodni šivaći stroj
- oblikovanja radnog mjesta i prilagođavanja antropometrijskom izmjeru radnika uz određivanje radnih i vidnih zona
- podjele tehnološke operacije na zahvate i pokrete
- utvrđivanja osnovnih pokreta primjenom MTM sustava uz mogućnost izvođenja kombiniranih i istovremenih pokreta.

Na temelju takve razrade određuje se optimalna metoda rada s pripadajućim normalnim vremenom izvođenja za pokrete, zahvate i tehnološku operaciju (Kirin, Kralj i Hursa Šajatović, 2024).

MTM sustav (engl. *Methods Time Measurement*) omogućava jasan opis metoda rada s potrebnim normalnim vremenom izvođenja pojedinih pokreta te određuje zakonitosti na osnovu kojih radnik normalnih psihičkih i fizičkih sposobnosti izvodi pokrete po određenom redoslijedu. MTM sustav sastoji se od devet osnovnih pokreta prstiju, šake i ruke, dva pokreta očiju, deset pokreta tijela, nogu i stopala s oko 400 normalnih vremena izvođenja osnovnih pokreta, pri čemu je simbol pokreta izveden iz osnovnog engleskog nazivlja. Prema mogućim varijablama izvođenja (duljina pokreta, tip, slučaj, stupanj točnosti i dr.) primjenom MTM sustava može se odrediti i mogućnost koordiniranog izvođenja kombiniranih i istovremenih pokreta. Vremenska jedinica MTM sustava je TMU (engl. *Time Measurement Unit*) koja iznosi 10 – 5 h ($3,6 \times 10^{-2}$ s). Studije radnog procesa uz primjenu MTM sustava omogućuju: iznalaženje, razradu i pripremu optimalnih radnih metoda prije početka proizvodnje odjeće, projektiranje proizvodnih sustava odjevnih tehnologija, izbor optimalnog rasporeda opreme i strojeva, obuku radnika prema razrađenoj i utvrđenoj optimalnoj metodi rada, određivanje stupnja korištenja proizvodnih kapaciteta i praćenje izvršenja planova proizvodnje, racionalizaciju postojećih postupaka i metoda rada, utvrđivanje stvarnih normativa s obzirom na sastav radnog osoblja i instalirane opreme (Kirin, Kralj i Hursa Šajatović, 2024).

Pojedini zahvati u strukturi tehnološke operacije mogu se izvesti na više načina ovisno o veličini i broju izradaka, stupnju tehničke opremljenosti šivaćih strojeva, veličini i obliku radne površine, potrebnim radnim zonama i vidnim poljima, te o uvježbanosti radnika (tablica 17).

Tablica 17. Zahvati tehnološke operacije šivanja i metode njihovog izvođenja (Kirin, Kralj i Hursa Šajatović, 2024)

Zahvati	Metoda izvođenja zahvata
uzimanje	uzimanje jednog izratka s jednog svežnja uzimanje dva izratka s jednog svežnja uzimanje dva izratka s dva svežnja uzimanje tri izratka s tri svežnja
međusobno postavljanje	međusobno postavljanje rubova kontura postavljanje na označeno mjesto
pozicioniranje	pozicioniranje pod pritisnu nožicu pozicioniranje izratka pod iglu vođen pokretom stopala pozicioniranje izratka do ispred igle
šivanje	zajedničko vođenje osnovno vođenje pojedinačno vođenje metoda vođenja nabiranjem vođenje izratka upotrebom graničnika učvršćivanje šava polugom mehanizma za učvršćivanje učvršćivanje šava tipkom za učvršćivanje programirano (automatsko) učvršćivanje šava odsijecanje konca škarama odsijecanje konca napravom za odsijecanje odsijecanje konca mehanizmom za automatsko odsijecanje
zahvat tijekom prekida šivanja	poravnavanje rubova kontura zakretanje oko igle
odlaganje	jednom rukom s dvije ruke

Vremenski iznosi strojno-ručnih zahvata šivanja ovise o nazivnoj ubodnoj brzini šivanja, zakrivljenosti šava, specifičnoj gustoći uboda, ukupnoj duljini šivanog šava, broju segmenata te opremljenosti šivaćeg stroja pomoćnim napravama. Za određivanje normalnih strojno-ručnih vremena tehnološkog zahvata šivanja ravnih i zakrivljenih šavova koriste se matematički modeli dobiveni sustavnim istraživanjem procesnih parametara šivanja korištenjem patentirane mjerne opreme za mjerenje procesnih parametara koja je razvijena na eksperimentalnoj znanstvenoj osnovi (Kirin i Dragičević, 2015). Postavljeni matematički modeli daju ovisnost normalnih vremena strojno-ručnih zahvata o varijabilnim vrijednostima procesnih parametara:

- nazivnoj ubodnoj brzini šivaćeg stroja (v_n): 1000 – 7000
- broju uboda u segmentu (n): 10 – 300
- faktoru korekcije šivaćeg stroja (K_1): 1,00 – 1,15
- koeficijentu polumjera zakrivljenosti šava (r_z /mm): 20 – 3000.

Normalna vremena za ravne šavove (RAV) utvrđuju se prema izrazu (1), a za zakrivljene šavove (ZAK) prema izrazu (2):

$$t_{ar} = \{B_u [0,227 - 0,025 \ln(v_n)] + 0,334\} K_1 \quad (1)$$

$$t_{ar} = \{B_u [0,227 - 0,025 \ln(v_n) + 0,334] \cdot K_1 [3,12 - 0,30 \ln(r_z)]\} \quad (2)$$

Za izračun prema ovim matematičkim modelima, autori ovog priručnika razvili su i odgovarajući računalni program pod nazivom „MTM kalkulator” (Kirin, Kralj i Hursa Šajatović, 2024) pomoću kojeg se izračunava normalno vrijeme strojno-ručnog tehnološkog zahvata šivanja u različitim vremenskim jedinicama (s, TMU, min, h). Primjeri ovako razrađenih standardnih sklopova po pojedinim tehnološkim zahvatima tehnološke operacije šivanja prikazani su u tablici 18.

Tablica 18. Standardni sklop pokreta uzimanja dva izratka iz jednog svežnja s obje ruke za razred 50 i 80.

Razred 50/A07c50A; A07d50A					
Redni broj	Opis rada lijeve ruke	Simbol	TMU	Simbol	Opis rada desne ruke
1.	posezanje do svežnja	mR45B	14,2		
2.	hvatanje prvog izratka	G5/G2	5,6		
3.	posezanje prstima do drugog izratka	R4B	3,4		
4.	hvatanje drugog izratka	G5/G2	5,6		
5.	zajedničko podizanje oba izratka	(M10B)	7,9	mR40Am	posezanje do izradaka
6.			0,0	G5	hvatanje – kontakt dodirom
7.			7,9	mR20E	posezanje ruke duž ruba
8.			2,0	G1A	hvatanje oba izratka
9.	podizanje oba izratka	M10Bm	4,3	(M10Bm)	podizanje oba izratka
10.	prenošenje izradaka u središnju radnu zonu	mM50B	15,4	(mM50B)	prenošenje izradaka u središnju radnu zonu
		ΣTMU (s)	66,3 (2,39)		
Razred 80/A07c80A; A07d80A					
Redni broj	Opis rada lijeve ruke	Simbol	TMU	Simbol	Opis rada desne ruke
1.	posezanje do svežnja	mR70B	21,4		
2.	hvatanje prvog izratka	G5/G2	5,6		
3.	posezanje prstima do drugog izratka	R4B	3,4		
4.	hvatanje drugog izratka	G5/G2	5,6		
5.	zajedničko podizanje oba izratka	(M10B)	7,9	mR40Am	posezanje do izradaka
6.			0,0	G5	hvatanje kontakt dodirom
8.			7,9	mR20E	posezanje ruke duž ruba
9.			2,0	G1A	hvatanje oba izratka
10.	podizanje oba izratka	M10Bm	4,3	(M10Bm)	podizanje oba izratka
11.	prenošenje izradaka u središnju radnu zonu	mM80B	23,7	(mM80B)	prenošenje izradaka u središnju radnu zonu
		ΣTMU (s)	81,8 (2,94)		

Postupku uvođenja ovako oblikovane optimalne metode rada na postojećim radnim mjestima treba pristupiti s oprezom jer uspjeh i brzina usvajanja može ovisiti o navikama i psihofizičkim karakteristikama radnika.

12.2. Psihosocijalni rizici

Stres na radu postaje sve veći rizik kako za mentalno tako i za fizičko zdravlje radnika. Brža proizvodnja, složenost rada, nove tehnologije, konstantna dostupnost, nesigurnost radnog mjesta i dr. sve su čimbenici koji doprinose većim psihosocijalnim rizicima na radnom mjestu. Istraživanja pokazuju da dugotrajna izloženost psihosocijalnim rizicima povećava vjerojatnost razvoja mentalnih poremećaja (npr. anksioznosti, depresije, sindroma izgaranja) te pojedinih tjelesnih bolesti poput kardiovaskularnih i mišićno-koštanih poremećaja, što posljedično ima utjecaja na radnu učinkovitost i šire društvene troškove (Portuné, 2012). Zbog toga se u novijim pristupima naglasak sve više stavlja na stvaranje „zdravih organizacija” i kulture rada koja podržava mentalno zdravlje radnika, primjerice kroz razumnu raspodjelu zahtjeva, osiguravanje podrške nadređenih i suradnika te veću autonomiju u obavljanju posla (Grabovac i Mustajbegović, 2015). Zakon o zaštiti na radu (NN 71/14) propisuje obveze poslodavaca u prevenciji stresa na radu, a Pravilnik o izradi procjene rizika (NN 112/14) navodi psihofizičke napore kao obvezan sadržaj procjene rizika. Pravilnik o zaštiti na radu radnika izloženih statodinamičkim, psihofiziološkim i drugim naporima na radu (NN 73/2021) razlikuje psihosocijalne rizike i psihofiziološke napore nastale kao opterećenja koja se pojavljuju uslijed izloženosti psihosocijalnim rizicima na mjestu rada. Psihosocijalni rizici grupirani su u devet skupina: sadržaj rada, stupanj kontrole na poslu, mentalno opterećenje, socijalna okolina i međuljudski odnosi, sustav upravljanja vremenom i raspodjele posla, profesionalna nesigurnost, poštovanje osobnog integriteta, ravnoteža profesionalnog i privatnog života te uvjeti radne okoline (rasvjeta, buka, vibracije i sl.).

U okviru projekta „TeksErgo”, koji čini temelj izrade ovoga priručnika, provedeno je istraživanje čiji je cilj bio ispitati prisutnost psihosocijalnih rizika kod radnika zaposlenih u tekstilnoj industriji. Ispitivanje je provedeno u dvije tekstilne tvrtke u Karlovačkoj županiji. Upitnici su dostavljeni ispitnoj populaciji u obje tvrtke u pisanom obliku. Sudionici (šivači/šivačice) su ispunili upitnike tijekom stanke za rad. Ispitivanje je bilo anonimno.

Sudjelovalo je 62 šivača i šivačica zaposlenih u tvrtkama u kojima je provedeno ispitivanje, od toga je 3 sudionika (5 %) muškog spola, 54 sudionika (88 %) ženskog, a 5 sudionika (8 %) nije odgovorilo na ovo pitanje. Većina je sudionika (76 %) starije od 45 godina, a 32 % ih je starije od 55 godina. Većina sudionika (77 %) ima završenu srednju školu, 15 % osnovnu školu, a 8 % sudionika nije odgovorilo na pitanje o obrazovnom statusu.

Kao mjerni alat korišten je Upitnik psihosocijalnih rizika dostupan na mrežnoj stranici Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo, Služba za medicinu rada na poveznici: https://www.hzzzs.hr/wp-content/uploads/2016/12/HSE_dodana-skala-1.pdf. Prilagođen je za procjenu rizika u skladu s nacionalnom legislativom i slobodan za korištenje na temelju alata „Management Standards Indicator Tool” (Cousins i sur., 2004) čija je faktorska struktura od sedam faktora potvrđena u prethodnim istraživanjima (Edwards i sur., 2008). Upitnikom se ispituju:

- izvori stresa u radu
- percepcija nesigurnosti posla
- subjektivno najizraženiji izvori stresa
- doživljene posljedice izloženosti stresu na radu.

Izvori stresa u radu grupirani su u sedam kategorija: zahtjevi rada, međuljudski odnosi, kontrola u radu, nedostatak podrške nadređenog, nedostatak podrške suradnika, radna uloga i neupućenost u promjene. Svaka kategorija sadrži od 4 do 8 čestica. Za svaku od čestica ispitanici trebaju odgovoriti koliko se ona odnosi na njihov posao na skali od 1 („nikad”) do 5 („uvijek”).

Percepcija nesigurnosti na poslu izdvojena je kao zasebna mjera rizika i ispituje se zasebnom skalom koja se sastoji od četiri čestice. Ispitanici odgovaraju na skali od 1 („uopće se ne slažem”) do 5 („potpuno se slažem”).

Subjektivno najizraženiji izvor stresa ispituje se otvorenim pitanjem koje glasi: „Što vam predstavlja najveći izvor stresa na poslu?”.

Doživljene posljedice izloženosti stresu na radu grupirane su u 3 kategorije (A, B i C). Kategorija A odnosi se na smanjenu radnu učinkovitost te kraće epizode uznemirenosti praćene stresnim reakcijama. Kategorija B odnosi se na produljena razdoblja smanjene radne učinkovitosti, često prisutne simptome stresa na tjelesnoj, kognitivnoj i emocionalnom razini te duža bolovanja. Kategorija C odnosi se na zdravstvene probleme povezane sa stresom, kronični umor, duža bolovanja, kontinuirano smanjenu radnu učinkovitost, duža bolovanja te izbjegavanje posla. Sudionici trebaju odabrati jedan od odgovora ovisno o tome u kojoj se kategoriji najviše prepoznaju.

Demografska pitanja odnosila su se na spol, dob i stupanj obrazovanja.

Prikupljeni rezultati obrađeni su prema Uputama za interpretaciju rezultata upitnika za procjenu psihosocijalnih rizika koje su dostupne na mrežnoj stranici Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo, Služba za medicinu rada na poveznici: <https://www.hzzzs.hr/wp-content/uploads/2016/12/UPUTE-ZA-INTERPRETACIJU-UPITNIKA.pdf>.

Provedeno istraživanje pokazalo je da su šivači i šivačice u tekstilnoj industriji izloženi psihosocijalnim rizicima na radu, pri čemu se kao najizraženiji izvor stresa ističe nedostatak kontrole u radu što se odnosi na nemogućnost odlučivanja radnika o aspektima kao što su: brzina rada, vremenu za stanku, način obavljanja posla ili fleksibilnost radnog vremena. Uz kontrolu u radu, neredovita i/ili niska plaća, međuljudski odnosi i prekomjerni zahtjevi rada najčešće su prepoznati kao izvori stresa, što je u skladu s dosadašnjim istraživanjima u tekstilnoj industriji. Većina sudionika prijavila je blaže i kratkotrajne posljedice izloženosti stresu, dok teže i

kronične posljedice nisu zabilježene, što upućuje na to da se u promatranim tvrtkama u ovom trenutku ne radi o visokoj razini narušenog zdravlja zbog stresa, ali da postoji prostor za unaprjeđenje organizacije rada i sustavne prevencije.

Ovaj kratki prikaz metodologije i opći uvid u rezultate upućuju na nužnost provođenja istraživanja i procjene psihosocijalnih rizika u okviru ukupne procjene rizika, kao temelja unaprjeđenja organizacije rada.

[Natrag na Sadržaj >](#)

13. Literatura

1. BLENDER FOUNDATION (2026): Scene Properties – Units. Blender Manual. Amsterdam: Blender Foundation, https://docs.blender.org/manual/en/latest/scene_layout/scene/properties.html (30. 6. 2026.).
2. BLENDER ONLINE COMMUNITY (2026): Blender – ver. 4.x. Amsterdam: Blender Foundation, <https://www.blender.org> (1. 7. 2026.).
3. CORNELL UNIVERSITY ERGONOMICS WEB (2000): RULA Employee Assessment Worksheet. Ithaca: Cornell University, 2000, <https://ergo.human.cornell.edu/Pub/AHquest/CURULA.pdf> (30. 6. 2026.).
4. Cousins, R., Mackay, C. J., Clarke, S. D., Kelly, C., Kelly, P. J., McCaig, R. H. (2004). 'Management Standards' and work-related stress in the UK: Practical development. *Work & Stress*, **18**(2), 113–136.
5. Dragčević, Z., Rogale, D. (1989): Utvrđivanje metode rada u tehnološkim operacijama glačanja odjeće primenom MTM sistema, *Tekstil* **38** (9), 523–529.
6. Edwards, J. A., Webster, S., Van Laar, D., Easton, S. (2008). Psychometric analysis of the UK Health and Safety Executive's Management Standards work-related stress Indicator Tool. In: British Academy of Management Annual Conference, 10 – 12 Sep 2008, Harrogate, UK.
7. Grabovac, I., Mustajbegović, J. (2015). Healthy occupational culture for a worker-friendly workplace. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, **66**(1), 1–8.
8. ISO 7250-1:2017 Basic human body measurements for technological design – Part 1: Body measurement definitions and landmarks. Geneva: ISO, 2017, <https://www.iso.org/standard/65246.html> (30. 6. 2026.).
9. ISO 14738:2002 Safety of machinery – Anthropometric requirements for the design of workstations at machinery. Geneva: ISO, 2002, <https://www.iso.org/standard/27556.html> (30. 6. 2026.).
10. ISO 11226:2000 Ergonomics – Evaluation of static working postures. Geneva: ISO, 2000, <https://www.iso.org/standard/25573.html> (30. 6. 2026.).
11. Kirin, S. (2025): Utjecaj rasvjete na opterećenje radnika u tehnološkom procesu šivanja odjeće. *Sigurnost: časopis za sigurnost u radnoj i životnoj okolini*, **67** (3), 203–208. doi: 10.31306/s.67.3.2
12. Kirin, S., Dragčević, Z. (2015): Sustavi logičkih sklopova pokreta u tehnološkom procesu šivanja. 8. *znanstveno stručno savjetovanje Tekstilna znanost i gospodarstvo*, Bischof S. (ur.), 26. siječnja 2015., Zagreb, Hrvatska, 28–33, ISSN 1847-2877
13. Kirin, S., Kralj, D., Hursa Šajatović, A. (2024): Using the Methods-Time Measurement Calculator to Determine the Time Norms for Technological Sewing Operations in the Clothing Industry. *Processes*, **12** (8), 1763-1777, doi: 10.3390/pr12081763

14. Kralj, D., Kirin, S., Štedul, I. (2025): Istraživanje mogućnosti unapređenja radnih procesa primjenom računalne podrške. *Sigurnost : časopis za sigurnost u radnoj i životnoj okolini*, **67** (1), 19–29. doi: 10.31306/s.67.1.3
15. Leber, M., Polajnar, A. (2000): *Študij dela za delo v praksi*, Univerza v Mariboru, Fakulteta za Strojništvo, Maribor, ISBN 86-435-0340-1
16. McAtamney, L.; Corlett, E. N. (1993): RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, **24** (2), 91–99. DOI: 10.1016/0003-6870(93)90080-S.
17. NAWO Solution (2023): Ergonomic analysis solution to identify MSDs – Nawo Solution, <https://nawo-solution.com/home/> (5. 9. 2025.).
18. NVIDIA CORPORATION (2026): USD Composer Overview. NVIDIA Omniverse Documentation. Santa Clara: NVIDIA Corporation, 2026, <https://docs.omniverse.nvidia.com/composer/latest/index.html> (30. 6. 2026.).^a
19. NVIDIA CORPORATION (2026): Units in USD. NVIDIA Omniverse Documentation. Santa Clara: NVIDIA Corporation, 2026, <https://docs.omniverse.nvidia.com/usd/latest/learn-openusd/independent/units.html> (30. 6. 2026.).^b
20. OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION (2026): Sewing and Related Procedures: Sewing Station Design. Washington, DC: U.S. Department of Labor, 2026, <https://www.osha.gov/etools/sewing/station-design> (30. 6. 2026.).^a
21. OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION (2026): Sewing and Related Procedures: Sewing Station Design – Stitching. Washington, DC: U.S. Department of Labor, 2026, <https://www.osha.gov/etools/sewing/station-design/stitching> (30. 6. 2026.).^b
22. OPENAI (2026): ChatGPT ver. GPT-5.6, San Francisco: OpenAI, <https://chatgpt.com> (30. 6. 2026.).
23. Polajnar, A., Verhovnik, V. (1994): *Oblikovanje dela in delovnih mest*, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor. ISBN 86-435-0066-6
24. Portuné, R. (2012). Psychosocial risks in the workplace: An increasing challenge for German and international health protection. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, **63**(2), 123–131.
25. Šaravanja, B., Hursa Šajatović, A., Dragčević, Z. (2018): Istraživanje uvjeta radne okoline u tehnološkim procesima proizvodnje odjeće. *Tekstil*, **67** (5–6), 146–154. ISSN 0492-5882

[Natrag na Sadržaj >](#)

14. Prilozi

14.1. Popis slika

Slika 1. Polazna fotorealistična vizualizacija šivaće radne stanice: industrijski šivaći stroj, radna ploha, podesiva stolica, gazilo i posude za materijal lijevo/desno u pogonu.....	3
Slika 2. Fotorealistični prikaz položaja radnice, stola, stroja i gazila	4
Slika 3. Pogled s druge strane radnice za razumijevanje prostornog rasporeda posuda i stroja.....	5
Slika 4. Širi fotorealistični prikaz proizvodnog okruženja i toka materijala.....	5
Slika 5. Digitalizirani VR/Blender/Omniverse koncept s manekenom u šivaćem proizvodnom okruženju	6
Slika 6. Korigirani digitalni prikaz triju antropometrijskih modela; visina radne plohe je 76 cm od poda u sva tri slučaja.....	8
Slika 7. RULA toplinska karta opterećenja po segmentima tijela za modele 160, 170 i 175 cm.....	9
Slika 8 . Prikaz vremenski zavisnih rezultata na nadzornoj ploči aplikacije NAWO Live za primjer iz tvrtke 1.	16
Slika 9. Prikaz 1: a) stvarna slika radnice u poziciji 1, b) prikaz manekena u Blenderu, c) toplinski prikaz manekena po RULA metodi u NAWO Live, d) AI toplinska karta opterećenja po segmentima tijela po RULA metodi, e) prošireni RULA prikaz s opterećenjem nogu.....	17
Slika 10. Prikaz 2: a) stvarna slika radnice u poziciji 2, b) prikaz manekena u Blenderu, c) toplinski prikaz manekena po RULA metodi u NAWO Live, d) AI toplinska karta opterećenja po segmentima tijela po RULA metodi, e) prošireni RULA prikaz s opterećenjem nogu.....	18
Slika 11. Prikaz vremenski zavisnih rezultata na nadzornoj ploči aplikacije NAWO Live za primjer iz tvrtke 2.	19
Slika 12. Prikaz 1: a) stvarna slika radnice u poziciji 1, b) prikaz manekena u Blenderu, c) toplinski prikaz manekena po RULA metodi u NAWO Live, d) AI toplinska karta opterećenja po segmentima tijela po RULA metodi	20
Slika 13. Prikaz 2: a) stvarna slika radnice u poziciji 2, b) prikaz manekena u Blenderu, c) toplinski prikaz manekena po RULA metodi u NAWO Live, d) AI toplinska karta opterećenja po segmentima tijela po RULA metodi	21
Slika 14. Prikaz ekvivalentne razine buke na specijalnim šivaćim strojevima	24
Slika 15. Prikaz ekvivalentne razine buke na univerzalnim šivaćim strojevima	25
Slika 16. Prikaz najviše i najniže vremenski vrednovane razine buke za specijalne šivaće strojeve za obamitanje	26
Slika 17. Prikaz najviše i najniže vremenski vrednovane razine buke za univerzalne šivaće strojeve.....	26

Slika 18. Izmjerena srednja vrijednost opća rasvjeta po radnim mjestima.....	27
Slika 19. Izmjerene srednje vrijednosti rasvjete u kombinaciji opće i dodatne rasvjete	28
Slika 20. Podjela tehnološke operacije šivanja na zahvate (Kirin i Dragičević, 2025)	31

14.2. Popis tablica

Tablica 1. Razlozi, namjena i ograničenja priručnika.....	1
Tablica 2. Polazne pretpostavke radnog mjesta.....	4
Tablica 3. Predloženi parametri digitalnog modela	7
Tablica 4. Referentne dimenzije osnovne varijante	8
Tablica 5. Akcijske razine RULA metode.....	9
Tablica 6. Indikativni ukupni RULA rezultati za osnovnu varijantu	10
Tablica 7. Indikativni segmentni profil opterećenja	10
Tablica 8. Procijenjeni učinak promjene visine radne plohe.....	11
Tablica 9. Podešavanje gazila prema antropometrijskom modelu	11
Tablica 10. Procijenjeni učinak gazila na ukupni RULA rezultat	12
Tablica 11. Podešavanje položaja stroja po dubini stola.....	12
Tablica 12. Sažetak procijenjenog smanjenja opterećenja po pojedinoj promjeni	13
Tablica 13. Integrirane preporuke za tri antropometrijska modela.....	14
Tablica 14. Prioriteti intervencije prema kritičnim segmentima tijela.....	14
Tablica 15. Kontrolna lista za terensku provjeru	15
Tablica 16. Prepoznatljiva veličina detalja u ovisnosti o razmaku promatranja	23
Tablica 17. Zahvati tehnološke operacije šivanja i metode njihovog izvođenja (Kirin, Kralj i Hursa Šajatović, 2024).....	33
Tablica 18. Standardni sklop pokreta uzimanja dva izratka iz jednog svežnja s obje ruke za razred 50 i 80...	34

[Natrag na Sadržaj >](#)