

# Analiza ljudskih pokreta pri vršenju poljoprivrednih aktivnosti

---

**Uremović, Antonio**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:149571>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-03**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Antonio Uremović

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

ANALIZA LJUDSKIH POKRETA PRI VRŠENJU  
POLJOPRIVREDNIH AKTIVNOSTI

Mentor:

Prof. dr. sc. Aleksandar Sušić, dipl. ing.

Student:

Antonio Uremović

Zagreb, 2021.

## **Izjava**

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zagreb, rujan 2021.

Antonio Uremović

*Prije svega, hvala Bogu koji mi je dao sve što mi je bilo potrebno da završim ovaj rad i studij. Zahvaljujem se mojem cijenjenom mentoru prof. dr. sc. Aleksandru Sušiću na dobroj volji da me vodi prilikom izrade ovog rada, na savjetima i uloženom vremenu. Isto tako, zahvaljujem se vodstvu Zrno eko imanja koje mi je omogućilo terensko istraživanje, voditeljici Kseniji Piršljin te svim djelatnicima imanja, bez kojih ovaj rad ne bi bio moguć. Najiskrenije se zahvaljujem mojim roditeljima, ocu Antunu i majci Dubravki koji su brižljivo postavili temelj mome obrazovanju i omogućili mi završetak ovog studija. Zahvaljujem se i mojoj braći Danijelu i Josipu koji su mi pomogli i bili podrška tijekom studiranja, sad smo bome svi s nekim diplomama. Naposljetku, zahvaljujem se i mojoj rodbini, prijateljima i kolegama koji su mi pomogli, svako na svoj način.*



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:  
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 21 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 21 -	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Antonio Uremović** Mat. br.: 0035207737

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza ljudskih pokreta pri vršenju poljoprivrednih aktivnosti**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Analysis of human movements in performing agricultural activities**

Opis zadatka:

Ljudske aktivnosti u poljoprivredi, koje su brojne i raznovrsne, često podrazumijevaju korištenje raznih alata, strojeva i pomagala, kako bi aktivnosti imale uspješan ishod. Iz ergonomске perspektive, postoji čitav niz problema i izazova, a nabiranje treba započeti s čovjekom koji bi te aktivnosti trebao izvršavati, i za kojega su navedeni instrumenti rada oblikovani i projektirani. Nažalost, obuka, funkcionalna priprema kao i poznavanje brojnih sigurnosnih i preventivnih propisa i mjera očekivanim vršiteljima poljoprivrednih aktivnosti uglavnom nisu dostatne, dostupne ili/i poznate, što predstavlja ozbiljan problem, koji često ima za posljedicu razne nezgode i ozljede na radu, narušene lokomotorne sposobnosti, sakaćenje ili čak i smrtne ishode.

Cilj je rada provedbom ergonomijske analize rada za odabrane poljoprivredne aktivnosti uočiti rizične čimbenike, utjecaj načina korištenja alata i položaja tijela, te druge utjecajne čimbenike. Kao krajnji ishod analize očekuje se iskazivanje smjernica prevencije ozljeda, optimizacije uloženog ljudskog napora, kao i druge analizom utvrđene preporuke koje bi mogle unaprijediti odnose elemenata analiziranog sustava (čovjek-alat-pokret).

U radu je potrebno:

- Izabrati grupu poljoprivrednih aktivnosti za provedbu ergonomijske analize uz obrazloženje i osvrt na ergonomski izazov kojega se namjerava riješiti u radu, rizične uvjete rada, kao i povezane zdravstvene posljedice;
- Provesti ergonomijsku analizu, izvršiti procjene ljudskog opterećenja – napora, potrebnih vještina za unaprjeđenje učinkovitosti te smanjenje rizika od ozljeda i prenaprezanja;
- Predložiti moguća poboljšanja pokreta-aktivnosti ili/i predložiti preoblikovanje alata koje bi omogućilo učinkovitije i sigurnije vršenje razmatranih poljoprivrednih aktivnosti.

Opseg ergonomijske analize i prikaza utvrđenih rezultata dogovoriti tijekom izrade rada. Svu dokumentaciju kao i tekst rada izraditi pomoću računala. U radu navesti korištenu literaturu, kao i eventualnu pomoć.

Zadatak zadan:  
30. studenoga 2020.


Datum predaje rada:  
**1. rok:** 18. veljače 2021.  
**2. rok (izvanredni):** 5. srpnja 2021.  
**3. rok:** 23. rujna 2021.

Predviđeni datumi obrane:  
**1. rok:** 22.2. – 26.2.2021.  
**2. rok (izvanredni):** 9.7.2021.  
**3. rok:** 27.9. – 1.10.2021.

Zadatak zadao:

Predsjednik Povjerenstva:

  
Izv. prof. dr. sc. Aleksandar Sušić

  
Prof. dr. sc. Vladimir Soldo

## SADRŽAJ

POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA.....	V
SAŽETAK.....	VI
SUMMARY .....	VII
1. UVOD.....	1
2. ERGONOMIJA .....	3
2.1. Općenito .....	3
2.2. Fizikalna ergonomija .....	5
2.3. Biomehanika tijela .....	9
2.3.1. Biomehanički model čovjeka.....	10
2.3.2. Biomehaničko mjerenje rada .....	14
2.4. Čovjek u radnom sustavu .....	15
3. METODOLOGIJA .....	17
3.1. Nordijska karta tijela (NBM) .....	19
3.2. OWAS metoda .....	22
4. ERGONOMIJSKA ANALIZA RADA .....	26
4.1. Opis posla.....	26
4.2. Bodovanje nordijskih karata tijela (NBM) .....	31
4.3. Analiza radnog mjesta s OWAS metodom.....	32
4.3.1. Radnik 1.....	33
4.3.2. Radnik 2.....	35
4.4. Rasprava rezultata analize.....	37
5. PRIJEDLOG RJEŠENJA .....	38
5.1. Promjena držanja tijela .....	38
5.2. Vrtna kolica .....	41

---

5.3. Osobna naprava za prijenos opterećenja .....	42
6. ZAKLJUČAK.....	44
LITERATURA.....	45



---

## POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz područja djelovanja ergonomije u sustavu čovjek-stroj-okolina [7] .....	4
Slika 2. Ozljede prema vrsti oštećenja [7].....	7
Slika 3. Kostur sprijeda [8] .....	10
Slika 4. Kostur straga [8].....	11
Slika 5. Mišići tijela čovjeka [8] .....	12
Slika 6. Kinematički lanci čovjeka [7] .....	13
Slika 7. Prikaz statičkog i dinamičkog rada [7] .....	14
Slika 8. Model radnog sustava [7] .....	15
Slika 9. Sustav čovjek-stroj-okolina [7].....	16
Slika 10. Algoritam procjene i smanjenja rizika [9] .....	18
Slika 11. Nordijska karta tijela [10] .....	20
Slika 12. Primjer popunjene nordijske karte tijela [10].....	21
Slika 13. Položaji OWAS [10] .....	23
Slika 14. OWAS tablica za očitavanje kategorija [10] .....	25
Slika 15. <i>Zrno eko imanje</i> .....	26
Slika 16. Tlocrt radnog mjesta.....	27
Slika 17. Radno mjesto .....	28
Slika 18. Ručne škare.....	28
Slika 19. Kanta paprike .....	29
Slika 20. Kašeta paprike.....	29
Slika 21. Tragač .....	30
Slika 22. Traktor i prikolica .....	30

---

Slika 23. Ispunjene nordijske karte tijela .....	31
Slika 24. Krak sile između oslonca i težine tijela kod klečanja i pognutosti.....	39
Slika 25. Štitnici za koljena [14] .....	40
Slika 26. Vrtna kolica [15].....	41
Slika 27. Osobna naprava za prijenos opterećenja [4] .....	42
Slika 28. Pasivni egzoskelet X-Soft tvrtke Exorise [17] .....	43

---

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Utjecaji ozljeda na radu [7] .....	8
Tablica 2. Podjela težine tereta u grupe [10] .....	23
Tablica 3. Branje paprike kod radnika 1 .....	33
Tablica 4. Drugi položaj radnika 1 .....	34
Tablica 5. Branje paprike kod radnika 2 .....	35
Tablica 6. Drugi položaj radnika 2 .....	36
Tablica 7. Prijedlog rješenja .....	38

## **SAŽETAK**

Unatoč mehanizaciji, poljoprivreda je i dalje jedna od najzahtjevnijih i najrizičnijih djelatnosti, što zbog nepravilne konstrukcije ili upotrebe strojeva, što zbog toga što je i dalje fizički naporna. Uzajamni odnos između liječnika, inženjera i ergonoma može smanjiti fizički napor poljoprivrednika kako bi smanjili pojavu povreda na radu i sačuvali svoje i zdravlje svojih obitelji. U ovom radu se ergonomijski analiziraju ljudski pokreti prilikom berbe paprike te nude potencijalna rješenja za ublažavanje procijenjenog rizika. Analiza se provodi upotrebom Nordijske karte tijela i OWAS metode. Utvrđuje se opasni položaj pognutosti u radu za kojeg je potrebno odmah preuzeti mjere. Naposljetku, nude se potencijalni prijedlozi rješenja za ublažavanje procijenjenog rizičnog položaja kao što su promjena držanja tijela, vrtna kolica te osobna naprava za prijenos opterećenja.

**Ključne riječi:** ljudski pokreti, poljoprivreda, ergonomijska analiza, pognutost, OWAS

## **SUMMARY**

Despite the mechanization, agriculture remains one of the most demanding and risky activities, due to improper design, the use of machinery or because still it remains physically laborious. The reciprocal relationship between doctors, engineers and ergonomists can reduce the physical effort of farmers so to reduce the occurrence of accidents at work and preserve their own and the health of their families. This thesis ergonomically analyzes human movements when harvesting peppers and offers potential solutions to mitigate the estimated risk. The analysis is carried out using the Nordic Body Map and the OWAS method. The hazardous position of stooping in work, for which measures need to be taken immediately, is determined. Finally, potential solutions are being offered to mitigate the estimated risky position with a change in posture, a garden scooter or a personal load transfer device.

**Key words:** human movements, agriculture, ergonomical analysis, stooping, OWAS

## 1. UVOD

Od kad je svijeta i vijeka, postoji poljoprivreda kao djelatnost. [1] Civilizacija kakvu danas znamo ne bi postojala niti može preživjeti bez nje, jer je osnovni izvor opskrbe hranom diljem svijeta, kao i sirovine za industriju i medicinu. Zbog toga, u zapadnim zemljama je u poljoprivrednu proizvodnju uvedeno mnoštvo tehnologije kao što su informacijski sustavi, automatizirani mehanizacijski sustavi, čak i robotički sustavi koji upotpunjavaju ili zamjenjuju fizički rad. Unatoč tome, poljoprivreda je i dalje jedna od najzahtjevnijih i najrizičnijih djelatnosti, što zbog nepravilne konstrukcije ili upotrebe strojeva, što zbog toga što je i dalje fizički naporna. [2] Najviša stopa profesionalnih bolesti u Hrvatskoj 2007. godine s obzirom na djelatnost, zabilježena je u djelatnosti poljoprivrede, lova i šumarstva. [3]

Postoji podosta ozljeda i bolesti koje su se prepoznale kroz razna istraživanja rađena kao posljedica velikog broja žalbi među poljoprivrednicima. [4] Ovo uključuje muskuloskeletne poremećaje, respiratorne bolesti, slabljenje sluha, trovanje pesticidima i povećan broj karcinoma. Međutim, otkriveno je da su muskuloskeletni poremećaji najčešća profesionalna nefatalna ozljeda u poljoprivrednika, posebno u onih koji se bave težim fizičkim radom. Točnije, opetovano podizanje i nošenje teškog tereta, produžena fleksija tijela (pognutost), intenzivan ručni rad, i nespretno držanje ručnog zgloba i tijela su radnje povezane s glavnim faktorima rizika kod muskuloskeletnih poremećaja. [2]

S obzirom na izražen rizik od nastanka ozljeda, vrlo je važno izvršiti kvalitetnu procjenu rizika radnih mjesta koja podrazumijevaju ovakav tip rada. Faktori rizika kod radnih procesa, koji utiču na nastanak i razvoj muskuloskeletnih poremećaja, nazivaju se ergonomski rizici. Ergonomski rizik se odnosi na fizičke stresogene faktore i uvjete radnog mjesta koji u sebi nose rizik od oštećenja ili oboljenja muskuloskeletnog sustava radnika. Prisutan je uvijek kada zahtjevi posla prelaze mogućnosti radnika da izvrši radni zadatak. Poljoprivrednici nisu u dovoljnoj mjeri upoznati sa potencijalnim

rizicima i mjerama prevencije, kako bi smanjili pojavu povreda na radu i sačuvali svoje i zdravlje svojih obitelji. [5]

Cilj rada je provesti ergonomsku analizu rada za poljoprivredne aktivnosti te uočiti utjecajne čimbenike. Potom iskazati preventivne mjere kako bi smanjili rizik na prihvatljivu razinu. Analiza je rađena za berbu paprike vrste rog na *Zrno eko imanju* u Habjanovcu, nedaleko od grada Vrbovca.

## 2. ERGONOMIJA

### 2.1. Općenito

Ergonomija je prastara znanost s novim duhom u suvremenom dobu. U članku naziva *Rys ergonomji czyli nauki o pracy, opartej na prawdach poczerpniętych z Nauki Przyrody* (Pregled ergonomije ili nauke o radu, temeljena na istinama izvučenim iz Nauke o Prirodi), objavljenom u *Przyroda i Przemysl*, Poznanj, Poljska u 1857. godini, W. B. Jastrzębowski, prirodni znanstvenik, napisao je osnove ergonomije. Znanost o radu je nazvao ergonomija od grčki *εργον* - rad te *νόμος* - zakon ili običaj. Prema njemu, riječ rad izražava svoj puni smisao ne samo kao fizički rad ili trud, već i kao opipljiv, lijep, razumni i moralni rad, naglašavajući u njemu trud, zabavu, razmišljanje i predanost. Drugim riječima, rad se obavlja ljudskom sposobnošću koju nam je Stvoritelj dao za opće dobro. Ova proročka poruka poljskog profesora prenosi sjajan smisao osobnog dostojanstva, na rad kao bogoštovlje. [6]

Znanstveno rečeno, ergonomija je znanstvena disciplina koja multidisciplinarnim i interdisciplinarnim pristupom proučava ljudske sposobnosti, ograničenja i ponašanje primjenjujući utvrđene informacije na oblikovanje sustava čovjek-stroj-okoliš. Cilj ergonomije je da se rad humanizira radi povećanja produktivnosti, poboljšanja udobnosti čovjeka-radnika i povećanja korisnosti proizvoda. Ubrzani način života i vremensko ograničenje prisiljava čovjeka da se izlaže velikim fizičkim i psihičkim naporima koji prelaze granice tjelesne izdržljivosti što povećava rizik nastanka ozljeda. Stoga je zadatak ergonomije da se njenom primjenom smanje i spriječe ozljede, poboljšaju uvjeti rada te promiču zdravi stavovi društva prema životnom radnom okolišu. Različite discipline sadržane u ergonomiji prikazane su na slici 1. [7]

*Antropometrija* proučava (antropometrijske) tjelesne dimenzije čovjeka kako bi se omogućilo dobro oblikovanje odnosa sustava čovjek-stroj-okolina.

*Fiziologija rada* daje podatke o funkcioniranju ljudskog organizma pri radu.

*Psihologija rada* daje podatke o psihičkim zahtjevima rada te odnosu čovjeka prema radu.



*Biomehanika* se bavi rješavanjem zadataka vezanih za pokretljivost tijela u radnom sustavu.

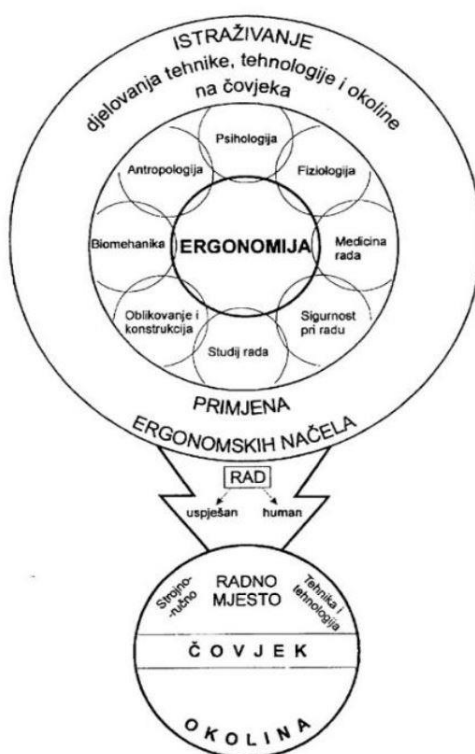
*Medicina rada* ima zadaću uskladiti odnose između čovjeka i rada te preventivnim mjerama spriječiti narušavanje zdravlja.

*Sigurnost na radu* uključuje niz mjera u pružanju sigurnih radnih uvjeta, očuvanju privatnosti, dostojanstva i integriteta čovjeka na radu.

*Studij rada* obuhvaća područje vezano za studij i analizu vremena i pojednostavljenje rada s ciljem utvrđivanja potrebnog radnog vremena korištenjem optimalnih metoda rada, a u svrhu smanjenja zamora, povećanja sigurnosti, smanjenja troškova i povećanja produktivnosti.

*Oblikovanje i konstrukcija* obuhvaća projektiranje radnog mjesta da bude funkcionalno, ekonomično i konstrukcijski podobno prilikom rada čovjeka.

*Ekologija rada* obuhvaća prilagođavanje radnih uvjeta (rasvjeta, mikroklimatski parametri, plin, para, zračenje) radniku.



**Slika 1. Prikaz područja djelovanja ergonomije u sustavu čovjek-stroj-okolina [7]**

## **2.2. Fizikalna ergonomija**

U radu ćemo se baviti fizikalnom ergonomijom. Ona se bavi ljudskim anatomskim, fiziološkim i biomehaničkim karakteristikama te načinom kako one utječu na fizičku aktivnost. Ovdje se obrađuju teme poput položaj pri radu, rukovanja materijalom (teretom), ponavljajućih pokreta, utjecaja rada na poremećaje mišića i kostiju, organizacije radnog prostora, sigurnosti i zdravlja. U ovom segmentu ergonomija predstavlja znanost kojom se dizajnira način obavljanja rada, oprema i radni okoliš tako da odgovaraju radniku. Dobar ergonomski dizajn nužan je kako bi se spriječile ozljede od ponavljajućih kretnji i radnji koje s vremenom mogu dovesti do invaliditeta. Najčešći uzroci ozljeda su brzi i ponavljajući pokreti, neprirodni položaji, uporaba sile (podizanje i prebacivanje tereta, rukovanje težim objektima) i nedostatak odmora.

Glavni ciljevi fizikalne ergonomije su poboljšanje ugodnosti rada te smanjenje bolova i mišićno-koštanih bolesti. Zbog toga se gotovo primarno bavi osmišljanjem sustava koji, na najmanju moguću mjeru, smanjuju fizikalni utjecaj okoline na tijelo. Kao takva, fizikalna ergonomija demonstrira ljudsku sposobnost, logiku i razum da shvati, prepozna i poboljša uvjete rada, a time i života. Da bi se ostvarili ti ciljevi fizikalne ergonomije, potrebno je prepoznati i razumjeti kako i kada rad negativno utječe na čovjeka i njegovo zdravlje. To je zadatak službe zaštite na radu. Čovjek pri radu dolazi u kontakt s rizicima koji mogu biti rizici od ozljeda i rizici od bolesti uzrokovanih radom. Ozljede mogu uzrokovati kratkotrajno, ali i dugotrajno oštećenje zdravlja i umanjiti radnu sposobnost, dok su oboljenja uzrokovana radom gotovo uvijek dugotrajna i u svojoj boli i u utjecaju na radnu sposobnost.

Služba sigurnosti i zaštite na radu unutar svakog proizvodno-poslovnog sustava mora biti osnovana na primjeni mjera prevencije ozljeda na radu, oboljenja ili bilo kojih drugih štetnosti na zdravlje radnika, koje se moraju primijeniti prije nego što radnik počne rad na radnom mjestu. Preduvjet uspješnoj primjeni i provedbi mjera za sigurno i zdravo radno okruženje na radnom mjestu je procjena rizika. Rizik je vjerojatnost ozljede, oboljenja ili oštećenja zdravlja radnika uzrokovanih opasnostima. Procjena rizika je sustavno popisivanje i ocjenjivanje svih čimbenika u radnom procesu koji mogu rezultirati ozljedom, oboljenjem ili štetom za zdravlje. Uz to se bavi pronalaskom i osmišljanjem mjera koje te čimbenike eliminiraju u potpunosti ili ih smanjuju na najmanju moguću mjeru. Iz perspektive poslodavca, a time ujedno i njegovog interesa, briga o rizicima i čimbenicima koji ih predstavljaju, odnosno o sigurnosti i zdravlju radnika, pridonosi povećanoj produktivnosti i efikasnosti na načine da:

- direktno utječe na održivost radnog kapaciteta,
- smanjuje trošak zamjene radnika odsutnih zbog ozljede ili oboljenja,
- eliminira mogućnost troškova naknade radnicima oboljelih od profesionalnih bolesti,
- ima pozitivan učinak na percepciju poduzeća u javnosti, a time i na tržištu rada i
- smanjuje nezadovoljstvo radnika koje bi inače bilo prisutno zbog nepredvidivih situacija u radnom procesu.

U svijetu se svake godine dogodi 50 milijuna ozljeda ili 160 tisuća svakog dana. Podaci o ozljedama na radu u Europskoj uniji za 2017. godinu pokazuju da je 3 milijuna ozljeda godišnje uzrokovano izostankom s posla u trajanju od najmanje 4 dana. Dva milijuna ozlijeđenih su muškarci, jedan milijun su žene, dok je broj smrtno stradalih osoba 3739. Prema tim podacima najčešće su površinske ozljede i lakše ozljede mišićno-koštanog sustava kao što su iščašenja i uganuća (slika 2.).



**Slika 2. Ozljede prema vrsti oštećenja [7]**

Najčešći uzroci ozljeda na radu su nedovoljno provedene mjere i pravila zaštite na radu te nedovoljan broj ispunjenih obveza propisanih strukom od strane radnika. Od toga, velik broj se događa zbog loše organizacije radnog okruženja, odnosno radnog mjesta kao što prikazuje tablica 1. Procjenjuje se da ukupni gubitak uzrokovan smanjenom produktivnošću zbog oboljenja, ozljeda i za njih potrebne zdravstvene skrbi iznosi preko 10 milijardi eura godišnje.

Tablica 1. Utjecaji ozljeda na radu [7]

	Utjecaj na zdravstveno stanje radnika	Ekonomski utjecaj
<b>Ozlijeđeni radnik u poduzeću</b>	fizička bol psihološki problemi	smanjeni prihodi dodatni troškovi smanjena produktivnost
<b>Ozlijeđeni samozaposleni radnik</b>	psihološki problemi smanjena mogućnost ostalih aktivnosti	financijske poteškoće
<b>Tvornica/Pogon</b>	nelagoda zabrinutost panika	smanjeni prihodi prekomjerni rad osposobljavanje novih radnika
<b>Proizvodno-poslovni prostor</b>	poremećena radna atmosfera narušena reputacija	smanjena produktivnost šteta na sredstvima rada Isplata odštete
<b>Društvo</b>	smanjen broj radno sposobnog stanovništva	smanjenje ukupne proizvodnje povećane cijene osiguranja smanjenje kupovne moći

Analiza uzroka ozljeda na radu pokazuje da su pojave ozljeda ponajviše uzrokovane ponašanjem (70 %), zatim samim sposobnostima radnika (20 %) i na kraju znanjem (10 %). Iz toga se da zaključiti da se prevencija ozljeda na radu može postići u prvom redu upravo utjecanjem na ponašanje i motivaciju radnika.

### **2.3. Biomehanika tijela**

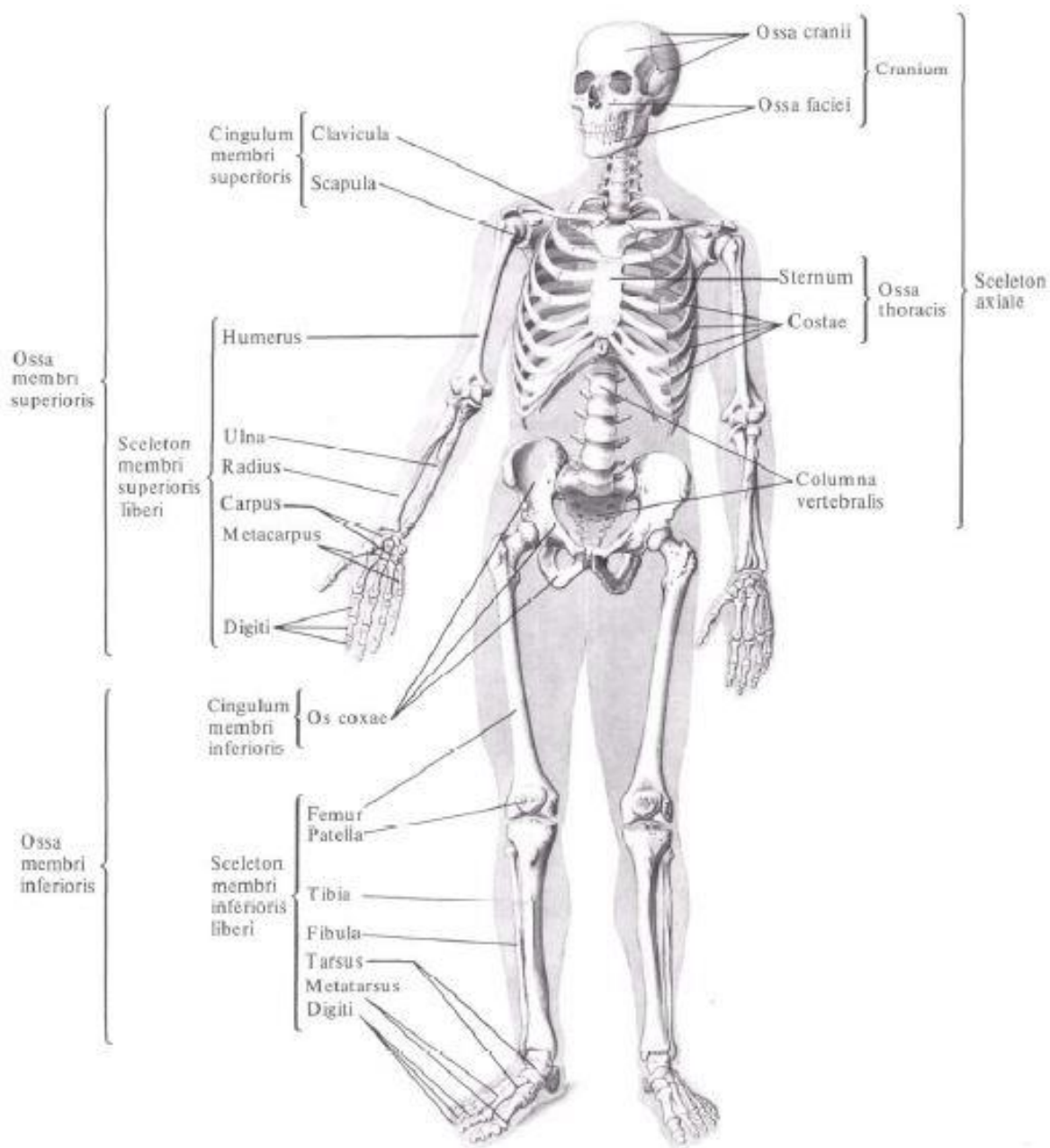
Prilikom oblikovanja radnih mjesta i radnih prostora potrebno je poznavati principe biomehanike i antropometrije. Gibanje ljudskog tijela sastoji se od osnovnih gibanja pojedinih dijelova tijela u pojedinim zglobovima. Ljudsko tijelo može se gledati kao sustav poluga čiji su pokretački dijelovi mišići, pri čemu mišići na kosti djeluju kao na poluge, a središta rotacija su u zglobovima.

Biomehanika se može definirati kao znanost koja zakone mehanike primjenjuje u rješavanju bioloških problema. Biomehanika proučava opće zakonitosti ljudskog kretanja i dijeli se na kinetiku, dinamiku i statiku.

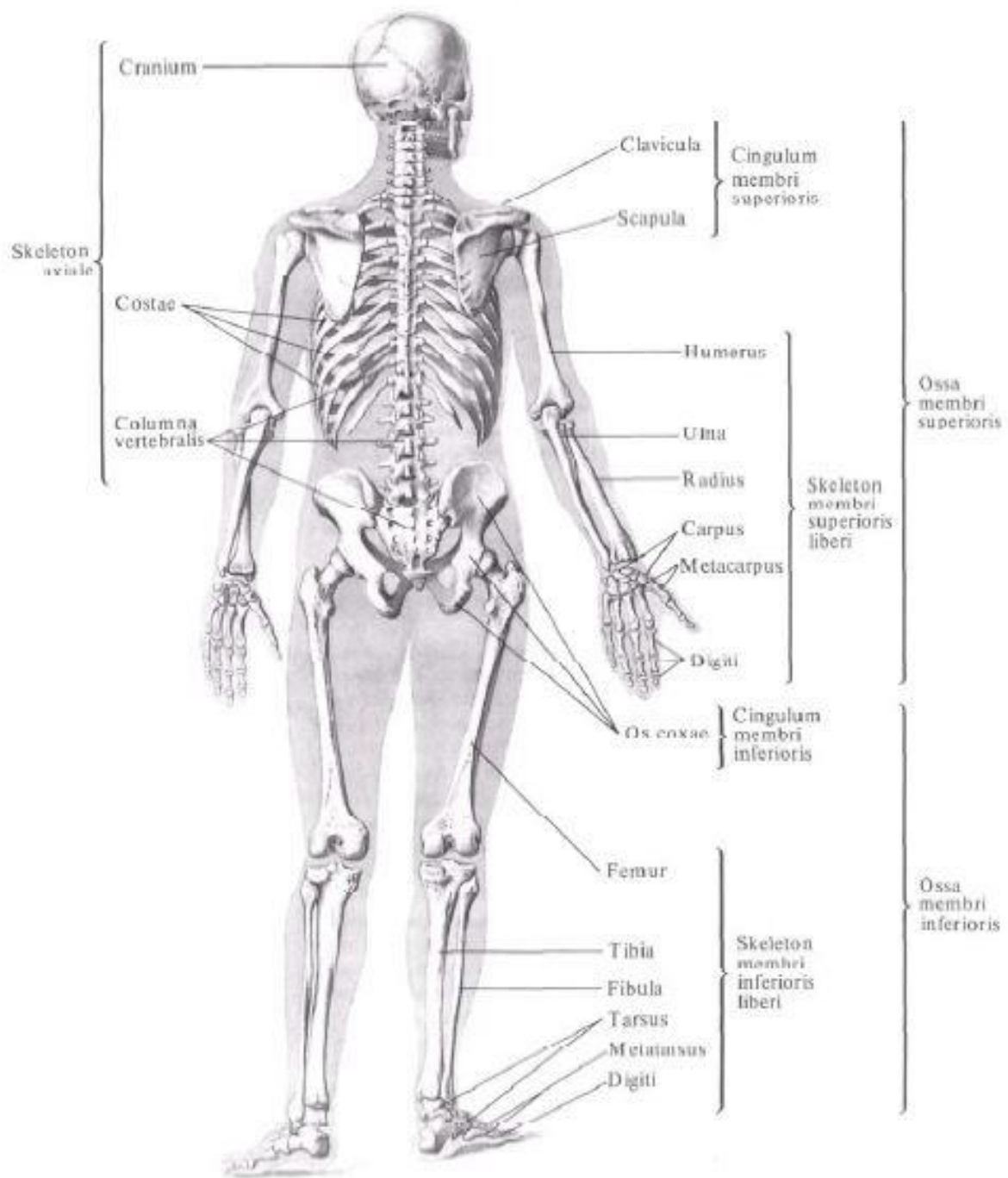
Kinetika istražuje kretanje bez obzira na uzroke kretanja. Dinamika istražuje uzroke kretanja i povezanost između kretanja i sila koje su uzrok u tom kretanju. Statika istražuje uvjete mirovanja u kojima se unutarnje i vanjske sile nalaze u ravnoteži (geometrija sila).

### 2.3.1. Biomehanički model čovjeka

Lokomotorni sustav čovjeka čini koštano-mišićni sustav koji omogućava pokrete i mijenjanje položaja. Ovaj sustav ima pasivni i aktivni dio. Pasivni dio čine kosti i zglobovi, a aktivni skeletni mišići. U tijelu imamo preko dvije stotine kostiju (slika 3. i 4.).



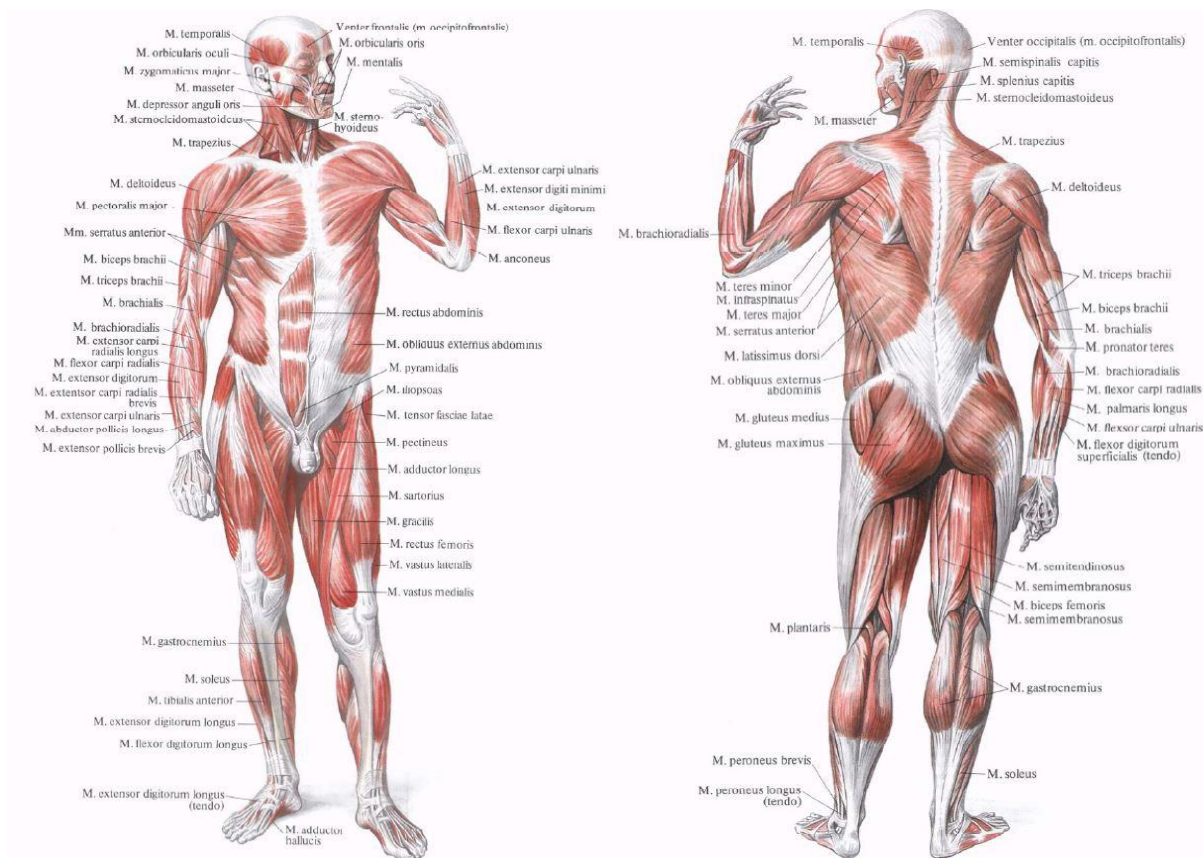
Slika 3. Kostur sprijeda [8]



Slika 4. Kostur straga [8]



Zglobovi su spojevi između kostiju i dio su kostura koji omogućavaju pokrete. Mišići imaju funkciju kretanja, održavanja položaja i tjelesne temperature. Mišići s tetivama djeluju na dva načina kao izometrična (statička) kontrakcija i kao izotonička (dinamička) kontrakcija.

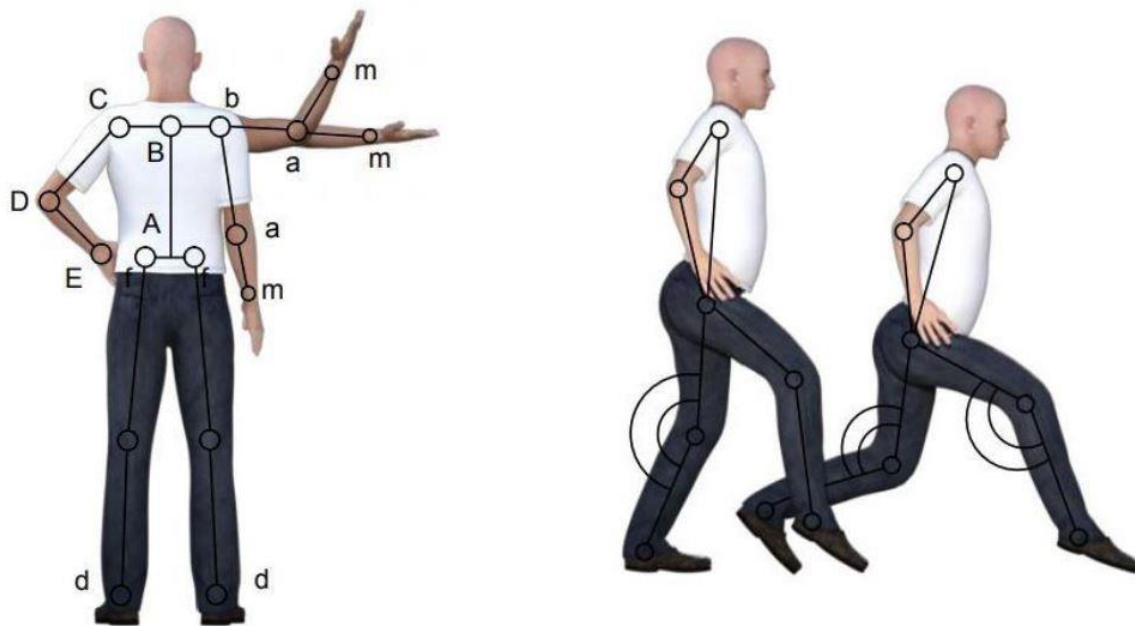


Slika 5. Mišići tijela čovjeka [8]

Ljudski se organizam može promatrati kao mehanizam koji je sastavljen od kostiju koje su međusobno povezane u kinematičke lance te mišićnog sustava kao pokretačkog dijela tog mehanizma. Zglobne veze kostiju dijele se u tri skupine: zglobni sustavi s jednim stupnjem slobode, zglobovi s dva i zglobovi s tri stupnja slobode.

Ljudski je kostur sastavljen od jednog zatvorenog kinematičkog lanca kralješnice s prsnim košem i pet otvorenih kinematičkih lanaca: glave, ruke i noge (slika 6.).

Pojam kinematički lanac označava ulančavanje više segmenata tijela. Otvoreni kinematički lanac označava pokret pri kojem je segment tijela slobodan u prostoru (npr. b-a-m). Zatvoren kinematički lanac označava pokret kada je segment tijela fiksiran (npr. C-D-E).

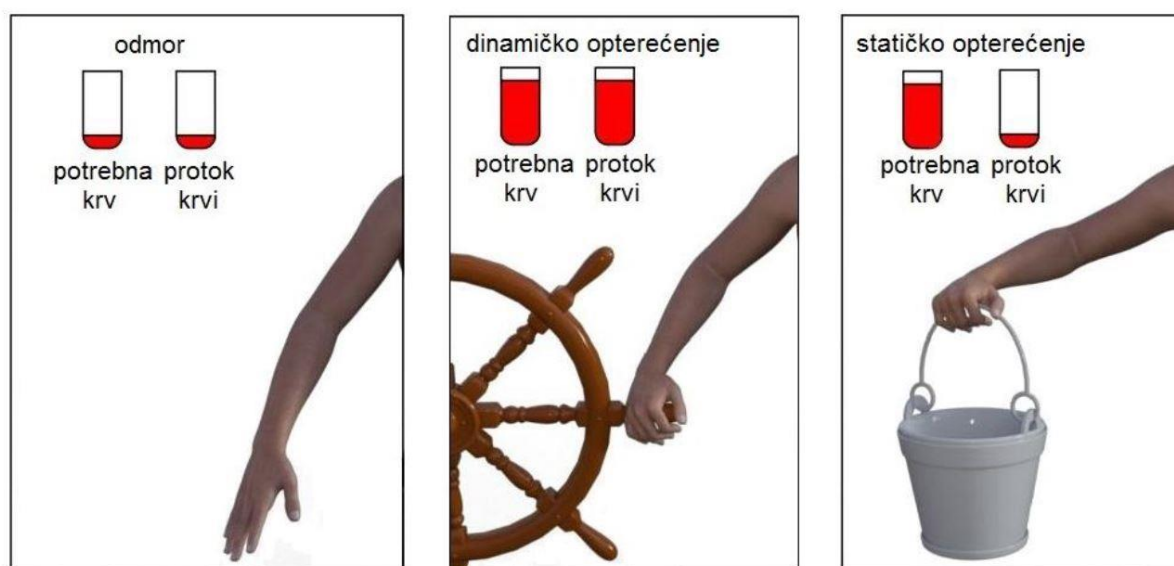


Slika 6. Kinematički lanci čovjeka [7]

Strukturna shema ljudskog kostura sadrži 264 stupnja slobode. Ruke s ramenom ostvaruju 28 stupnjeva slobode, a noga 25 stupnjeva slobode gibanja što ukupno na ruke i noge ljudskog tijela iznosi 106 stupnjeva slobode gibanja, odnosno 40 % od ukupnog broja stupnjeva slobode gibanja. Kralješnica sadrži 54 stupnja slobode gibanja ili oko 20 % od ukupnog broja. Ostalih 40 % stupnjeva slobode gibanja ljudskog tijela odnosi se na zglobove prsnog koša, vrata i glave.

### 2.3.2. Biomehaničko mjerenje rada

Biomehaničko mjerenje ljudskog rada može se proučavati kroz energetski ili fiziološki pristup. Kod energetskog pristupa proučavanje težine ljudskog rada temelji se na utvrđivanju određenih fizikalnih čimbenika kao energetske potrošnje kisika. Kod fiziološkog pristupa, utvrđivanje i proučavanje težine ljudskog rada provodi se mjerenjem mehaničkog rada ljudskog tijela. Razlikuju se dva oblika mišićnog napora: statički i dinamički napor ili rad.

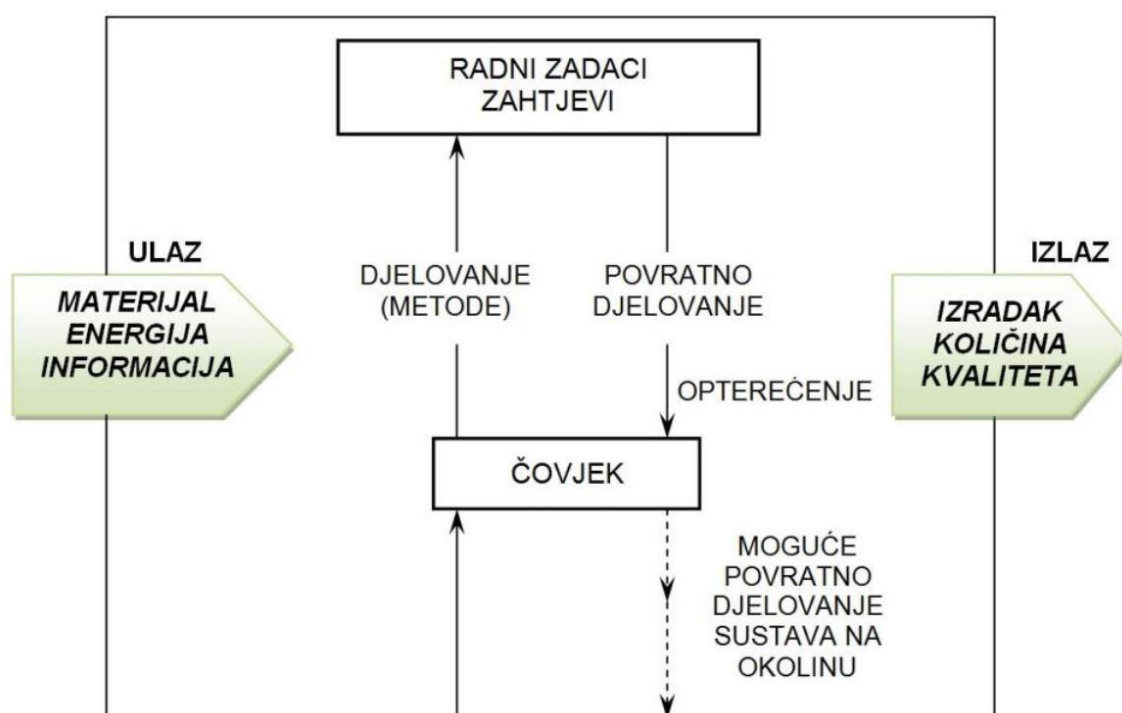


Slika 7. Prikaz statičkog i dinamičkog rada [7]

Kod statičkog opterećenja nema kontrakcije i opuštanja mišića te je otežana cirkulacija krvi u mišićima. Da bi se dobila veća prokrvljenost mišića potrebno je omogućiti naizmjenično stezanje i otpuštanje mišića. Slika 7. prikazuje protok krvi za vrijeme statičkog i dinamičkog rada. Prilikom statičkog rada umaranje je znatno veće i javlja se brže nego prilikom dinamičkog rada. Prilikom rada potrebno je nizom pokreta izvršiti izmjenično stezanje i otpuštanje mišića da bi se omogućila ravnomjerna prokrvljenost mišića.

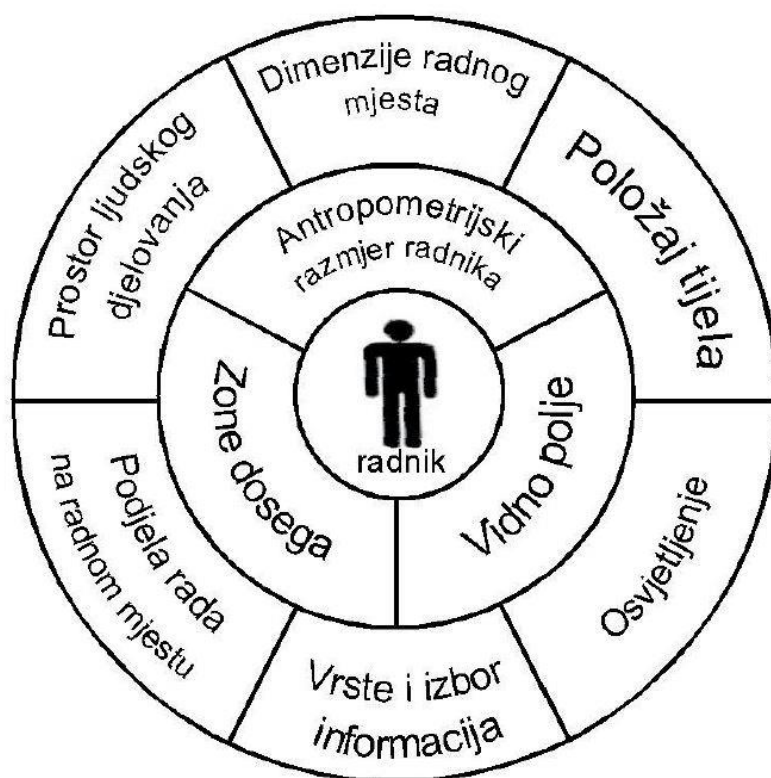
## 2.4. Čovjek u radnom sustavu

U radnom sustavu postoji međudjelovanje radnika, stroja i materijala koji se obrađuje. Usklađenost tehničkih karakteristika stroja s psihofizičkim, odnosno perceptivnim i biomehaničkim mogućnostima čovjeka vrlo je važno u radnom sustavu. Čovjek kao dio radnog sustava obrađuje materijal na stroju određenim radnim metodama prema zahtjevima radnog zadatka te kao rezultat nastaje poluproizvod ili proizvod u određenoj količini i kvaliteti (slika 8.). U toku rada uslijed zahtjevnosti radnog procesa može doći do opterećenja i zamora radnika. Stoga je važno radno mjesto uskladiti s antropometrijskim karakteristikama čovjeka te odabrati adekvatnu metodu rada koja psihofizički zamor radnika smanjuje na najmanju moguću mjeru.



Slika 8. Model radnog sustava [7]

Radne operacije najčešće se izvode na strojnim sustavima u kojima postoji uzajamni odnos čovjeka i stroja. Uspješnost radnog procesa ovisi o osobnim sposobnostima i stupnju uvježbanosti pojedinog radnika. Za pogodno oblikovanje radnog mjesta u sustavu čovjek-stroj-okolina i učinkovito izvođenje rada potrebno je cjelokupni sustav prilagoditi čovjeku, jer on zbog izvođenja radnog zadatka i osobnih sposobnosti čini sastavni dio sustava (slika 9).



Slika 9. Sustav čovjek-stroj-okolina [7]

Prilikom oblikovanja radnog mjesta važan je antropometrijski razmjer radnika, te radne i vidne zone. Također je važan položaj tijela u radu, dimenzije radnog mjesta i parametri radne okoline.

### **3. METODOLOGIJA**

Metodologija ovog istraživanja je zasnovana na pristupu europske norme EN ISO 14121-1 o procjeni rizika prema [9].

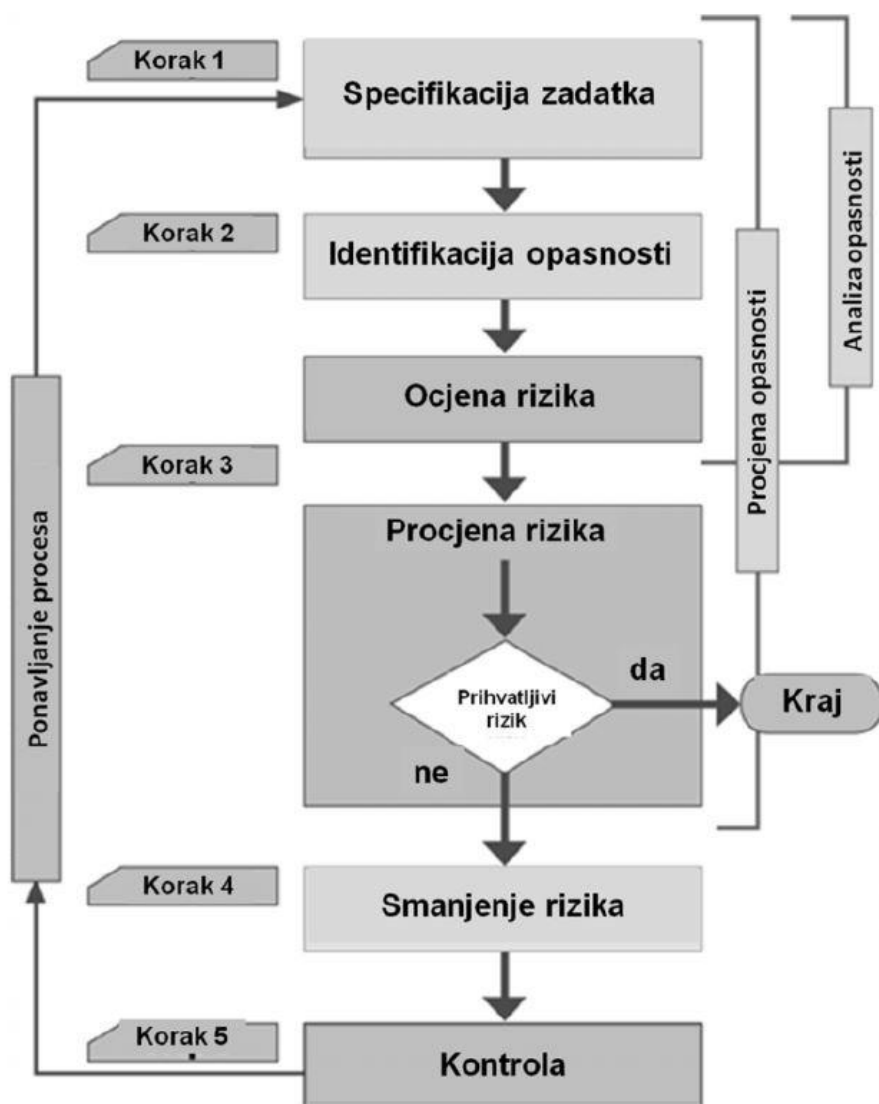
Prvi korak se sastoji od prikupljanja informacija koje se odnose na zadatak koji radnik izvodi, na način izvođenja zadatka, radne uvjete te alate. Promatrat će se provođenje zadatka na određenom mjestu rada i izvan njega – uključujući način rada, alate, organizaciju rada kao i radnu okolinu.

U drugom koraku se prepoznaju opasnosti. To je najvažnija faza u procesu procjene rizika na radu i sastoji se od prepoznavanja svih opasnosti koje mogu uzrokovati nepoželjne učinke kao primjerice ozljede i izgubljene sposobnosti. Kod provedbe ove faze se odgovara na pitanja ŠTO predstavlja opasnost i TKO je izložen opasnosti. Za to će poslužiti ergonomijska analiza anketom Nordijske karte tijela i OWAS metodom.

Treći korak služi za procjenu i vrednovanje rizika. Utvrđuje se učinak aktivirane opasnosti i vjerojatnost da se opasnost aktivira.

U četvrtom koraku, ovisno o razini procijenjenog rizika na radnom mjestu, planiraju se preventivne mjere. Rezultati su analizirani i korišteni kao osnova za prijedlog rješenja i zaključka o uočenim problemima.

U okviru ovog istraživanja, neće se provoditi peti korak koji podrazumijeva nadziranje preventivnih mjera.

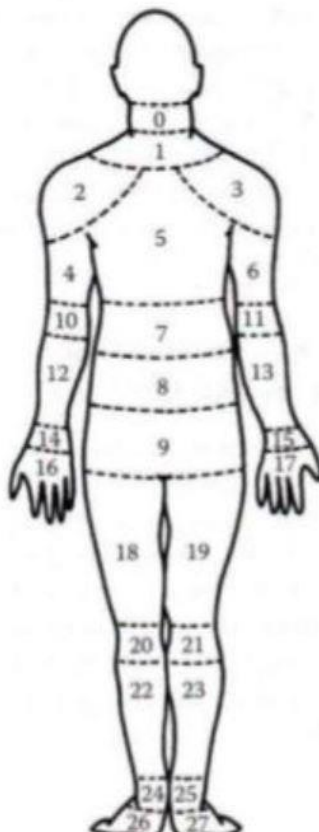


Slika 10. Algoritam procjene i smanjenja rizika [9]

### 3.1. Nordijska karta tijela (NBM)

Informacije koje su korisne prije provedbe neke metode dobiju se iz ankete Nordijska karta tijela na slici 11. To su podaci o stanju radnika na njegovom radnom mjestu i točni dijelovi tijela koji su u preopterećenju. Zbog postupka provedbe OWAS metode bitno je da se zna u kojoj fazi radnog vremena će se provesti snimanje radnika. Nordijska karta tijela (eng. *Nordic body map*) karta je tijela koja može identificirati dijelove mišića ili zglobova. Karte su rezultat žaljenja radnika na različitim poslovima. NBM je dijelove tijela podijelio na brojeve od 0 do 27 koji pokrivaju cijelo tijelo. Na karti se nalazi skala označena slovima A, B, C i D koja predstavlja razinu mišićno-koštanog poremećaja. Razina A znači da nema boli, B da je bol umjerena, C da je bol jaka i D da je intenzivna. Svrha popunjavanja upitnika NBM-a je pronaći dijelove mišića koji imaju razinu boli u rasponu od nelagode do veoma jake boli. Ove karte se obično koriste u kombinaciji s nekom ergonomsom metodom i to prije provedbe metode zato što pomoću tih karata dobivamo informaciju postoji li bol u nekom dijelu tijela. [10]



Br.	Lokacija	Stupanj pritužbi				Mapa tijela
		A	B	C	D	
0	bol u gornjem dijelu vrata					
1	bol u donjem dijelu vrata					
2	bol u lijevom ramenu					
3	bol u desnom ramenu					
4	bol u lijevoj nadlaktici					
5	bol u leđima					
6	bol u desnoj nadlaktici					
7	bol u struku					
8	bol u gornjem dijelu stražnjice					
9	bol u donjem dijelu stražnjica					
10	bol u lijevom laktu					
11	bol u desnom laktu					
12	bol u lijevoj podlaktici					
13	bol u desnoj podlaktici					
14	bol u lijevom ručnom zglobu					
15	bol u desnom ručnom zglobu					
16	bol u lijevoj šaci					
17	bol u desnoj šaci					
18	bol u lijevom bedru					
19	bol u desnom bedru					
20	bol u lijevom koljenu					
21	bol u desnom koljenu					
22	bol u lijevom listu					
23	bol u desnom listu					
24	bol u lijevom gležnju					
25	bol u desnom gležnju					
26	bol u lijevom stopalu					
27	bol u desnom stopalu					

Slika 11. Nordijska karta tijela [10]

Pri popunjavanju NBM-a, [Slika 12.] stavlja se kvačice na dio tijela u kojem postoji neka bol. Rezultatima upitnika pridružuju se težine prema razini boli. Razina A dobiva težinu 1, B težinu 2, C težinu 3 i D težinu 4. Težine će se pomnožiti s brojem radnika koji odaberu jednu razinu po izboru tako da dobiju bodove za bol na svakom dijelu tijela. Dio tijela koji dobije najvišu ocjenu prioritet je za promjene. [10]

Br.	Lokacija	Stupanj pritužbi				Mapa tijela
		A	B	C	D	
0	bol u gornjem dijelu vrata			✓		
1	bol u donjem dijelu vrata		✓			
2	bol u lijevom ramenu		✓			
3	bol u desnom ramenu				✓	
4	bol u lijevoj nadlaktici	✓				
5	bol u leđima				✓	
6	bol u desnoj nadlaktici			✓		
7	bol u struku		✓			
8	bol u gornjem dijelu stražnjice			✓		
9	bol u donjem dijelu stražnjica	✓				
10	bol u lijevom laktu	✓				
11	bol u desnom laktu		✓			
12	bol u lijevoj podlaktici			✓		
13	bol u desnoj podlaktici			✓		
14	bol u lijevom ručnom zglobu		✓			
15	bol u desnom ručnom zglobu			✓		
16	bol u lijevoj šaci				✓	
17	bol u desnoj šaci			✓		
18	bol u lijevom bedru			✓		
19	bol u desnom bedru				✓	
20	bol u lijevom koljenu			✓		
21	bol u desnom koljenu			✓		
22	bol u lijevom listu			✓		
23	bol u desnom listu			✓		
24	bol u lijevom gležnju		✓			
25	bol u desnom gležnju		✓			
26	bol u lijevom stopalu			✓		
27	bol u desnom stopalu			✓		
UKUPNI BODOVI		3	7	14	4	75

Slika 12. Primjer popunjene nordijske karte tijela [10]

$$UK = a \cdot 1 + b \cdot 2 + c \cdot 3 + d \cdot 4,$$

$$UK = 3 \cdot 1 + 7 \cdot 2 + 14 \cdot 3 + 4 \cdot 4 = 75, \quad (1.1)$$

gdje je:

$UK$  - bodovi za pojedinog radnika

$a, b, c, d$  - zbroj odabranih polja za pojedini stupanj pritužbi.

U [Slika 12.] je prikazan popunjen upitnik NBM-a jednog radnika kojeg je popunio za svoje radno mjesto. Npr. ako bi upitnik popunilo više radnika koji rade na istom radnom mjestu, mogli bi se usporediti njihovi rezultati i vidjelo bi se u kojem se dijelu tijela pojavljuje najveća bol i gdje su potrebne promjene. Iz jednadžbe 1.1. vidljivo je kako doći do konačnih bodova za pojedinog radnika.

### 3.2. OWAS metoda

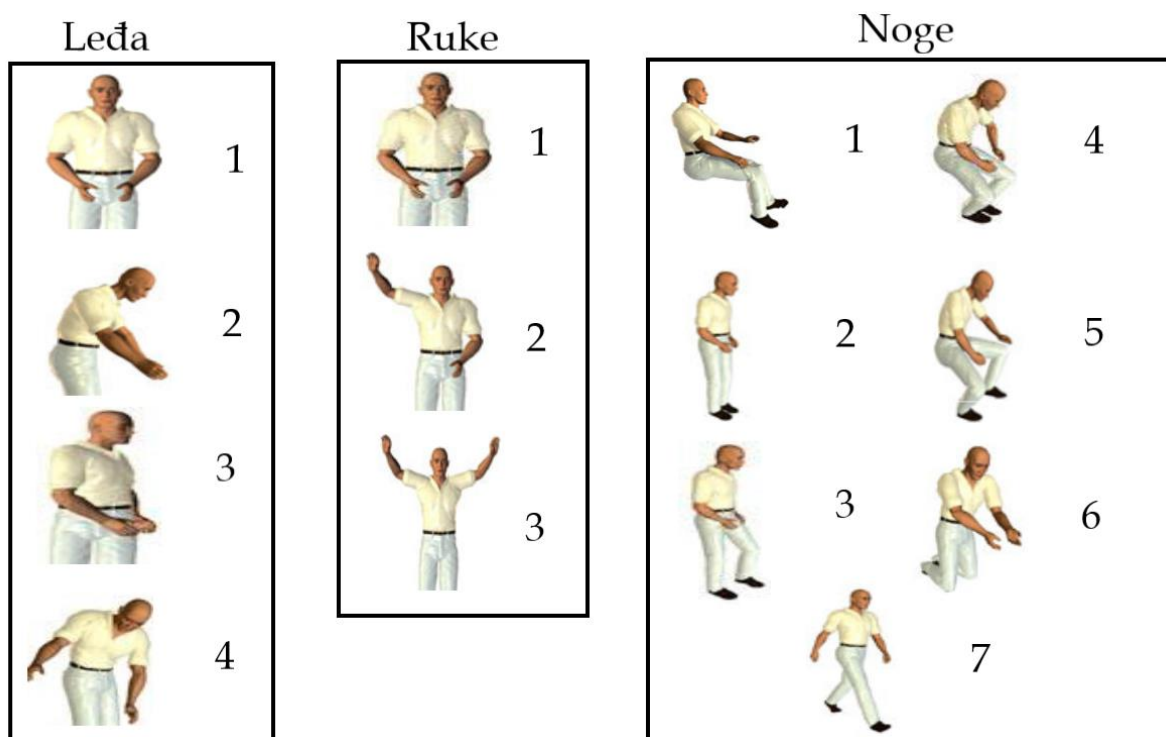
Metoda koja se pokazala uspješnom u analizi položaja tijela na radnom mjestu u industriji je OWAS (eng. Ovaco Working Analysing System) metoda. Razvijena je u finskoj tvrtki Ovaco, 1974. godine, gdje su utvrđena i shematski razrađena 84 različita tipa radnog položaja. OWAS metoda temelji se na razradi položaja leđa (kralješnice), ruku i nogu. Kombinacijom osnovnih položaja pojedinih dijelova tijela određuju se tipovi radnih položaja unutar izvođenja određene radne aktivnosti. Analiza radnih položaja OWAS metodom omogućava sagledavanje:

- položaja pojedinih dijelova tijela pri radu,
- učesća pojedinih položaja po dijelovima tijela,
- dijela radne operacije s pripadajućim tipovima radnih položaja,
- raspodjele između statičkog i dinamičkog rada,
- metode rada i udobnost pojedinog položaja pri radu,
- opterećenja koja su uzrokovana potrebnom snagom u određenim radnim položajima.

Ovom metodom služe se mnogi znanstvenici jer se pokazala uspješnom kod analiza položaja tijela te je doživjela niz modifikacija. [8]

OWAS metoda identificira četiri radna položaja za leđa, tri za ruke, sedam za donje ekstremitete i tri kategorije za težinu podizanih tereta ili količinu upotrijebljene sile. Svaki odjeljak ima pojedinačnu klasifikaciju. Osnovno držanje određeno je kodom koji se sastoji od četiri znamenke. Poredani redom, počevši od leđa, slijede ruke, noge i težina tereta koji se podiže prilikom izvođenja rukovanja materijalom. Slijedi klasifikacija stavova dijelova tijela koje se promatra, analizira i ocjenjuje. [10]

Kao što je rečeno, postoje 4 položaja leđa koji se označavaju prvom znamenkom u kodu, 3 položaja ruku koji se označavaju drugom znamenkom u kodu i 7 položaja nogu koji se označavaju trećom znamenkom u kodu kao što je prikazano na slici.



Slika 13. Položaji OWAS [10]

Težine tereta podijeljene su u 3 grupe koje se označavaju četvrtom znamenkom u kodu. Podjela grupa prikazana je u [Tablica 2.]. Treba napomenuti da se za granične težine uzima veća grupa što znači da masa od 10 kg pripada grupi 2, a masa 20 kg pripada grupi 3.

Tablica 2. Podjela težine tereta u grupe [10]

Br.	Naziv grupe	Težina tereta [kg]
1	Grupa 1	Manje od 10 kilograma
2	Grupa 2	Između 10 i 20 kilograma
3	Grupa 3	Više od 20 kilograma

Promatrane kombinacije držanja tijela klasificirane su u četiri kategorije djelovanja na skali koja se temelji na procjenama stručnjaka o zdravstvenim opasnostima svakog radnog položaja ili kombinacije držanja tijela. Prikupljeni podaci uspoređuju se s predloženim podacima iz pojedine kategorije koje određuju hoće li se izvršiti korektivna radnja kako bi se smanjio rizik od ozljeda. Nakon što je ocijenjeno svako držanje, podaci su klasificirani u četiri kategorije prema rezultatima. Prva kategorija sadržava normalne položaje, druga i treća sadrže položaje unutar srednjih ocjena dok četvrta kategorija sadrži one položaje koji su ocijenjeni kao najneugodniji.

Ovako izgledaju te kategorije:

- a) Kategorija 1 - Uobičajeno držanje tijela – nije potrebna intervencija.
- b) Kategorija 2 - Pomalo štetno - korektivne mjere bi trebale biti poduzete tijekom sljedećeg redovitog pregleda rada.
- c) Kategorija 3 - Izrazito štetno - korektivne mjere bi trebalo poduzeti što je prije moguće.
- d) Kategorija 4 - Izuzetno štetno - korektivne mjere bi trebalo poduzeti promptno.

Prvi korak provedbe ove metode je promatranje kako bi se procijenio radni položaj koji se koristi u svakodnevnom radu. Postavi se kamera na mjesto koje ima jasan pogled na držanje radnika tijekom obavljanja rada i njegovo kretanje. Snimanje se obavlja na način da se ne ometa radnik na radnom mjestu te da se ne utječe na njegovu učinkovitost. Trajanje snimanja jednog radnika ovisi o vrsti posla koju on obavlja, ali za većinu polova može se odrediti da je dovoljno 30 minuta snimanja jer se u tom periodu proces može ponoviti dovoljno puta da utvrdimo stanje radnika.

Nakon dobivene snimke slijedi njezina analiza na način da snimku prematamo za svakih 5 sekundi. Prematanjem snimke utvrdi se i ocijeni položaj držanja tijela radnika za svaki posao te se dobije kod koji opisuje svako njegovo držanje. U trećem koraku metode potrebno je odrediti kategoriju OWAS metode, a kategorija se određuje na način da se iščitaju podaci iz [Slika 14.] prema kodu koji smo dobili u prethodnom koraku.

LEĐA	RUKE	NOGE																				
		1			2			3			4			5			6			7		
		TERET			TERET			TERET			TERET			TERET			TERET			TERET		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
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	4	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

Slika 14. OWAS tablica za očitavanje kategorija [10]

Zadnji korak metode je analiza dobivenih rezultata i preporuka za radnje koje su se pokazale potrebnima.

## 4. ERGONOMIJSKA ANALIZA RADA

### 4.1. Opis posla

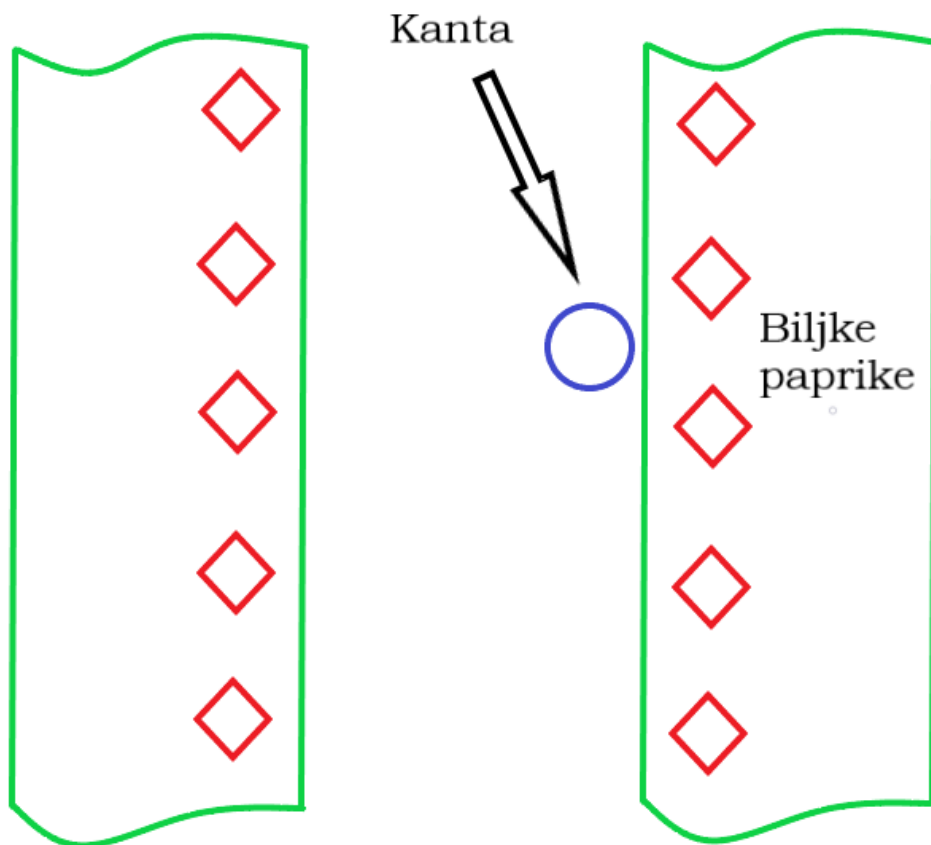
U ovom poglavlju, cilj je prepoznati opasnosti te procijeniti rizik na radu provedbom ergonomske analize Nordijskom kartom tijela te OWAS metodom.

Kao prvi korak, prije provedbe analize treba poznavati radno mjesto i sakupiti podatke o radnom okolišu. U ovom radu promatra se problem ručnog branja paprike vrste rog. Rad se odvija u okviru *Zrno eko imanja* koji se nalazi u malom selu Habjanovcu, 60 kilometara od Zagreba. Površine 20 hektara, imanje je okruženo šumom te na svojim površinama i objektima objedinjuje ekološku poljoprivrednu, prerađivačku i pekarsku proizvodnju. [11]



Slika 15. *Zrno eko imanje*

Radno mjesto je polje veličine jedne trećine hektara. Polje je podijeljeno u redove širine 100 cm, sa prolazima među redovima širine 150 cm. U jednom redu su po dva usporedna reda paprika te svaka biljka je razmaknuta otprilike 40 cm. Bere se zrela paprika vrste rog. Radno mjesto spada u kombinaciju statičkog i dinamičkog rada.



Slika 16. Tlocrt radnog mjesta

Rad počinje u 7 sati ujutro i traje do 15h, sa većom stankom od 30 minuta počevši u 10h i manjim stankama u toku rada.





**Slika 17. Radno mjesto**

Paprika se bere pomoću ručnih škara i stavlja u plastičnu kantu. Svaki radnik bere s lijeve i desne strane reda usporedno i pomiče se prema kraju reda.



**Slika 18. Ručne škare**



**Slika 19. Kanta paprike**

Pritom jedan radnik samo prazni pune kante u kašete i putem tragača prevozi do traktorske prikolice, gdje slaže kašete. U ovom radu ćemo se ograničiti samo na proces ručnog branja paprike.



**Slika 20. Kašeta paprike**



Slika 21. Tragač



Slika 22. Traktor i prikolica

## 4.2. Bodovanje nordijskih karata tijela (NBM)

Anketu Nordijska karta tijela je ispunilo 2 radnika, 1 muški i 1 ženski. U okviru daljnjeg rada, ženski radnik je nazvan radnik 1, a muški radnikom 2. Ispitanici su dali svoj pristanak da se podaci koriste za potrebe teme anonimno. Oboje su stalni radnici. Broj bodova je kod radnika 1 je 59 i to spada u srednji nivo rizika prema [12]. S druge strane, broj bodova kod radnik 2 je 36 što spada u niski nivo rizika. Najveći stupanj pritužbi odnosi se na bol u leđima (oba radnika) te potom na bol u koljenima (radnik 2), listovima, gležnjevima i stopalima (radnik 1). Prosjek godina ispitanika je 48,5 godina i standardno odstupanje 9,546 godina. Prosječna visina je 165 cm i standardno odstupanje 0 cm. Prosječna masa je 75 kg i standardno odstupanje 3,535 kg.

Br.	Lokacija	Stupanj pritužbi				Mapa tijela
		A	B	C	D	
0	bol u gornjem dijelu vrata					
1	bol u donjem dijelu vrata	✓				
2	bol u lijevom ramenu	✓				
3	bol u desnom ramenu	✓				
4	bol u lijevoj nadlaktici	✓				
5	bol u desnoj nadlaktici	✓				
6	bol u leđima				✓	
7	bol u desnoj nadlaktici	✓				
8	bol u struku	✓				
9	bol u gornjem dijelu stražnjice	✓				
10	bol u donjem dijelu stražnjice	✓				
11	bol u lijevom laktu	✓				
12	bol u desnom laktu	✓				
13	bol u lijevoj podlaktici	✓				
14	bol u desnoj podlaktici	✓				
15	bol u lijevom ručnom zglobu	✓				
16	bol u desnom ručnom zglobu	✓				
17	bol u lijevoj šaci	✓				
18	bol u desnoj šaci	✓				
19	bol u lijevom bedru	✓				
20	bol u desnom bedru	✓				
21	bol u lijevom koljenu				✓	
22	bol u desnom koljenu				✓	
23	bol u lijevom listu	✓				
24	bol u desnom listu	✓				
25	bol u lijevom gležnju	✓				
26	bol u desnom gležnju	✓				
27	bol u lijevom stopalu	✓				
	bol u desnom stopalu	✓				
19	bol u desnom bedru				✓	
20	bol u lijevom koljenu	✓				
21	bol u desnom koljenu	✓				
22	bol u lijevom listu				✓	
23	bol u desnom listu				✓	
24	bol u lijevom gležnju				✓	
25	bol u desnom gležnju				✓	
26	bol u lijevom stopalu				✓	
27	bol u desnom stopalu				✓	

Slika 23. Ispunjene nordijske karte tijela

### **4.3. Analiza radnog mjesta s OWAS metodom**

Kako je već spomenuto u poglavlju 3.2., prvi korak provedbe OWAS metode je izdvajanje karakterističnih držanja tijela prilikom rada.

Položaji držanja tijela, ponavljaju se za berbu bez obzira rade li u lijevom ili desnom redu. Zadnja znamenka, odnosno težina tereta je u svim slučajevima ista, budući da je teret manji od 10 kg. U tablicama su prikazani položaji tijela prilikom branja te prilikom povremenog ustajanja i premještanja u redu. Slike položaja tijela su dobivene snimanjem berbe, video kamerom. Nakon pregledavanja snimke, karakteristični položaji su izdvojeni u tablice i opisani.

### 4.3.1. Radnik 1

U tablici 3. je prikazana slika držanja tijela radnika 1 prilikom branja paprike. Radnik 1 je žena od 62 godine, koja 13 godina radi na imanju. Promatranjem položaja dijelova tijela, držanje se može opisati četveroznamenkastim kodom koji nam je potreban za određivanje kategorije rizika. U ovom slučaju, to je 4341 prema tablici i to je najveća kategorija 4. što znači da su odmah potrebne korektivne radnje. Položaj leđa se izmjenjuje između samog savijanja trupa te savijanja i uvijanja, prilikom postavljanja ploda u kantu. Ovdje je u obzir ovo posljednje, što je veće opterećenje 4. Isto tako, položaj držanja ruku se izmjenjuje između 1 za ruke ispod ramena te 3 za ruke iznad ramena, pa je u obzir uzeto veće opterećenje 3.

Tablica 3. Branje paprike kod radnika 1

Slika	Držanje	Kod	Opis
	Leđa	4	Postoji savijanje i uvijanje trupa.
	Ruke	3	Obje ruke su podignute iznad razine ramena.
	Noge	4	Stojeći s obje noge savijene.
	Težina tereta	1	Manje od 10 kg.

Sljedeći položaj držanja tijela je za slučaj kada se radnik 1 uspravi te pomiče do sljedeće biljke. Položaj je povremen te služi radniku 1 za predah jer se inače češće pomiče u pognutom položaju. Kod je za ovaj slučaj 1171, prikazan u tablici 4 što spada u kategoriju rizika 1. Znači da ovdje nisu potrebne nikakve korektivne radnje, što je i jednostavno za zaključiti.

**Tablica 4. Drugi položaj radnika 1**

Slika	Držanje	Kod	Opis
	Leđa	1	Os tijela je poravnata s osi nogu.
	Ruke	1	Obje ruke su ispod razine ramena.
	Noge	7	Hodanje.
	Težina tereta	1	Manje od 10 kg.

### 4.3.2. Radnik 2

Radnik 2 je muškarac koji ima 35 godina te radi na imanju nekoliko mjeseci. U ovom slučaju, dobiveni kod je 4141, što spada u kategoriju rizika 4 za koju su odmah potrebne korektivne radnje. Jedina razlika između istog položaja radnika 1 i 2, je to što radnik 2 ima ruke gotovo stalno ispod razine ramena, budući da se češće pomiče te onda nema potrebe da daleko zahvaća plodove i podiže ruke u razinu ramena.

Tablica 5. Branje paprike kod radnika 2

Slika	Držanje	Kod	Opis
	Leđa	4	Postoji savijanje i uvijanje trupa.
	Ruke	1	Obje ruke su ispod razine ramena.
	Noge	4	Stojeći s obje noge savijene.
	Težina tereta	1	Manje od 10 kg.



Drugi položaj je isti kod oboje radnika. Kod za ovaj položaj kod radnika 2 je 1171, prikazan u tablici 6. što spada u kategoriju rizika 1 za koju ne treba intervencije.

**Tablica 6. Drugi položaj radnika 2**

Slika	Držanje	Kod	Opis
	Leđa	1	Os tijela je poravnata s osi nogu.
	Ruke	1	Objе ruke su ispod razine ramena.
	Noge	7	Hodanje.
	Težina tereta	1	Manje od 10 kg.

#### **4.4. Rasprava rezultata analize**

Prema prikazanim rezultatima po Nordijskoj karti tijela, oba radnika su se žalila na bol u leđima, točnije donji dio leđa te noge (koljena kod radnika 2, a listovi, gležnjevi i stopala kod radnika 1). Treba uzeti u obzir i da su prije provedbe ankete postojali bolovi kod oba radnika, zbog prirode dinamičnog radnog mjesta kao što je poljoprivredni radnik, koji osim branja paprike, kojim se bavimo u ovom istraživanju, radi i na drugim radnim mjestima kao što je, sadnja i berba lisnatog povrća, kratko nošenje kanti i kašeta ili rad u rasadniku povrća. Prema navedenoj anketi, radnik 1 spada u srednji nivo rizika, a radnik 2 u niski nivo rizika. Ovakvim bezopasnim rezultatima, pridonosi subjektivnost Nordijske karte tijela te senzacija kojom radnici ocjenjuju bol u tijelu.

Prema OWAS metodi, primjećujemo da radnik 1 i 2, unatoč razlikama u dobi i spolu, imaju gotovo iste probleme prilikom držanja tijela. Rad u pognutom položaju tijela spada u najopasniju kategoriju 4 za koji su potrebne hitne mjere, a za rad u uspravnom položaju nisu potrebne nikakve promjene držanja, budući da spada u kategoriju rizika 1. Takvo držanje tijela dobro služi kao promjena ustaljenog položaja tijela. Budući da smo ovom metodom izolirali radne položaje, mogli smo lako uočiti opasnost. Uza sve to, OWAS metoda ipak ne uzima u obzir antropometriju tijelu te stoga nije idealna metoda.

Ako se opasnost dugotrajnog rada u pognutom položaju aktivira, posljedice mogu biti muskuloskeletni poremećaji kao bol u leđima i osteoartritis koljena i gležnjeva, pogotovo u kombinaciji sa više faktora rizika, kao što su određena dob, spol i pretilost. [13] Uzimajući sve u obzir, OWAS metoda se pokazala boljom jer je za naš slučaj lako primjenjiva, dok s druge strane Nordijska karta tijela nije.

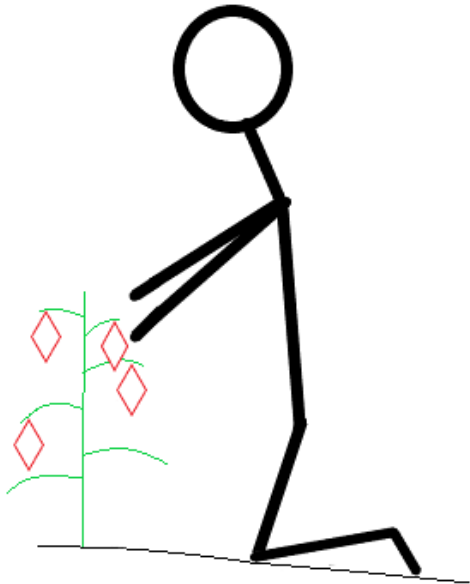
## 5. PRIJEDLOG RJEŠENJA

U nastavku će se dati prijedlozi rješenja za ublažavanje procijenjenog rizika iz prethodnog poglavlja. Razmotrit će se promjena držanja tijela te uređaji koji bi mogli pomoći. Na njihovom temelju će se dati zaključak.

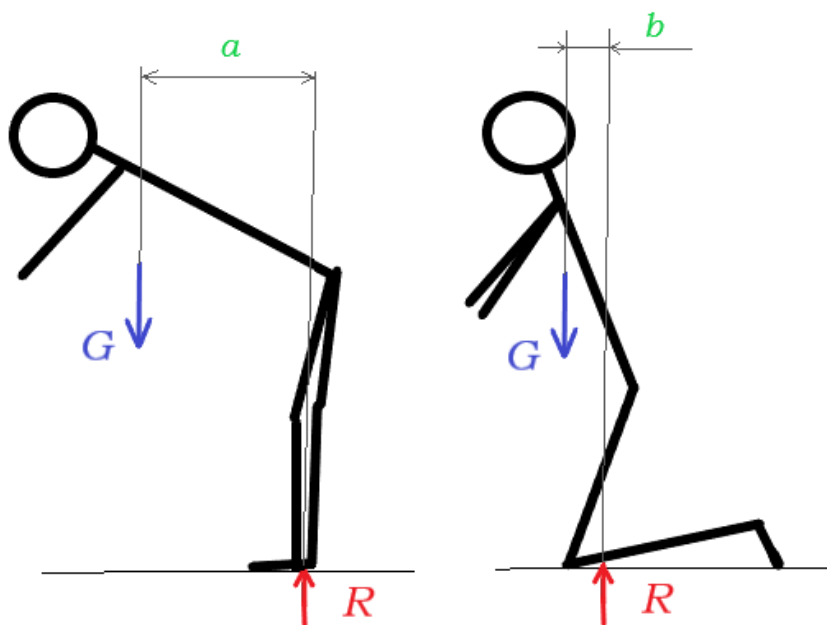
### 5.1. Promjena držanja tijela

Za promjenu držanja tijela ćemo odrediti novu kategoriju rizika. Za položaj držanja tijela kod radnika 1 i 2 prema tablici 3. i tablici 5. vidljivo je da dolazi do velikog savijanja trupa i samim time do momenta u donjem dijelu leđa. Predlaže se klečanje umjesto stajanja prilikom branja. Na taj način bismo smanjili kategoriju rizika na 1. Prekomjerno savijanje trupa bi time zaustavili no do uvijanja trupa bi i dalje dolazilo prilikom odlaganja plodova u kantu.

Tablica 7. Prijedlog rješenja

Slika	Držanje	Kod	Opis
	Leđa	3	Postoji uvijanje trupa.
	Ruke	1	Obje ruke su ispod razine ramena.
	Noge	6	Klečanje.
	Težina tereta	1	Manje od 10 kg.

Usporedba kraka sila između oslonca i težine tijela kod klečanja i pognutosti, prikazana je na slici 24. i opisana osnovnim statičkim jednadžbama koje dokazuju da je moment savijanja tijela u slučaju pognutosti veći.



Slika 24. Krak sile između oslonca i težine tijela kod klečanja i pognutosti

$$G = R, \quad (1.2)$$

$$M_1 = G \cdot a, \quad (1.3)$$

$$M_2 = G \cdot b, \quad (1.4)$$

$$a > b \rightarrow M_1 > M_2, \quad (1.5)$$

gdje je:

$G$  - težina tijela,

$R$  - reakcija podloge,

$M_1$  - moment u slučaju pognutosti,

$M_2$  - moment u slučaju klečanja,

$a$  - krak sile u slučaju pognutosti,

$b$  - krak sile u slučaju klečanja.

Obavezno bi trebali i štitnici za koljena kako bi klečanje bilo što ugodnije. Primjer takvih je prikazan na slici 25.



Slika 25. Štitnici za koljena [14]

Ovakvo rješenje bi bilo bolje za mlađe ljude, budući da sami postupak klečanja i ustajanja bi vjerojatno više umorio starije ljude nego sama pognutost prilikom rada. Također, uzimajući antropometriju u obzir, ovo rješenje bi bilo bolje za mršave ljude te ljude niže i srednje visine. Kao što smo naveli u poglavlju 4.4. OWAS metoda nije idealna jer upravo razliku u građi tijela nije uzela u obzir.

## 5.2. Vrtna kolica

Uz predloženu mjeru, nalaže se i dodatno rješenje u smislu radnog pomagala. U pitanju su jednostavna kolica na kojima se sjedi i radi. Sjedalo je rotirajuće i podesive visine zahvaljujući navojnom vretenu. Kolica smanjuju napor za koljena, leđa, zadnju ložu i trup. Također, na njih se može postaviti kanta za branje plodova. [15]



Slika 26. Vrtna kolica [15]

Ova kolica bi bila odlična za suho vrijeme, kad je tlo rahlo. S druge strane, po vlažnom vremenu, vjerojatno bi kod radnika veće tjelesne težine upadala u blato i samim time bila neupotrebljiva.

### 5.3. Osobna naprava za prijenos opterećenja

Posljednje radno pomagalo koje bi moglo biti od pomoći poljoprivrednim radnicima u pognutom položaju je osobna naprava za prijenos opterećenja. To je zapravo jedna vrsta pasivnog egzoskeleta koji prenosi dio težine i momenta gornjeg dijela tijela iz donjih dijela leđa u bokove i/ili na noge. Primjer su prikazani na slikama 27. i 28. Znanstvena istraživanja pokazuju da je to koncept koji može smanjiti rizik za donji dio leđa u zadacima koji zahtijevaju ozbiljne pognute položaje. [4]



Slika 27. Osobna naprava za prijenos opterećenja [4]

Ovakvo rješenje bi bilo najbolje od svih ponuđenih, jer mu ne smeta ni vlažno vrijeme, ni dob, ni antropometrija ako se uzme u obzir prilikom konstruiranja. Pasivni sustavi ne zahtijevaju vanjsko napajanje električnom energijom kao aktivni te umjesto toga koriste opruge, elastične vrpce ili druge elastične elemente kako bi dali povratni

moment, koji rasterećuje mišiće donjeg dijela leđa, ili dodatnu vertikalnu silu uzgona za potpomaganje mišića ruku i ramena prilikom rada s alatom ili materijalima. Međutim, trebalo bi još ispitati potencijalne koristi i rizike pasivnog egzoskeleta prije uvođenja na radno mjesto. [16]



Slika 28. Pasivni egzoskelet X-Soft tvrtke Exorise [17]



## 6. ZAKLJUČAK

U ovome radu je predstavljena ergonomijska analiza ljudskih pokreta prilikom berbe paprike. Upotrebom Nordijske karte tijela i OWAS metode napravljena je ergonomijska analiza berbe paprike. Pokazalo se po OWAS metodi da je pokret u pognutom položaju tijela izuzetno štetan te da je potrebno odmah poduzeti mjere. S druge strane, Nordijskom kartom tijela je utvrđeno da postoji bolova u leđima i nogama no da nije potrebno hitno poduzimati mjere. U ovom slučaju, Nordijska karta tijela se pokazala nevjerodostojnom zbog subjektivnosti i senzacije kojom radnici ocjenjuju bol u tijelu te time da su i prije provedbe ankete imali bolove zbog niza faktora kao što je dob, spol i priroda dinamičnog poljoprivrednog rada.

Uzimajući u obzir rezultat OWAS metode, ponuđeni su potencijalni prijedlozi rješenja za ublažavanje procijenjenog rizika. Razmotrila se promjena držanja tijela na način da se umjesto pognuća, kleči pomoću štitnika za koljena te se za to držanje tijela ustvrdilo OWAS metodom da predstavlja siguran položaj tijela u radu. S druge strane, OWAS metoda nije uzela u obzir faktore kao što su antropometrija i ljudska dob, što govori da nije idealna metoda. Drugo ponuđeno rješenje su bila vrtna kolica, na kojima se sjedi i radi te pomiče po potrebi. Na kraju, treće ponuđeno rješenje je osobna naprava za prijenos opterećenja, odnosno pasivni egzoskelet koji prenosi dio težine i momenta gornjeg dijela tijela iz donjih dijela leđa u bokove i/ili na noge.

Navedeni prijedlozi rješenja nude obećanja no trebalo bi dalje istražiti njihov utjecaj na čovjeka jer još je dug put kako bi se pognuti položaj u berbi paprike, a i ostalih sličnih kultura iskorijenio.

## LITERATURA

- [1] Poljoprivreda. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. Pristupljeno 12. 9. 2021.  
<<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=49324>>.
- [2] Benos L., Tsaopoulos D. i Bochtis D. (2020). A Review on Ergonomics in Agriculture. Part I: Manual Operations. *Applied Sciences*.
- [3] Dečković-Vukres V., Hemen M., i Rutar-Kožul K. (2008). Ozljede na radu i profesionalne bolesti u Hrvatskoj u 2007. godini. *Sigurnost 50 (3)*, 337-342.
- [4] Fathallah F. A. (2010). Musculoskeletal disorders in labor-intensive agriculture. *Applied Ergonomics 41*, 738-743.
- [5] Simeunović N. i Muškinja J. (2015). *Ergonomija u poljoprivredi* [Brošura].
- [6] Nag P. K. i Gite L. P. (2020). *Human Centered Agriculture*. Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- [7] Kirin, S. (2019). *Uvod u ergonomiju*. Karlovac: Veleučilište u Karlovcu.
- [8] Sinelnikov R. D. i J. R. (1996). *Atlas anatomii človeka 1. tom*. Moskva: Medicina.
- [9] ISSA. (2010). *Procjena rizika – opći vodič* [Brošura].
- [10] Vizir J. (2021). *OWAS metoda za ergonomsku procjenu rizika radnih zadataka* [Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje].
- [11] <https://zrno.hr/> (pristupljeno 14.9.2021.)
- [12] Setyanto N. W., Efranto R. Y., Lukodono R. P. i Dirawidya A. (2015). Ergonomics Analysis in the Scarfing Process by OWAS, NIOSH and Nordic Body Map's Method at Slab Steel Plant's Division. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2319-8753.
- [13] Donham K. J. i Thelin A. (2016). *Agricultural Medicine* (2nd ed.). New Jersey: John Wiley & Sons.
- [14] <https://outdoorworld.reviews/best-military-knee-pads/> (pristupljeno 10.9.2021.)
- [15] <https://www.amleo.com/leonard-garden-scoot-with-flat-free-tires-and-gorilla-tub-trug/p/AGS2GOR> (pristupljeno 10.9.2021.)

- [16] <https://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2016/03/04/exoskeletons/>  
(pristupljeno 21. 9. 2021.)
- [17] <https://exorise.com/projects/x-soft.html> (pristupljeno 21. 9. 2021.)