

# Unapređenje proizvodnje metodama studija rada i ergonomije

---

Lušetić, Tajana

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

*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:235:872816>

*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

**Tajana Lušetić**

Zagreb, 2018. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Predrag Čosić, dipl. ing.  
Maja Trstenjak, mag. ing. tech.

Student:

Tajana Lušetić

Zagreb, 2018. godina.

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

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Ćosiću i asistentici mag. ing. tech. Maji Trstenjak na pomoći u pisanju i stjecanju novih znanja i mogućnosti u budućoj karijeri.

Puno hvala gospodinu mag. ing. mech. V. Krleži i Končaru-MES koji su mi omogućili snimanje radnog mjesta i korištenje podataka.

Također, zahvaljujem se svojoj obitelji, posebno majci i baki, koje su mi uvijek pružale pomoć i vjerovala u mene.

Tajana Lušetić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
 Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:  
 proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo  
 materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Tajana Lušetić** Mat. br.: 0035199869

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Unapređenje proizvodnje metodama studija rada i ergonomije**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Manufacturing improvement based on work study and ergonomics methods**

**Opis zadatka:**

Proučiti i prikazati kratku povijest i metode studija rada. Dati prikaz i usporediti softvere za studij rada i vremena. Proučiti i prikazati područje ergonomije, dati prikaz primjene, s naglaskom na ergonomsko oblikovanje radnog mjesta. Proučiti postojeće ergonomske softvere, usporedit ih i analizirati. Koristiti ergonomske softver Jack, dio PLM Siemens softvera. U odabranoj tvrtki, na razmatranom radnom mjestu, pokazati kako se mjere vremena i ergonomske oblikuje radno mjesto. Kreirati zaključak i dati popis literature.

Zadatak zadan:

30. studenog 2017.

Zadatak zadao:

Prof.dr.sc. Predrag Čosić

Rok predaje rada:

1. rok: 23. veljače 2018.

2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2018.

3. rok: 21. rujna 2018.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 26.2. - 2.3. 2018.

2. rok (izvanredni): 2.7. 2018.

3. rok: 24.9. - 28.9. 2018.

Predsjednik Povjerenstva:

Izv. prof. dr. sc. Branko Bauer

## SADRŽAJ

POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS KRATICA .....	V
SAŽETAK.....	VI
SUMMARY .....	VII
1. UVOD.....	1
2. ORGANIZACIJA RADA.....	2
3. O STUDIJU RADA I VREMENA.....	3
3.1. Povijesni razvoj studija rada .....	4
3.1.1. <i>F.W. Taylor</i> .....	4
3.1.2. <i>F.B. i Lillian Gilberth</i> .....	5
3.2. Studij rada kao dio organizacije rada .....	5
3.3. Studij i analiza vremena .....	5
3.3.1. <i>Pripremno-završno vrijeme</i> .....	6
3.3.2. <i>Tehnološko vrijeme</i> .....	7
3.3.3. <i>Pomoćno vrijeme</i> .....	7
3.3.4. <i>Dodatno vrijeme</i> .....	7
3.4. Kadrovi za studij rada .....	8
4. SOFTVERI ZA STUDIJ RADA .....	9
4.1. SimData.....	9
4.2. OTRS10 .....	11
4.3. UmtPlus.....	12
5. ERGONOMIJA .....	14
5.1. Povijest ergonomije.....	15
5.2. Veza između ergonomije i studije rada.....	15
5.3. Projektiranje tehnoloških procesa .....	16
5.4. Ergonomska načela .....	16
5.4.1. <i>Položaji tijela radnika</i> .....	17
5.4.2. <i>Oblikovanje radnih mjesta</i> .....	19
5.5. Softveri za ergonomiju .....	20
5.5.1. <i>Cority</i> .....	20
5.5.2. <i>Ergoweb</i> .....	21
6. JACK PROGRAM .....	22
6.1. Upravljanje i manipulacija ljudskim likovima.....	23
6.2. Kreiranje i manipulacija objektima u radnoj okolini .....	27
6.3. Jackov alat za analizu.....	29
6.4. Testiranje unutrašnjosti vozila .....	31
7. PRIMJER RADA U JACK SIEMENS .....	32
7.1. Končar MES i trofazni kavezni asinkroni motori .....	32
7.2. Vremena rada i radno mjesto .....	32
7.3. Prikaz rada u Jack Siemens .....	35

---

8. ZAKLJUČAK.....	45
LITERATURA.....	46
PRILOZI.....	47

## POPIS SLIKA

Slika 1.	Mogućnosti korištenja SimData na računalima i pametnim uređajima [2].....	10
Slika 2.	Prikaz izgleda SimData softvera [2].....	11
Slika 3.	Balansiranje linije u OTRS [3].....	12
Slika 4.	Tri vrste softverskih modula koje su uključene u UmtPlus [4].....	13
Slika 5.	Shema djelatnosti ergonomije [5].....	14
Slika 6.	Primjena ergonomskih načela [1].....	16
Slika 7.	Ergonomično radno mjesto za sjedenje i stajanje [7].....	17
Slika 8.	Najpovoljniji položaji ljudskog tijela za različite zglobove [8] .....	19
Slika 9.	Primjer dizajniranja radnih mjesta[7].....	20
Slika 10.	Različite veličine Jacka i Jilla [11].....	23
Slika 11.	Pogled ljudskog kostura [11].....	24
Slika 12.	Ljudska upravljačka ploča [13] .....	25
Slika 13.	Primjer načina primanja objekta [11].....	26
Slika 14.	Mogući položaji tijela i ruke ljudske figure [11].....	26
Slika 15.	Pogled stošca [13] .....	27
Slika 16.	Kreiranje svijetla [13].....	27
Slika 17.	Stvaranje CAD objekata [13] .....	28
Slika 18.	Knjižnica objekata [13] .....	28
Slika 19.	Prikaz radnika i analize radnje (penjanje po stepenicama) [12].....	29
Slika 20.	Ilustracija analize unutrašnjosti vozila [12].....	31
Slika 21.	Računanje vremena rada u SimData .....	33
Slika 22.	Radno mjesto montaže motora 5.4 AZ 63B-4 (autorica TL) .....	33
Slika 23.	Vrijeme pojedinih radnji u montaži za cijelu seriju .....	35
Slika 24.	Položaj radnika kod postavljanja kućišta (autorica LT).....	36
Slika 25.	3D prikaz radnog stola .....	36
Slika 26.	3D prikaz proizvoda .....	36
Slika 27.	3D prikaz stolića.....	37
Slika 28.	3D prikaz kolica .....	37
Slika 29.	Prikaz radnog prostora u Jack Siemens .....	37
Slika 30.	Kretanje radnika prema proizvodu .....	38
Slika 31.	Uzimanje proizvoda sa radnog stola .....	38
Slika 32.	Položaj radnika kod ostavljanja gotovog proizvoda na kolica .....	39
Slika 33.	Simulacija postavljanja tri proizvoda na kolica .....	39
Slika 34.	Procijenjeno potrebno vrijeme za oporavak u sekundama .....	41
Slika 35.	Povijest mišićnih naprezanja u vremenu(sek) .....	41
Slika 36.	Analiza donjeg dijela leđa .....	42
Slika 37.	OWAS procjena položaja .....	43
Slika 38.	Usporedba korištenja kolica i pokretne trake na radnom stolu .....	43
Slika 39.	Primjer okretno-podiznog stola [16] .....	44



## POPIS TABLICA

Tablica 1. Vremena operacija za montažu motora 5.4 AZ 63B-4.....	34
Tablica 2. Primjer izvješća vremena pojedinačnih radnji .....	40

## POPIS KRATICA

### Oznaka

ANSUR  
JIT  
MTM1  
NHANES  
NIOSH  
OPT  
OTRS  
OWAS  
RULA  
SSP  
TAT

### Opis

Army Natick Survey User Requirements  
Just In Time  
Methods Time Measurement  
National Health and Nutrition Examination Survey  
National Institute for Occupational Safety and Health  
The Occupant Packaging Toolkit  
Operation Time Research Software  
Ovako Working posture Assessment System  
Rapid upper limb assessment  
Statis strength prediction  
Task Analysis Toolkit

## **SAŽETAK**

Tema ovog rada je studij rada, ergonomija te njihova povezanost i primjenjivost u stvarnim primjerima. U prvim poglavljima obradit će se studij rada i njegov utjecaj na organiziranje proizvodnje te softvere koji služe za njegovu primjenu. U sljedećim poglavljima obradit će se ergonomija i njezina primjena u organiziranju rada te softvere koji omogućuju primjenu ergonomskih načela kod oblikovanja proizvoda i oblikovanje rada na radnim mjestima. Opisana teorija primijenit će na stvarnom primjeru na kojemu će dati prijedlozi za optimizaciju procesa.

Ključne riječi: studij rada, studij vremena i pokreta, ergonomija, softveri, organiziranje proizvodnje, organiziranje rada

## **SUMMARY**

The subject of this paper is work study, ergonomics and their connection and application in real-life examples. In the first chapters, work study will be elaborated and its impact on the organization of production and softwares for its application. In the following chapters, we will address ergonomics and its application in organizing work and softwares that enable the application of ergonomic principles in product and workplace design. Described theories will be applied in a real life example where there will be given proposals for process optimization.

**Key words:** work study, time and motion study, ergonomics, softwares, organization of production, work organization

## 1. UVOD

Karakteristika današnjeg doba rastuća je dominacija automatizacije te se postavljaju novi proizvodno-tehnološki uvjeti pred industriju kako bi se preoblikovale djelatnosti u proizvodnji. Razvijaju se nove generacije računala, podaci se obrađuju elektronički te se uvode roboti za obavljanje poslova koje je do sada obavljao čovjek. To donosi velike prednosti i poboljšanja u proizvodnji sa strane povećanja produktivnosti, kvalitetnijih proizvoda, s nižim troškovima, manje škarta i povećanje fleksibilnost.

Upravo činjenica da je danas vrlo dinamičan razvitak novih tehnologija te da se ulažu znatna sredstva u postrojenja, strojeve, uređaje, alate i opremu, sve je manja potreba za ljudskim radom te se pokušavaju pronaći rješenja i stvoriti uvjeti koji će osigurati humanizaciju rada. Znatna ulaganja u modernizaciju, iskorištenje strojeva i opreme dovodi do izražaja samo ako postoji kvalitetno vodstvo ljudi koji će optimizirati organizaciju rada.

Takvom donošenju odluka na svim područjima, pa tako i u organizaciji proizvodnje, mora se pristupiti na znanstveni način. Znanstvenim metodama prikupljaju se sve informacije, analiziraju se i razrađuju se alternativna rješenja. Studij rada znanstvena je disciplina za organizaciju rada i proizvodnje, koja polazi od čovjeka i njegovog rada kao i od analize međusobnog djelovanja odnosa u sustavu čovjek, radno mjesto i okolina te uvelike pomaže kod rješavanja problema u proizvodnji. Za prikupljanje podataka koriste se softveri koji su danas dostupni širokoj javnosti i jednostavno se koriste uporabom računala ili pametnih telefona.

Na području organiziranja i studije rada dolazi se do spoznaje da će rad dobro napredovati samo onda, ako se uz poboljšanje metoda rada i uvođenje novih strojeva, naprava i alata poboljšaju i uvjeti rada. Strojevi, alati, uređaji, radna mjesta i naprave te okolina moraju se prilagoditi čovjeku, a ne obratno. Zbog navedenih razloga, stvoreno je novo znanstveno područje pod nazivom ergonomija. Za lakšu primjenu ergonomije, također su razvijeni razni softveri poput Cority, Ergoweb i Jack Siemens. Takvi programi služe za poboljšavanje ergonomskih procesa te smjernice za dizajniranje radnih mjesta koja će povećati sigurnost radnika. U Jack Siemensu će se obraditi simulacija montažne operacije i na tom praktičnom primjeru će se primijeniti obrađena teorijska znanja.

## 2. ORGANIZACIJA RADA

Analizirajući razvoj društva kroz vjekove može se zaključiti da je povijesni postanak organizacije rada započeo u graditeljstvu i vojnim djelatnostima te su se proučavanjem rada počele baviti osobe koje su poznavale tehnologije izvođenja rada. S razvitkom društva i prelaskom od obrtničkog načina života na industrijski način proizvodnje postavke i načela organiziranja rada postaju temeljem svake uspješne proizvodnje. Organizacija proizvodnje znanstveno je područje u oblasti tehničkih znanosti koje se bavi istraživanjem, projektiranjem i usavršavanjem proizvodnih sustava te pripremanjem, koordiniranjem i praćenjem odvijanja tehnološkog i proizvodnog procesa [1]. Svrha mu je da se proizvod dobije u utvrđenom roku, u traženoj količini i kvaliteti uz optimalne troškove.

Znanstvene discipline koje obuhvaća organizacija proizvodnje su[1]:

1. Projektiranje proizvodnih procesa,
2. Projektiranje tehnološkog i proizvodnog procesa,
3. Studij rada,
4. Planiranje i praćenje proizvodnje,
5. Kontrola kvalitete,
6. Rukovanje materijalom.

U sljedećem poglavlju će se detaljno opisati studij rada.

### 3. O STUDIJU RADA I VREMENA

Studij rada i vremena disciplina je čiji je zadatak da se znanstvenim metodama logičkim, cjelovitim i sustavnim analizama nekog rada dođe do optimalno oblikovanog načina rada, prilagođavanjem radnog mjesta, metoda i uvjeta rada čovjeku te izračun realnog potrebnog vremena izradbe i ispravno izračunate norme, koja mora biti organizacijsko mjerilo humano oblikovanog rada. Da bi se ostvarili ciljevi i svrha studija rada potrebno je analizirati područja studija i analize vremena i pojednostavljenje rada[1]. Primarni zadaci studija i analize vremena su:

1. utvrđivanje vremena izrade,
2. analiza vremena izrade i analiza gubitaka u radu,
3. izračunavanje potrebnog vremena izrade i norme te
4. prikupljanje, obrada i izrada podataka potrebnih za normiranje.

Pojednostavljenjem rada analizira se rad na radnom mjestu, analizira se tehnološki i proizvodni proces, pronalazi se i utvrđuje bolji i lakši način rada te se provodi poboljšanje načina rada. Oba dijela studija rada jednako su važna i moraju se promatrati u međuzavisnosti što je moguće primjenom ergonomije.

Danas je posve jasno da je proizvodnja jedinstveni sustav koji dobro obavlja svoju funkciju onda kada vodi brigu o strojevima, uređajima, opremi, ali i ljudima koji rade u proizvodnji. Osim u proizvodnji, metode studije rada moguće je primjenjivati u svim službama unutar poduzeća poput odjela konstrukcije, u administraciji (banke, osiguranja, državne službe), održavanju, transportu ili skladištu. Radi velike primjene u raznim odjelima poduzeća, stručnjaci studije rada moraju surađivati sa ostalim stručnjacima iz drugih odjela koji znaju na koji način se mogu provesti poboljšanja.

Za studij rada može se, zapravo, reći da promovira i primjenjuje "humani" odnos prema radu i radniku. Umjesto odnosa kakav je u "divljem" kapitalizmu (tranzicijske države, banana države,..) u kojemu vlasnici često organiziraju rad tako da se ne drže općih principa humanog odnosa prema radu zaposlenika, ergonomski pristup upravo inzistira na ergonomskom oblikovanju radnog mjesta, kvalitetnim međuljudskim odnosima te kreativnost u radu. Rezultat takovog pristupa je zadovoljstvo zaposlenika, manje mentalno i fizičko naprezanje što ima za posljedicu veću produktivnost.

### **3.1. Povijesni razvoj studija rada**

Potreba za organiziranje rada javila se još u antičkom dobu gdje su proračunavali potreban broj radnika i radnih sati te opis rada i podatke o potrebnom radnom vremenu i minimalnoj zaradi. Za uspješno odvijanje rada, posebice kad je više ljudi trebalo obavljati neki rad, organizacija rada je bila osobito važna u vojsci i građevinskim radovima koji su bili istaknuti upravo u staroj Antici. Daljnju potrebu razvijanja organizacije rada uočio je Leonardo da Vinci u Starom vijeku, koji je utvrđujući vrijeme jedne operacije ukazao na važnost zalaganja radnika, utvrdio je učinak radnika po satu te je odredio vrijeme potrebno za predah. Daljnjim znanstvenim istraživanjima, koje su vezane uz studije rada, spominju se osobe poput René Descartes, Sébastien Le Prestre, Bélidor te J.R. Perronet, koji je reorganiziranjem rada izrade pribadača, uspio povećati proizvodnju za 240 puta.

Oni su postavili osnovna načela i metode za proučavanje rada i mjerenje vremena. Pojavom F.W. Taylora, a zatim bračnog para Gilberth, stvoreni su uvjeti da se područje današnjeg studija rad proširi u industriji i ostalim djelatnostima.

#### **3.1.1. F.W. Taylor**

Rođen 1856. godine F.W. Taylor je tijekom svojeg života napredovao i bio na mnogim važnim funkcijama u tada poznatim poduzećima. Radio je kao šef odjela mehaničkog odjeljenja u Midvale Steel Company u kojemu, nakon dobivene diplome inženjera, napredovao na mjesto glavnog inženjera. Napustio je tvrtku nakon 6 godina te odlazi u Manufacturing Investment Company na dužnost direktora. Tri godine kasnije napušta i ovo poduzeće kako bi se posvetio znanstvenoj organizaciji rada u poduzećima. Iako je težište rada Taylora bilo područje studija vremena i znanstvenog menadžment, mora se reći da zahvaljujući njemu dolazi se do pronalaska brzoreznih čelika kao i procjene utjecajnih čimbenika pri rezanju metala. Njegove postavke i sustav koji je razvio, osnovica je za ono što se kasnije nazvalo znanstvena organizacija rada.

Postavke Taylora, koje se smatraju bitnim za studij vremena, su [1]:

- istraživanje najboljeg način rada, podjela na elemente i za njih odrediti vrijeme,
- za postizanje uspjeha u radu potrebno je proučavati vrijeme jer bez tog proučavanja nemoguće je dati određene, jasne upute radniku,
- gruba mjerenja vremena zamijeniti egzaktnim,
- istraživanje gubitaka vremena.



### **3.1.2. F.B. i Lillian Gilberth**

Supružnici Gilberth posvetili su se razvoju studije pokreta te njegove primjene u industriji. Gilberth je u toku svoga rada u građevinarstvu zapazio da se prilikom izvođenja istog posla ne primjenjuju uvijek isti pokreti pa ga je to navelo da započne analizirati pokrete radnika kako bi pronašao jedini i najbolji način za izvođenje nekog zadatka. Primjenjivao je fotoaparat, a kasnije filmsku kameru. Osim razvitka studije pokreta, zasluga je bračnog para Gilberth i ta da su u svoj rad uveli psihofiziologiju rada u kojoj su se bavili problemima zamora i monotonije.

### **3.2. Studij rada kao dio organizacije rada**

Sa razvojem novih proizvodnih i tehnoloških zahtjeva i uvjeta, na tržištu će opstati samo poduzeća koja mogu konkurirati i ponuditi kvalitetne proizvode, u dogovorenom roku i po prihvatljivoj tržišnoj cijeni. Znanstvena disciplina studij rada biti će u tim uvjetima čimbenik koji će svojim djelovanjem odlučujuće utjecati na vrijeme izrade, cijenu i rok isporuke. Njegovo će se djelovanje usmjeriti na racionalizaciju i humanizaciju rada uz primjenu ergonomskih načela, podučavanje ljudi i njihovo uvježbavanje u radu, određivanje realnog vremena potrebnog za izvođenje rada te stvaranje vremenskih standarda i uvođenje novih fleksibilnih oblika radnog vremena.

### **3.3. Studij i analiza vremena**

U organiziranju proizvodnje važna stavka utvrđivanje je vremena izrade, gubitaka vremena te izračunavanje opravdanih gubitaka, te izračun norme. Poznavanje realnog vremena nužno je u bilo kojoj proizvodnji kako bi se mogli smanjiti troškovi i povećati proizvodnja. Za realno vrijeme, koje je potrebno za izvršavanje nekog zadatka u određenim normalnim uvjetima rada za prosječnog radnika, potrebno je izračunati normu, odnosno, uz pravilno snimanje, potrebno je analizirati uzroke promjena vremena izradbe i gubitaka te ih pokušati objasniti.

Normu, kao organizacijsko mjerilo, moguće je izvršiti ako su ispunjeni uvjeti realne količine, optimalne kvalitete i poštivanje metode rada [1]. Realna količina treba predstavljati ono što se želi postići u samoj proizvodnji bez zastoja. Optimalnu kvalitetu proizvoda ili usluga određuju ili klijenti ili proizvođači prije same proizvodnje i nju je nužno postići i održati. Nju je moguće kontrolirati korištenjem kvalitetne opreme uz obučene ljude. Održavanjem predviđenog tehnološkog procesa, rad se može ispravno odvijati. *Definicija norme, koja mora biti izražena jedino u vremenu, je da je norma vrijeme koje je potrebno prosječno uvježbanom i određeno kvalificiranom radniku da, pod normalnim pogonskim okolnostima, s propisanim sredstvima, na točno određeni način, uz normalno zalaganje i zamor, obavi točno definirani*

posao [1]. Norma se ne smije uzeti kao mjerilo zarade, već ona mora poslužiti kao podloga za planiranje i praćenje proizvodnje, a može biti samo jedan od mjerila radnikova učinka. Da bi se moglo utvrditi realno vrijeme izradbe, tehnološki proces mora se detaljno razraditi te osigurati stabilno radno mjesto koje se mora prilagoditi radniku. Za takvo utvrđivanje vremena izradbe te za analizu i izračunavanje vremena izradbe i norme moraju se primjenjivati znanstvene metode i postavke uz priznavanje svih opravdanih vremenskih gubitaka.

Jedna od proizvodnih filozofija u kojoj je vrijeme odlučujući faktor je JIT (eng. *Just in time*). Proizvodna filozofija je nastala u Japanu te označava da sve mora biti točno na vrijeme proizvedeno te da su zalihe u skladištima minimalne. U tom je pristupu osnovna misao da se odbitkom troškova od prodajne cijene dobiva ukupna zarada. Kako prodajnu cijenu određuje tržište, mogu se smanjiti jedino troškovi. Tu uvelike dolazi do izražaja vrijeme izradbe koje mora biti što kraće kako bi poduzeća mogla ostati konkurentna na svojim tržištima.

Ukupno vrijeme rada koje je potrebno da se izvede neki zadani posao sastoji se od sljedećim elemenata [1]:

- pripremno-završno vrijeme ( $t_{pz}$ ),
- tehnološko vrijeme ( $t_t$ ),
- pomoćno vrijeme ( $t_p$ ),
- dodatno vrijeme ( $t_d$ ).

### 3.3.1. Pripremno-završno vrijeme

Vrijeme potrebno za pripremu kako bi se mogao nesmetano obavljati rad na bilo kojem radnom mjestu naziva se pripremno vrijeme. Nakon završetka posla, radno mjesto mora se dovesti u prvobitno stanje, te se takvo vrijeme naziva završno vrijeme. To vrijeme se računa za cijelu seriju, te je ono kraće što je veći broj komada u seriji. Pripremanje radnog mjesta može vršiti radnik koji će na tom radnom mjestu obavljati predviđenu operaciju ili to može obavljati poseban radnik. Veličina pripremno-završnog vremena određena je tehnološkim procesom, složenošću posla, uvježbanošću radnika i stupnjem organizacije proizvodnje. Rijetki su pokušaji smanjenja pripremno-završnog vremena, ali se ono posebice osjeti kad je mali broj proizvoda u jednoj seriji.

Pripremni radovi su [1]:

- upoznavanje s dokumentacijom, radom i uputstvima,
- dobivanje materijala pripremljenog za obradu, alata i pribora, odnosno uzimanje toga sa skladišta,

- pripremanje radnog mjesta (namještanje, provjeravanje, učvršćivanje i skidanje pribora i alata, premještanje pojedinih dijelova i uređaja, te podešavanje uređaja za traženi režim rada),
- programiranje u CAM-u ili CNC koda direktno na stroju
- izvršavanje postupka u vezi s pokusnom obradom.

Završni radovi su:

- predaja gotovog izratka, materijala i dijelova,
- pospremanje radnog mjesta i dovođenje u početno stanje (skidanje pribora, alata i dijelova uređaja),
- vraćanje alata, naprava i pribora u skladište.

### **3.3.2. Tehnološko vrijeme**

Tehnološko vrijeme je onaj dio vremena koji je direktno povezan s obavljanjem operacija na obratku. To znači da dolazi do promjene oblika, položaja, izgleda ili osobina materijala ili predmeta obrade. Vremena, koja se računaju, su sve obrade na strojevima te ručni rad. Za izračunavanje vremena rada automatskih strojeva postoje posebne formule, dok je vrijeme ručnog rada moguće utvrditi jedino snimanjem. Tehnološko vrijeme mora činiti najveći udio u normi, a ako ne, moraju se poduzeti neke tehničke ili organizacijske mjere [1].

### **3.3.3. Pomoćno vrijeme**

Pomoćno vrijeme je vrijeme za obavljanje pomoćnih poslova koje može obavljati čovjek ili se mogu obavljati automatski. Neki od pomoćnih poslova su namještanje obradaka (stezanje i pozicioniranje) na stroj, kontrole izradaka, puštanje stroja u rad, uključivanje ili isključivanje vretena, pritezanje alata, promjena broja okretaja tijekom rada stroja, posmaka, promjena alata na stroju u toku rada, povratni hod alata u nultu točku i sl.. Pomoćno vrijeme bi se trebalo svesti na minimum, jer ne utječe na promjenu oblika samog proizvoda te čine čisti gubitak vremena. Dobro razrađenim procesom i organizacijom radnog mjesta može se smanjiti pomoćno vrijeme [1].

### **3.3.4. Dodatno vrijeme**

Računanjem samo pripremno-završnog vremena i tehnološkog vremena ne može se dobiti stvarno vrijeme koje je potrebno radniku za izradu proizvoda. U obzir se mora uzeti i dodatno vrijeme. Na dodatno vrijeme utječe koeficijent zamora radnika tijekom rada, koeficijent djelovanja okoline, te dopunski koeficijent zamora [1].

### **3.4. Kadrovi za studij rada**

Za uspješno provođenje metoda studija rada potrebni su stručnjaci za analizu vremena i analizu rada [1]. Ti stručnjaci moraju imati izobrazbu i moraju biti specijalizirani za rad u tim službama. Moraju poznavati tehnike i tehnologije rada koje žele proučavati. Za njihov uspješan rad, potrebna je suradnja s ljudima kao što su tehnolozi ili stručnjaci za proizvodnju. Analitičar vremena je osoba koja je specijalizirana za analizu vremena te obavlja poslove kao što su utvrđivanje i provođenje stabilizacije radnih mjesta, provodi ergonomska načela, snima pripremno-završna, tehnološka i pomoćna vremena, gubitke vremena te sudjeluju u provođenju pojednostavljenja rada.

Analitičar rada je osoba koja je specijalizirana za studij rada i vremena koja uz proučeno analizu stanja pronalazi bolja tehnološka rješenja. Prvenstveno obavlja poslove kao što snimanje vremena, analizu izvršenja normi, izračunavanje mogućnosti rada na više strojeva, izračunavanje dopunskih koeficijenata dodatno vremena te poboljšanje načina rada, njegovo pojednostavljenje i uspješno izvođenje.

## 4. SOFTVERI ZA STUDIJ RADA

Postavljanje standarda i ocjenjivanje izvedbi mogu omogućiti kontinuirano poboljšanje u bilo kojoj organizaciji, no ti se standardi moraju kontinuirano testirati. Vremenske studije najbolji su način da se ustanovi koja se vremena mogu eliminirati i koje aktivnosti ne povećavaju vrijednosti proizvoda. Razvojem tehnologija mijenjaju se načini mjerenja i računanja vremena u procesu studije rada. Prva mjerenja vremena provodila su se na način da su osobe zadužene za taj zadatak morale stajati pokraj određene operacije, te štopericom mjeriti njihova vremena i sami zapisivati dobivene vrijednosti. Takvo mjerenje naziva se ručno mjerenje i ručno prikupljanje podataka. Javljaju se veliki nedostaci ručnog mjerenja vremena prvenstveno zbog velike količine podataka. Sva snimanja vremena moraju se obavljati više puta kako bi se mogao izabrati reprezentativni uzorak kako bi se izbjegla vremena najboljeg i najlošijeg radnika. Kako bi se zamijenio dugotrajni postupak korištenja štoperica i blokova za pisanje, stvaraju se posebni programi ili softveri studije rada za prikupljanje podataka. Softveri eliminiraju zamoran zadatak unošenja podataka, skraćuju vrijeme obrade podataka, omogućuju grafički prikaz podataka, čineći studij vremena efikasnijim. Ove vrijedne studije su smanjene u trajanju od tjedana i mjeseci do nekoliko dana, omogućujući tvrtkama da provedu promjene i rješenja znatno brže. Takvi softveri dostupni su širokoj javnosti i često su besplatni za korištenje. Jednostavni su za uporabu te ga mogu koristiti zaposlenici različitih znanja i mogućnosti. Za korištenje tih programa potrebno je imati računalo ili pametni mobilni uređaj uz pristup internetu. U sljedećim poglavljima bit će nabrojani i opisani neki od dostupnih softvera za studij rada.

### 4.1. SimData

SimData je softver za studij vremena i pokreta koji je dizajniran kako bi korisnicima omogućio učinkovito provođenje studija na već postojećim operacijama. SimData omogućuje stvaranje različitih entiteta (procesa, resursa, objekata) koji pomažu u vođenju procesa prikupljanja podataka. Nudi niz metoda za prikupljanje vremena:

- kroz unaprijed definirane skupne zbirke koje definira korisnik,
- odabir procesne mreže koji korisnicima omogućuje stvaranje i dodavanje procesa na licu mjesta, a prikupljanje vremenskih mjerenja s više stanica odnosno procesa.

Svi prikupljeni podaci mogu se grafički prikazati unutar SimData sučelja, pretvoreni kao datoteke podijeljene zarezom na druge softverske pakete ili mogu biti izravno prebačeni u

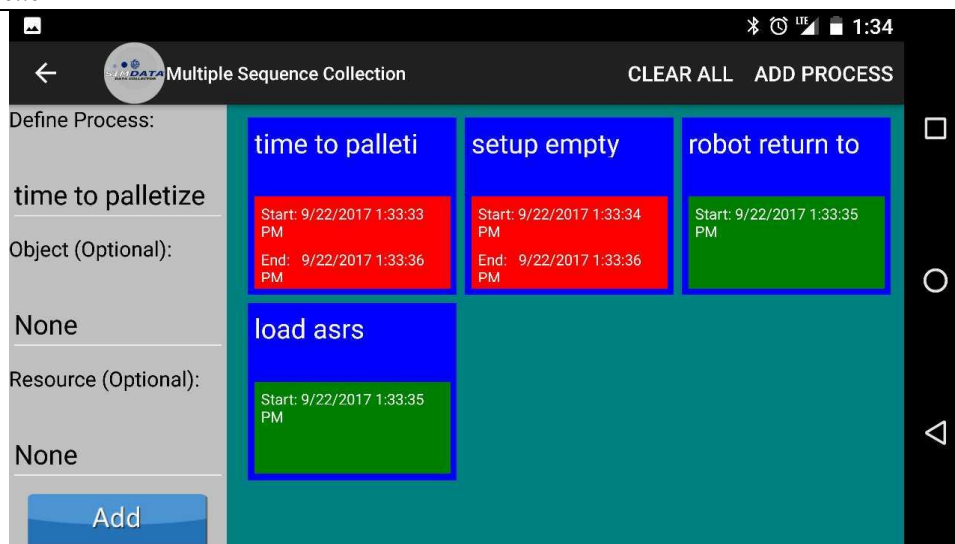
Simcad Process Simulator. SimData je besplatan softver koji se može izravno preuzeti na Windows 8.x i 10.x uređaje uključujući mobilne uređaje i tablete (Slika 1). Sada je dostupan na webshopu Android Play, Windows i Apple App Store koji su vodeći operativni sustavi za računala i mobilne uređaje.



**Slika 1. Mogućnosti korištenja SimData na računalima i pametnim uređajima [2]**

Najvažnije mogućnosti SimData softvera su:

- pojednostavljenje postupaka prikupljanja točnih podataka za potrebe studija vremena,
- mogućnost kretanja na određenom radnom prostoru i obavljanja studije vremena na različitim procesima,
- prikupljanje podatka vezanih uz protok za izgradnju modela i prikaz toka vrijednosti,
- dinamičko sinkroniziranje za prebacivanje prikupljenih podataka u Simcad i primjena promjene u načinu rada,
- prikupljanje podatke s više postaja istovremeno,
- analiziranje i prikaz grafikona podataka tijekom i nakon prikupljanja,
- prebacivanje prikupljenih podataka Simcad procesnog simulatora za simulacijsku analizu.



**Slika 2. Prikaz izgleda SimData softvera [2]**

Slika 2. prikazuje izgled SimData softvera i na koji način se upisuju vrijednosti operacija u ovom slučaju za proces skladištenja. Upisano je točno vrijeme potrebno za pojedine operacije.

#### 4.2. OTRS10

OTRS (**eng.** *Operation Time Research Software*) je softver za studij vremena temeljen na videozapisu namijenjen kako bi se smanjio potreban rada i troškovi operacija. Softver koristi japansko industrijsko inženjerstvo i "lean" načela proizvodnje kako bi poduzeća mogla postići vrhunsku izvedbu.

OTRS se smatra standardom u studiju vremena i pokreta i koriste ga najveće kompanije u japanskoj industriji. Softver trenutačno koristi više od 4000 kupaca u Japanu, uključujući većinu velikih japanskih proizvođača automobila, uključujući Toyota Motor Corporation. Dostupan je na engleskom i japanskom kao standard, a lako se može konfigurirati na bilo koji jezik kroz pripremu jezične datoteke. Najnovija verzija, OTRS10, razvijena je u suradnji s Toyotom kako bi podržala Toyotin proizvodni sustav, te je idealan softver za studij vremena za tvrtke koje provode programe "lean" proizvodnje i kaizena.

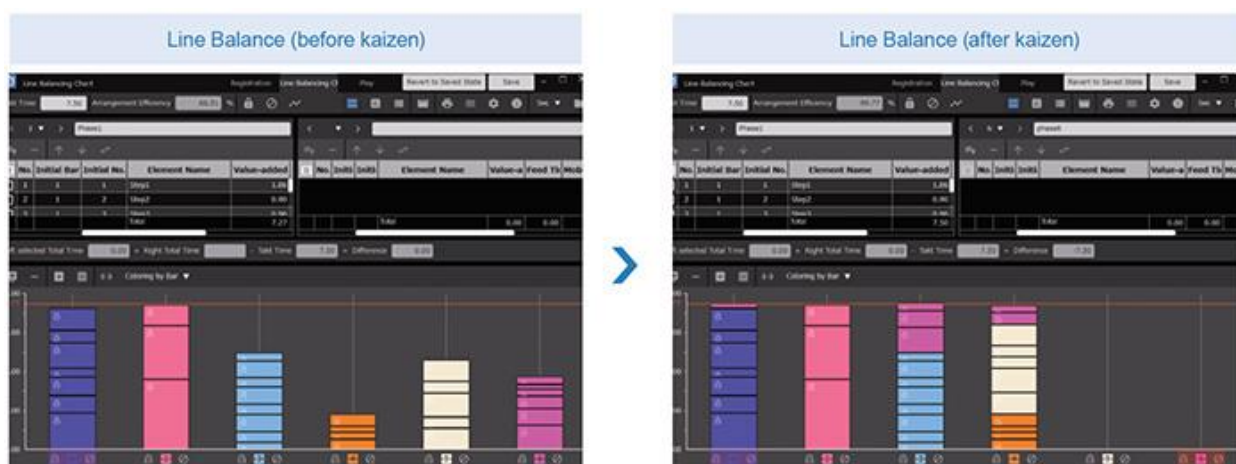
OTRS je dizajniran za povećanje učinkovitosti kontinuiranog poboljšanja putem analize vremena i pokreta izravno na licu mjesta. Moćan i jednostavan softver za korištenje, podržava u stvaranju, analiziranju i poboljšavanju standardiziranog rada i uravnoteženosti proizvodnih linija.

Mogućnosti OTRS10, koje ga čine *vodećim softverom za analizu studija rada*, su sljedeće:

- smanjenje vremena potrebnog za izvođenje analize gibanja i stvaranje standardnih grafikona rada, čime se štedi vrijeme i novac tvrtke,

- eliminiranje standardiziranih procesa korištenjem jednostavne operacije softvera za mjerenje rada koji simulira štetne pokrete,
- mogućnost korištenja analize „frame-by-frame“ koja služi za razvrstavanje pokreta u segmente radi točne analize,
- kreiranje video priručnika iz analize rezultata,
- jednostavno obučavanje osoblja za korištenje softvera.

Značajke softvera za studij vremena su *analiza vremena i pokreta, stvaranje priručnika za standardizirani rad* te postojanje alata za poboljšanje procesa.



**Slika 3. Balansiranje linije u OTRS [3]**

Slika 3. prikazuje alat za poboljšanje procesa koji je u ovom primjeru balansiranje linije. U prvom slučaju se prikazuje balansiranje linije prije provedbe koncepta kaizen u kojemu na svakoj radnoj stanici postoji jedna operacija. Takvim organiziranjem radnih stanica, dolazi do različite opterećenosti pojedinih stanica i određenih radnika. U drugom slučaju je prikazano balansiranje linije nakon provođenja koncepta kaizen. Na svakoj radnoj stanici jednako je vrijeme i opterećenje rada što omogućuje smanjenje rada u procesu.

### 4.3. UmtPlus

UmtPlus je softver u kojemu se podaci prikupljaju pomoću mobilnog uređaja čime se uklanja ručno unošenje podataka te se na taj način minimizira mogućnost pogrešaka. On je osnovni alat za prepoznavanje aktivnosti koje ne pridonose vrijednost, optimizaciju resursa i povećanje produktivnosti.

Zahvaljujući UmtPlus vrijeme prikupljanja podataka smanjeno je za 50 posto od vremena potrebnog za korištenje štoperice. Provođenje mjerenja rada pomoću UmtPlus vremenske studije mobilne aplikacije daje brz pristup izvješćima koja pomažu da se brzo implementiraju rješenja.



U softveru su razrađeni posebni alati za mjerenja u *zdravstvu*, *maloprodaji* i "lean" proizvodnji.

U UmtPlus je izgrađena konfiguracija za medicinske sestre i liječnike sa svrhom smanjenja vremena čekanja kako bi se poboljšala skrb za pacijente. Maloprodajne tvrtke koriste aplikaciju kako bi kontinuirano poboljšali svoje planove za postignuće operativne izvrsnosti. Podaci dostupni vremenskim istraživanjima pomažu maloprodajnim tvrtkama da poboljšaju učinkovitost i smanje aktivnosti koje ne pridonose vrijednosti od njihovog opskrbnog lanca do skladištenja.

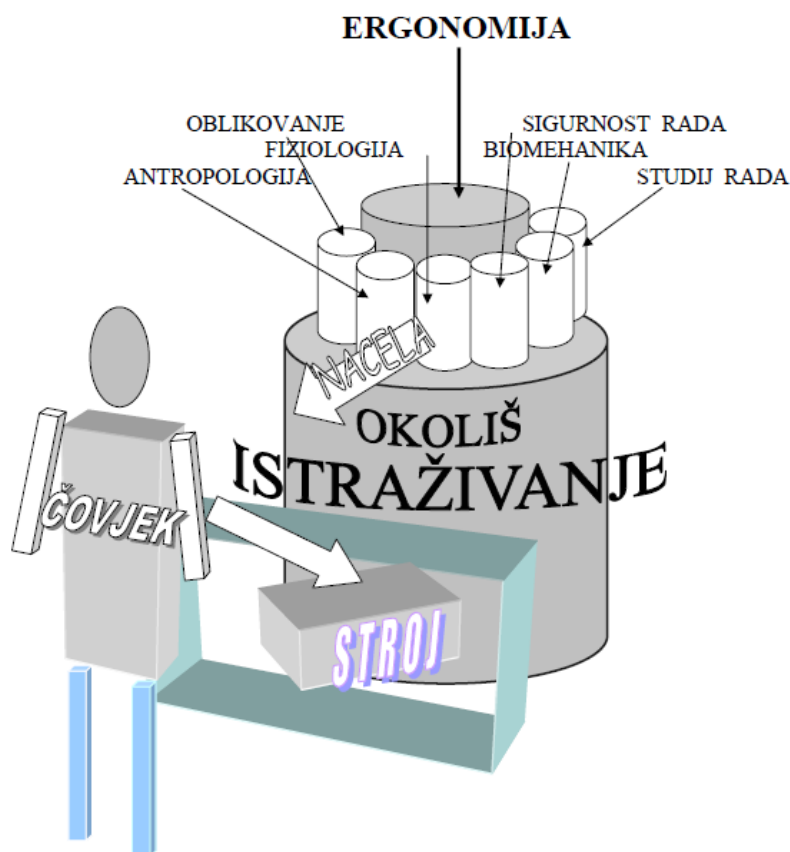


**Slika 4. Tri vrste softverskih modula koje su uključene u UmtPlus [4]**

*Slika 4.* prikazuje vrste softverskih modula koje uključuje UmtPlus. Prvi omogućuje jednostavno stvaranje, uređivanje i upravljanje bilo kojim brojem konfiguracija s računala za izvršenje studija. Drugi modul omogućuje prikupljanje podataka za mjerenje vremena rada putem mobilne aplikacije za iOS, Android ili druge tablete i pametne telefone. Treći modul omogućuje pregledavanje izvješća i grafova te lako manipuliranje podacima za analizu na računalima.

## 5. ERGONOMIJA

Težnja da se posao organizira i obavlja tako da se smanji trošenje energije i umor pojavila se od samih početaka kada je čovjek morao obavljati neki rad. Na području organiziranja rada, rad će moći napredovati samo ako se uz poboljšanja metoda rada i uvođenja novih strojeva, naprava i alata poboljšaju i uvjeti rada, odnosno radno mjesto, rukovanje materijalima i alatima i okolina se prilagode čovjeku. Razvojem više znanosti poput psihologije, fiziologije, biologije i antropologije koje su usko povezane uz čovjeka, uviđa se kako je potrebno objediniti sve te znanosti sa novim multidisciplinarnim znanstvenim područjem kako bi se postigli optimalni rezultati u radu [8]. Tako je usvojen novi pojam ergonomija.



Slika 5. Shema djelatnosti ergonomije [5]

Ergonomija je znanstveno područje u kojem se multidisciplinarnim istraživanjima djelovanja tehnike, tehnologije i okoline na čovjeka i interdisciplinarnim donošenjem ergonomskih načela nastoje uskladiti odnosi u sustavu čovjek - radno mjesto sa svrhom da se humanizira rad (Slika 5.). Humanizirani rad će se postići, ako se stvore takvi uvjeti u kojima je osigurana prilagođenost radnih mjesta čovjeku te da se u realnom vremenu može izvesti taj rad

uzimajući u obzir potrebe i odmore u toku rada[1]. U industrijski razvijenim državama ergonomija i ergonomska načela intenzivno se primjenjuju.

### **5.1. Povijest ergonomije**

Pojam ergonomija, što u prijevodu znači "proučavanje rada", prvi je upotrijebio poljski znanstvenik B. W. Jastrzebowski 1857. godine kao znanstvenu disciplinu sa širokim područjem primjene u svim ljudskim aktivnostima koje uključuju rad.

Još prije Jastrzebowskog su se javljali ljudi koji su shvaćali važnost organiziranja rada. Leonardo Da Vinci (1452.-1519.) znao je da čovjek koji radi treba predahe te je to uzimao u obzir kod određivanja vremena potrebnog za određeni rad. Galileo Galilei (1564.-1642.) tumačio je da zamor mišića nastaje zbog nošenja i gibanja mišića. Francuski fizičar i kemičar, Lavoisier (1743.-1794.), pronalazi fiziološko mjerilo za količinu rada, to jest kvocijent između udisanog i izdisanog rada.

Prvi ergonomski koncepti, koji pomažu radnicima da povećaju produktivnost, izdani su 1900. U to vrijeme, industrija je iziskivala velike fizičke napore svojih radnika. Znanstveni menadžment, metoda koja čini svoje zaposlenike efikasnijim tako što poboljšava radni proces, postaje sve popularnija. Primjena ergonomije tako započinje u 20. stoljeću kao posljedica vojne nužnost zbog velikih svjetskih ratova koji su se zbivali u to vrijeme. Od 60-ih godina, disciplina se širi na računalnu opremu, zbog povećanog razvoja i korištenja tehnologije.

### **5.2. Veza između ergonomije i studije rada**

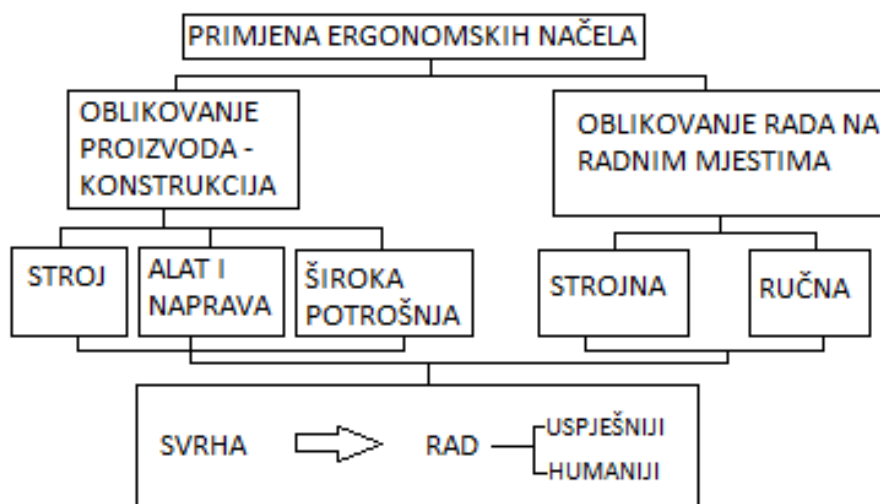
Studij rada prvenstveno se fokusira na istraživanje načina na koji se neka aktivnost izvodi, pojednostavljenja ili modifikacija metoda operacija kako bi se smanjile nepotrebne aktivnosti koje ne pridonose vrijednosti proizvoda [1]. Jedna od povezanosti ergonomije i studije rada *povećanje je produktivnost radnika*. Implementiranjem procedura studije rada na izabrano radno mjesto ili proces započinje snimanjem direktnih zapažanja svega što se događa, kako bi se ti podaci kasnije mogli analizirati. Snimani podaci se kritički analiziraju te se preispituje sve što je napravljeno, mjesto izvođenja posla, radnik koji izvodi posao te način na koji je rad izveden. Rješenje, odnosno odabrana najekonomičnija metoda, problema može biti upravo ergonomski oblikovano radnog mjesto. Poznato je da se upravo ergonomija bavi smanjenjem umora i neudobnosti radnika, a upravo ti problemi mogu smanjiti efektivnost i produktivnost. Upravo oni mogu biti jedni od ključnih problema koji su definirani primjenom metoda studija rada.

### 5.3. Projektiranje tehnoloških procesa

Poput ergonomije i studije rada, projektiranjem tehnoloških procesa također se želi povećati produktivnost i to na način da se izabere optimalan redoslijed izvođenja proizvodnih operacija i kontrole kvalitete. Primjenjivanjem rješenja tehnološkog procesa u vremenu i prostoru može znatno utjecati na način izvođenja radnje nekoga radnika. Tako se na primjer, pravilnih redoslijedom strojeva može smanjiti zamor odnosno nepotrebno kretanje radnika koji moraju dostaviti materijal, odnosno obradak na novo radno mjesto.

### 5.4. Ergonomska načela

Ergonomska načela primjenjuju se za oblikovanje proizvoda odnosno konstrukcija i oblikovanje rada na radnim mjestima (Slika 6.). [1]



Slika 6. Primjena ergonomskih načela [1]

Pri konstruiranju ergonomskih elemenata moraju se uzeti u obzir karakteristike radnika, zadatak koji se mora ispuniti i okolina u kojoj će se zadatak izvršiti.

Neki od tipičnih proizvoda odnosno elemenata koji imaju uključen zahtjev ergonomičnosti su stolice, stolovi, oprema, alati, kontrolni sustavi, računala (tipkovnice, LC/monitori, miševi, tableti, pametni telefoni, zabavna elektronika: foto i video oprema, HI FI uređaji, "playstation"). Potom i prolazi, prozori i oprema za grijanje i ventilaciju što čini dio projektiranja proizvodnih sustava.

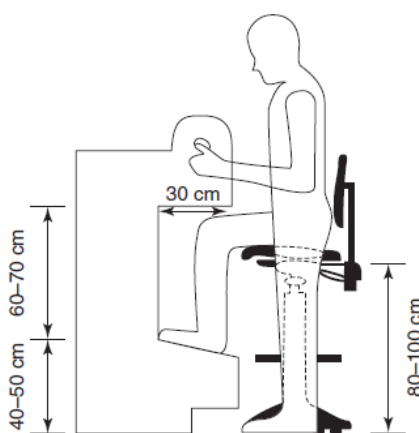
Prednosti ergonomičnog radnog mjesta su: smanjenje fizičkog opterećenja i sa njime povezana naprezanja na ljude, povećanje produktivnosti i efikasnosti, promoviranje zdravlja zaposlenika, smanjenje bolovanja, olakšano izvršenje zadataka, jednostavna i brza izmjena informacija u radnoj okolini te olakšano korištenje različitih elemenata u radnoj okolini.

Ako se uz ergonomične kriterije dodaju financijski i estetski problemi, uspješno konstruiranje radnog mjesta postaje izuzetno kompleksno.

#### 5.4.1. Položaji tijela radnika

Kada se razmatraju karakteristike radnika, promatraju se četiri moguća položaja tijela: sjedenje, stajanje, rukovanje, kretanje. Unatoč tome što ne postoji idealni položaj, postoje položaji koji su više udobni i zdraviji od drugih. Ergonomska istraživanja ciljaju na identificiranje tih položaja i formuliranje zahtjeva i načela koja se trebaju razmotriti tijekom dizajniranja radnog mjesta. Sa takvim konstruiranjima promiču se zdravi radni položaji i ograničava se usvajanje nezdravih položaja.

Središnje pitanje ergonomskog dizajna radnog mjesta je položaj koji će radnik usvojiti. Donijete odluke tijekom dizajniranja radnog mjesta utjecati će u velikoj mjeri na položaje osoba koje će raditi na tim radnim mjestima. Dva najčešća radna položaja su sjedenje i stajanje. Između dva, sjedenje je naravno ugodnije. Međutim, postoje dokazana istraživanja da dugotrajna i učestala sjedenja kroz dulje vremensko razdoblje rezultiraju nelagodnom, bolovima pa čak i nepovratnim ozljedama. Zbog toga bi idealno radno mjesto trebalo omogućiti izvođenje rada u sjedećem i/ili stojećem položaju te ako je to moguće da se visina radnog mjesta mora oblikovati na način da čovjek istovremeno može sjediti i stajati te raditi neometano. Svakom radniku se mora osigurati sjedalo koje je podesivo kako bi se moglo prilagoditi različitim antropometrijskim karakteristikama kako i različite visine rada. Sjedalo mora pružati stabilnost radniku te mu mora omogućavati slobodu kretanja. Poželjno je da sjedalo ima naslone za ruke i ako je to moguće trebala bi postojati podloga za noge.



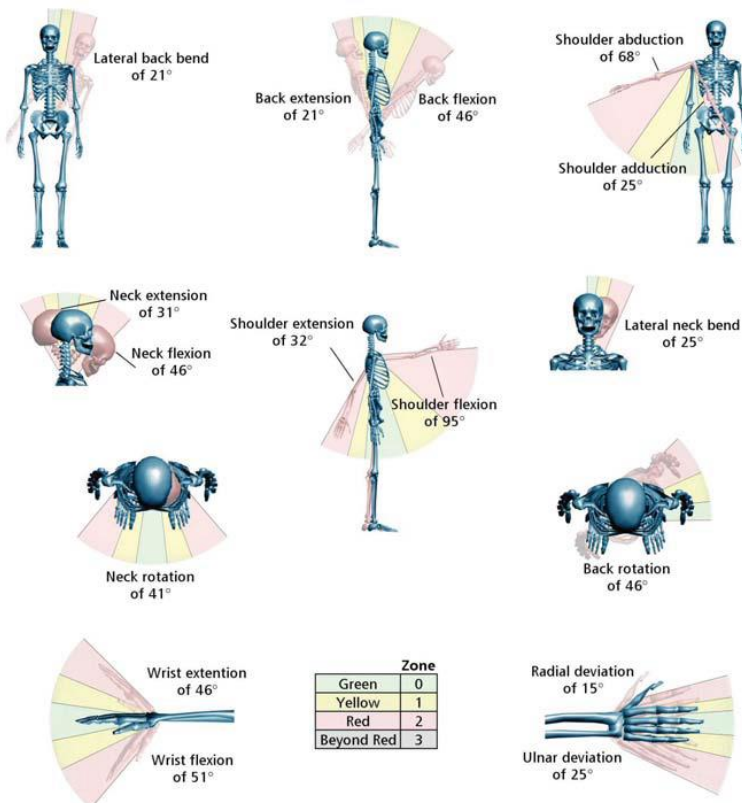
**Slika 7. Ergonomično radno mjesto za sjedenje i stajanje [7]**

Slika 7. predstavlja na koji način se mogu ispuniti prethodni zahtjevi ergonomično oblikovanog radnog mjesta za sjedenje i stajanje. Dane su visine stolca, podloge za noge i visina radnog stola.

Radne kontrole, kojima upravljaju radnici, bi se morali lako pronaći i protumačiti. Potrebno ih je lako dosegnuti i podesiti u odnosu na standardnu sjedeću radnu poziciju. Smjer rada kontrola treba biti logičan i samo bi se nekoliko pokreta trebalo koristiti za te kontrole. Za podešavanje kontrola ne smiju biti potrebni posebni alati, a oznake i upute o namještanju trebaju biti lako razumljive. Pravilnim sjedenjem i ispunjenim zahtjevima za korištenje radnih kontrola dolazi se do maksimalnog iskorištenja radnog mjesta, odnosno, mogućnostima koje nude posebno konstruirana sjedala.

Osim za sjedeća i stojeća radna mjesta postoje i posebne ergonomske preporuke za sva ostala radna mjesta. Ako je moguće, visine radnih mjesta trebale bi biti prilagodljive kako bi odgovarale pojedinačnim fizičkim dimenzijama i preferencijama. Radna mjesta moraju biti na razini tako da je radna visina jednaka visini laktova, kada su ramena opuštena. Potrebno je također da radno mjesto osigura adekvatan razmak za bedra koja se nalaze ispod radnih površina.

Za obavljanje rada potrebno je primijeniti onaj položaj koji zahtjeva najmanji utrošak energije te *monoton i statički rad* zamijeniti *dinamičkim radom*. Stojeći rad bi se trebao zamijeniti sa sjedećim gdje god je to moguće. Ako se to ne može ispuniti, potrebno je osigurati stolicu u slučaju umora radnika. Pri stojećem radu potrebno je obraćati pozornost na saginjanje radnika, što je neprirodan položaj odnosno dolazi do velikog opterećenja kralježnice. Ruke bi se trebale osloboditi radnji, te ako je moguće rad obaviti pomoću alata. Ako to nije izvedivo, poželjno je da se koriste obje ruke istovremeno. Pokreti ruku trebaju biti simultani i u položaju najmanjeg opterećenja za pojedine zglobove ruku. Alati, materijali i predmeti rada moraju biti smješteni tako da se lako mogu dohvatiti te moraju biti smješteni tako da ruke ne moraju vršiti suvišan posao držanja i premještanja. Monotone radove bi se trebalo zamijeniti sa nekom drugom vrstom rada. Predmeti rada se moraju nalaziti unutar granica *vidnog polja čovjeka* što je u tom slučaju 55° prema gore, 45° prema dolje i 60° na desno i lijevo. [1]



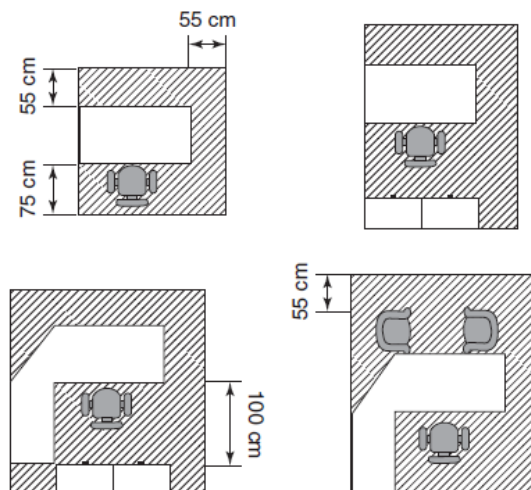
**Slika 8. Najpovoljniji položaji ljudskog tijela za različite zglobove [8]**

Na slici 8. prikazani su najpovoljniji položaji za zglobove koji su najviše opterećeni s obzirom na različite vrste radova.

#### 5.4.2. Oblikovanje radnih mjesta

Osim ergonomičnih elemenata, za normalan rad također je potrebno napraviti i raspored radnih mjesta odnosno smještaj i orijentaciju radnih mjesta u određenom prostoru. Glavni ergonomski zahtjevi koji se odnose na ispunjavanje zadataka, organizaciju rada i okolišne faktore su [7]:

- raspored radnih mjesta treba olakšati radni tok,
- raspored radnih mjesta treba olakšati suradnju između radnika,
- raspored radnih mjesta treba biti u skladu s organizacijskom strukturom,
- raspored treba osigurati potrebnu privatnost,
- treba postojati odgovarajuća rasvjeta, za efikasno obavljanje zadataka,
- osvjetljenost treba biti ujednačena tijekom cijele godine,
- ne bi trebalo biti ometajućih refleksija ili prigušenja svjetla u radnom području,
- ne bi trebalo biti neugodno vruće ili hladno na radnom mjestu,
- pristup radnim mjestima treba biti neometan i siguran.



**Slika 9. Primjer dizajniranja radnih mjesta[7]**

Cilj dizajniranja radnih mjesta je zadovoljavanje potreba radnika (Slika 9.). Svaki radno mjesto sastavljeno je od odgovarajućih elemenata potrebnih za obavljanje rada poput stola, sjedala, ormara za odlaganje i bilo koje druge opreme potrebne za rad. Mora biti osiguran slobodan prostor oko namještaja za prolaze između radnih mjesta kao i za nesmetano sjedenje i ustajanje sa sjedala.

## 5.5. Softveri za ergonomiju

Skupi gubici u proizvodnji, pogreške, otpad, ozljede na radnim mjestima i nizak moral prijetnje su bilo kojim poslovima. Precizno dijagnosticiranje i izbjegavanje pogrešaka je ključ uspjeha. Ergonomski programi pomažu tvrtkama u stvaranju i održavanju radnih sustava u kojima zaposlenici i njihove tvrtke napreduju.

### 5.5.1. Cority

Cority softver daje rješenja koja štite dobrobit radnika i okoliša, te osiguravaju globalnu sukladnost s brzim razvojem zahtjeva i unapređuje održivost i operativnu izvrsnost na području okolišnog menadžmenta, zdravlja ljudi, sigurnosnog menadžmenta, industrijske higijene, kvalitete i ergonomije [9].

Kako bi pomogao da se zaposlenici zadrže zdravima, Corityjevo ergonomsko rješenje omogućuje upravljanje i ublaživanje ergonomskog rizika. Mogu se stvoriti kontrole rizika, obaviti revizije i inspekcije s cjelovitim rješenjem koje upravlja ergonomskim rješenjem. Ergonomski softver Cority omogućuje ljudima, koji se bave ergonomijom, kompletno rješenje za učinkovito upravljanje ergonomskim prikupljanjem i procjenama podataka.

Ergonomisti su ovaj softver prilagodili procesima i tijekovima rada, koji su specifični za ergonomiju, te se softver može lako konfigurirati kako bi se zadovoljili zahtjevi organizacija,



osobnih preferencijama ili oboje. Rješenja koja nude su napravljena s unaprijed izgrađenim funkcijama i automatiziranim mogućnostima kako bih se identificirali i spriječili ergonomski rizici na radnim mjestima. Tvrtka Cority pokušava stvoriti bolju radnu okolinu koja će zaposlenicima pomoći da budu zdravi i produktivni.

Ergonomična rješenja koja omogućuje Cority su:

- upravljanje ergonomskim revizijama i inspekcijama na razini organizacije kao i individualnim ergonomskim procjenama,
- upravljanje ergonomskim procjenama rizika i učinkovito ublaživanje ergonomskih rizika,
- snimanje svih ergonomskih podataka koje zahtijevaju gradnju konfiguriranih fleksibilnih alata uključujući alate za procjenu rizika i kontrolne liste provjere,
- konsolidiranje ergonomskih nalaza i djelovanje u jednom logičkom sučelju,
- učinkovito provođenje ergonomskih kontrola rizika.

### 5.5.2. *Ergoweb*

Ergoweb je fleksibilan softverski sustav koji potiče kontinuirani radni proces s poboljšanjima za ergonomske procese s detaljnim smjernicama za dizajn radnog mjesta, ergonomske procjenu rizika, istraživanje poboljšanja i procesnu dokumentaciju [10]. Softver potiče kontinuirani radni tijek poboljšanja za proizvodne i montažne okoline. Koriste ga veliki i mali timovi s različitim stupnjevima ergonomske znanja i potreba, od zaposlenika do inženjera.

Softver sadrži 2D statistike *biomehaničkih metoda za donji dio leđa, rame i cijelo tijelo, analizu mišićnih umora, jednadžbe za podizanje predmeta, tablice za podizanje, spuštanje, guranje, nošenje i žensku snagu zahvata*. Koristi se u američkoj automobilskoj industriji odnosno proizvodnji zbog metoda metaboličke i fiziološke potrebe.

Neki od njihovih poznatijih klijenata su *Disney, Ford, Texas Instruments, Coretec, Monsanto, Kuka, Visteo i mnogi drugi*.

## 6. JACK PROGRAM

Posebnu pozornost posvetit će se Jack programu te će se on zasebno obraditi u posebnoj poglavlju kako bi se pobliže upoznao način njegova rada i sve mogućnosti koje pruža. Spomenute mogućnosti će se kasnije iskoristiti na konkretnom slučaju.

Jack je program tvrtke Siemens za ljudsku simulaciju i ergonomiju. Omogućuje poboljšanje sigurnosti, efektivnosti i udobnosti u radnoj okolini koristeći digitalne ljudske modele. Sa Jackom je moguće analizirati radno okruženje pomoću virtualnih osoba čije se dimenzije mogu mijenjati kako bi odgovarale različitim karakteristikama populacije. Postoji mogućnost testiranja dizajna i operacija za širok raspon ljudskih čimbenika, uključujući rizik od ozljeda, vrijeme, udobnost korisnika, dostupnost, vidljive linije, potrošnju energije, ograničenja umora i druge važne parametre.

Neke od njegovih mogućnosti su:

- ljudske figure sa mogućnosti promjene dimenzija koje su antropometrijski i biomehanički točne,
- podupire ergonomsku analizu korisnikove radne snage pomoću specifične baze podataka stanovništva određenih zemalja i naprednim antropometrijskim skaliranjem,
- sadrži širok raspon alata za ergonomsku analizu,
- sadrži napredni algoritam za držanje predmeta koji može analizirati kako tijelo reagira na podražajnu silu u određenom smjeru,
- omogućuje upravljanje širokim rasponom scenarija na radnom mjestu koje uključuju rad u različitim položajima, na stepenicama i rampama,
- analiza vidnog polja
- omogućuje brzu konfiguraciju radnog mjesta
- obuhvaća hardversku podršku za hvatanje pokreta u virtualnoj stvarnosti, te je kompatibilan sa softverom Microsoft Kinect.

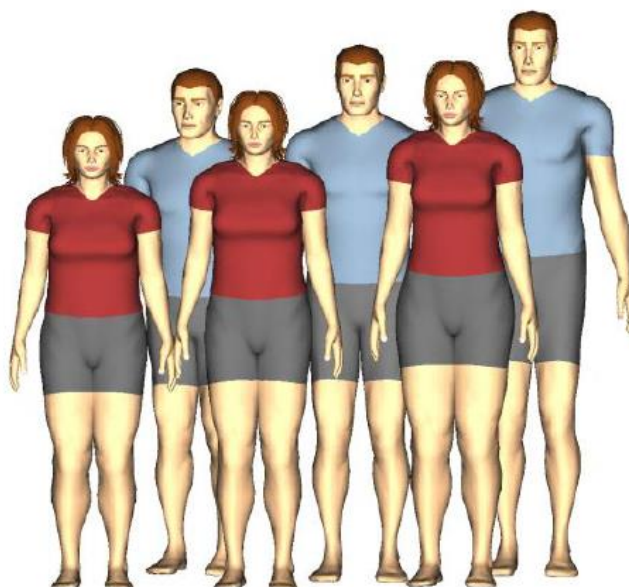
Glavne prednosti Jack programa su sljedeće:

- poboljšavanje ergonomskih standarda tijekom projektiranja, razvoja proizvoda i u fazama proizvodnje,
- omogućuje izbjegavanje dodatnih troškova ranim otkrivanjem problema sa ljudskom izvedbom i problema s dosegom,

- unapređuje komunikaciju između inženjera kada se radi o pitanju kršenja sigurnosnih pravila na radnom mjestu,
- vizualno prihvaća i sprema najbolje prakse za buduće programe,
- povećava sigurnost i efikasnost radnog mjesta.

### 6.1. Upravljanje i manipulacija ljudskim likovima

Jackov ljudski model sastoji se od 71 segmenata, 69 zglobova (mnogi koji su višeosni i imaju više stupnjeva slobode) i 135 stupnjeva slobode. Jedna od Jackovih najmoćnijih obilježja je sposobnost preciznog mijenjanja obilježja ljudskih figura što omogućuje procjenu dizajna za različite veličine ljudi bez potrebe za prototipovima i ispitnim subjektima (Slika 9.)



Slika 10. Različite veličine Jacka i Jilla [11]

Antropometrija je u Jacku osobito korisna zbog Jackove sposobnosti da brzo izmijeni dimenzije tijela. To jest, može se graditi okruženje, stvoriti ljudsku figuru i odrediti ograničenja okoliša (kao što je "držite stopalo na papučicu kočnice"), a zatim promijeniti mjerenja ljudske figure. Najnovija antropometrijska skala omogućuje kontrolu ne samo visinom i težinom već i oblikom likova.

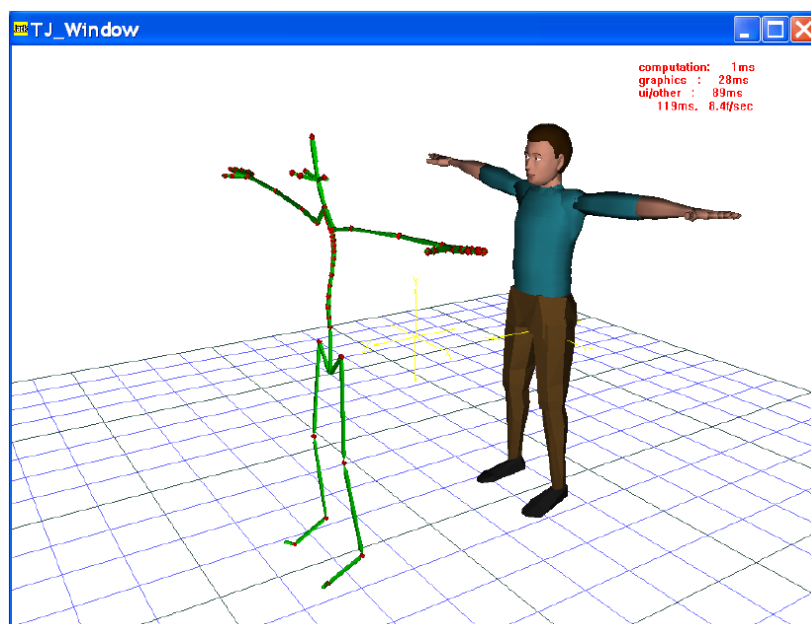
Antropometrijska baza podataka za ljude, koja se može pronaći u Jacku, preuzeta je iz sljedećih izvora:

- a) ANSUR (*Army Natick Survey User Requirements*) 1988 antropometrijska baza podataka,
- b) NHANES: antropometrijska baza iz nacionalnog i prehrambenog ispitivanja(1990),
- c) antropometrijska baza Kanadske kopnene snage (1997),

- d) antropometrijska baza koja predstavlja Sjevernoameričku automobilsku radnu populaciju,
- e) kinesku: antropometrijska baza koja predstavlja mušku kinesku populaciju od 18 do 60 godina i žensku kinesku populaciju od 18 do 55 godina,
- f) azijsko-indijsku antropometrijsku bazu,
- g) njemačke antropometrijske baze,
- h) japanske antropometrijske baze,
- i) korejske antropometrijske baze.

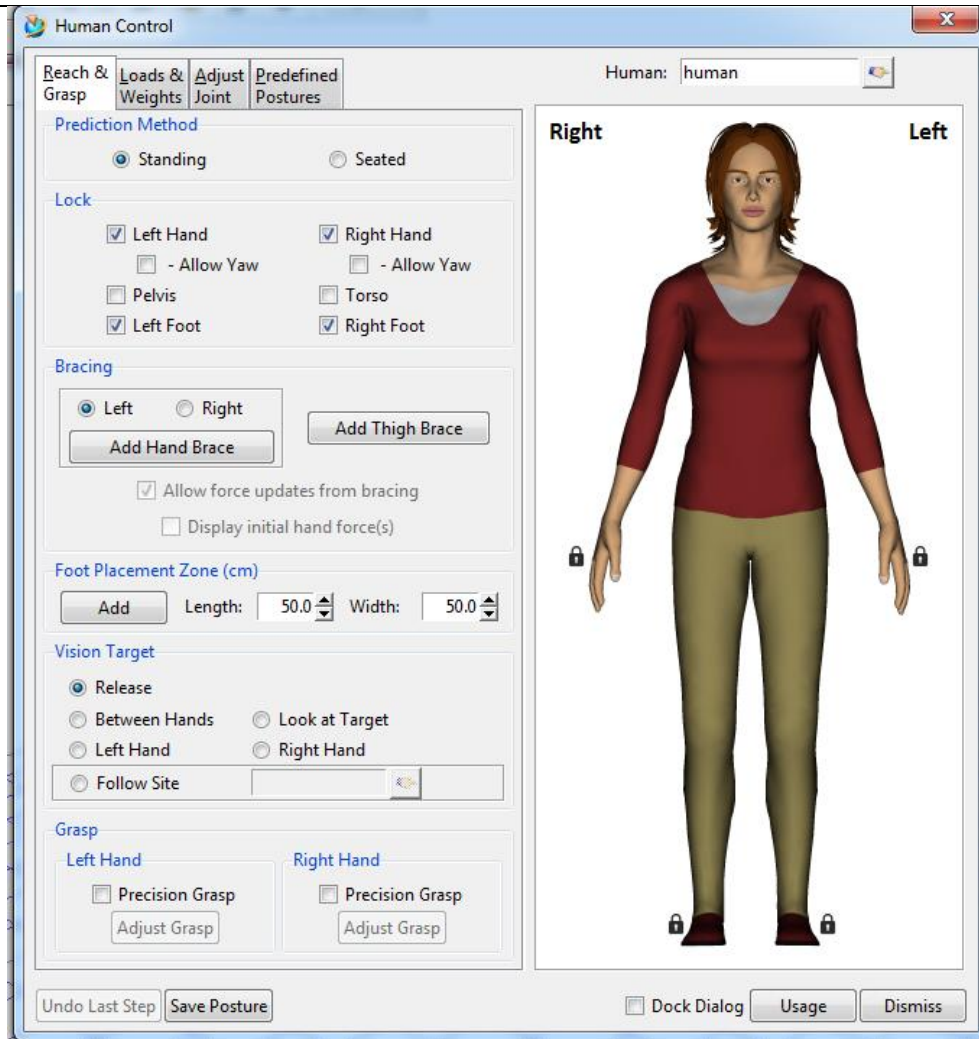
U Jacku su ljudske figure slične kao svi ostali tipovi figura, osim što imaju unaprijed definirane stranice, segmente, zglobove i ograničenja. Postoje posebni načini kako je njima moguće manipulirati.

Figure sa zglobovima imaju osnovnu strukturu povezivanja koja se može prikazati u Jacku. Prikazane su zajedničke lokacije i struktura segmenata između tih spojeva.



**Slika 11. Pogled ljudskog kostura [11]**

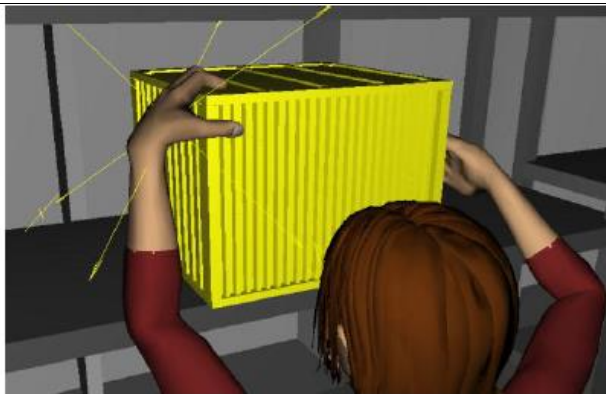
Ljudska upravljačka ploča omogućuje brzi i jednostavan položaj, razne naredbe koji se koriste za kontrolu likova. Uz staru upravljačku ploču uključena su i ljudska ponašanja, podešavanje zglobova, okvire za rukovanje, biblioteke držanja i predviđanje položaja na temelju sile (*Slika 11.*)



**Slika 12. Ljudska upravljačka ploča [13]**

Svaka kartica na upravljačkoj ploči sadrži zbirku korisnih opcija za držanje i kontrolu ljudskog modela (Slika 12.).

Kartica "dosegnuti i uhvatiti" omogućuje određivanje sjedenja ili stajanja figure (Slika 13.). Omogućuje odabir dijelova tijela za zaključavanje, a to znači da se to područje tijela neće mijenjati dok se ne poduzmu druge prilagodbe u položaju. U zoni za postavljanje stopala, kada se učita, pojavit će se crvena zona na napravljenoj sceni koja će koristiti kao prepreka za noge tijekom predviđanja položaja. Vizija meta omogućuje odabir izgleda ljudske figure u određenom položaju. Moguća je još naredba uhvatiti kojom ljudska figura dolazi do lokacije i hvata lik ili segment koji je izabran.

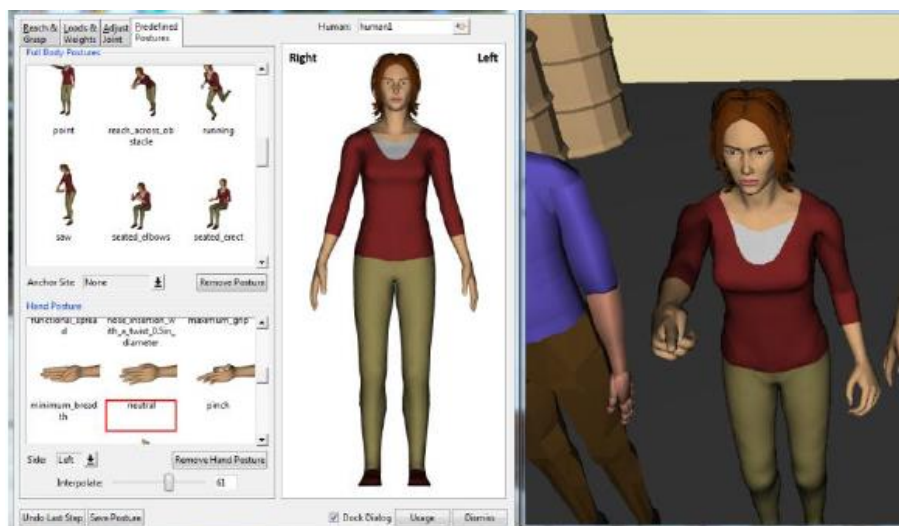


**Slika 13. Primjer načina primanja objekta [11]**

U kartici opterećenja i težine može se dodijeliti određena sila čovjeku. Strategija distribucije snage omogućuje pravilno postavljanje stojećeg položaja odnosno strategije figure, kako bi se opterećenja ispravno procijenila i prenijela na alat za ljudsku analizu poznat kao TAT (**eng. Task Analysis Toolkit**). Taj alat se koristi u proizvodnim zajednicama za dizajniranje boljih radnih mjesta i povećanja sigurnosti radnika.

U kartici podešavanje zglobova mogu se ručno podesiti pojedinačni kutevi zglobova na čovjeku.

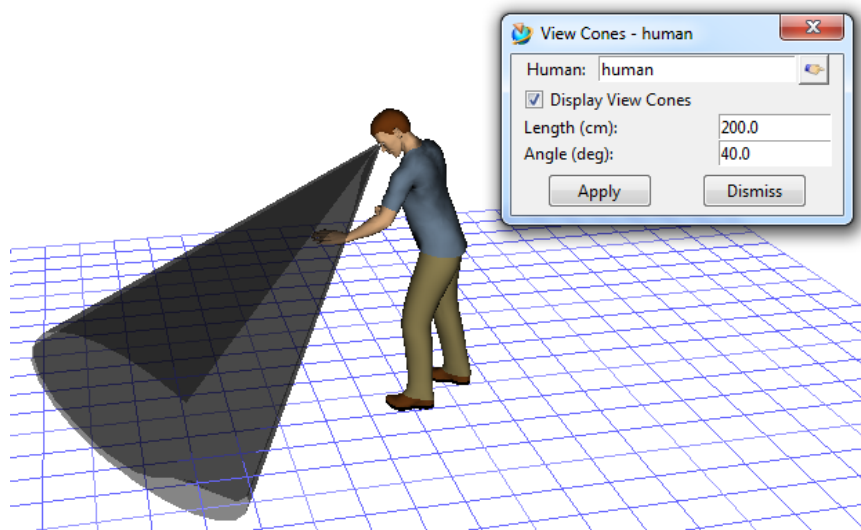
Zadnja kartica u ljudskoj upravljačkoj ploči omogućuje postavljanje položaja. Iz postojeće baze za položaj cijelog tijela ili ruku moguće je izabrati mnoge naredbe, čije su slike dane radi jednostavnije vizualizacije (*Slika 14.*)



**Slika 14. Mogući položaji tijela i ruke ljudske figure [11]**

Još jedna moguća naredba u softveru je pogled očiju. Ta naredba omogućuje pogled na to što ljudski model u Jacku može vidjeti. Za prikaz onoga što model može vidjeti, može se grafički prikazati pomoću konusa (*Slika 15.*). Taj konus proizlaze iz očiju modela i pokazuju što figura može potencijalno vidjeti. Ti stošci zapravo predstavljaju određeni vidni kut očiju figure.

Zadana pretpostavka je  $40^\circ$  i preuzeta je iz nekoliko standarda koji definiraju idealni vizualni kut u kojem se postavljaju ključni objekti.

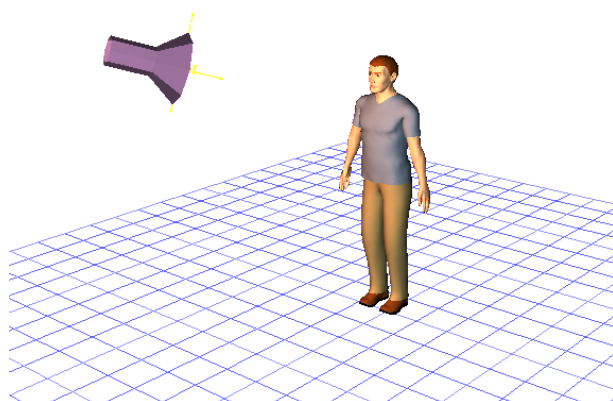


Slika 15. Pogled stošca [13]

## 6.2. Kreiranje i manipulacija objektima u radnoj okolini

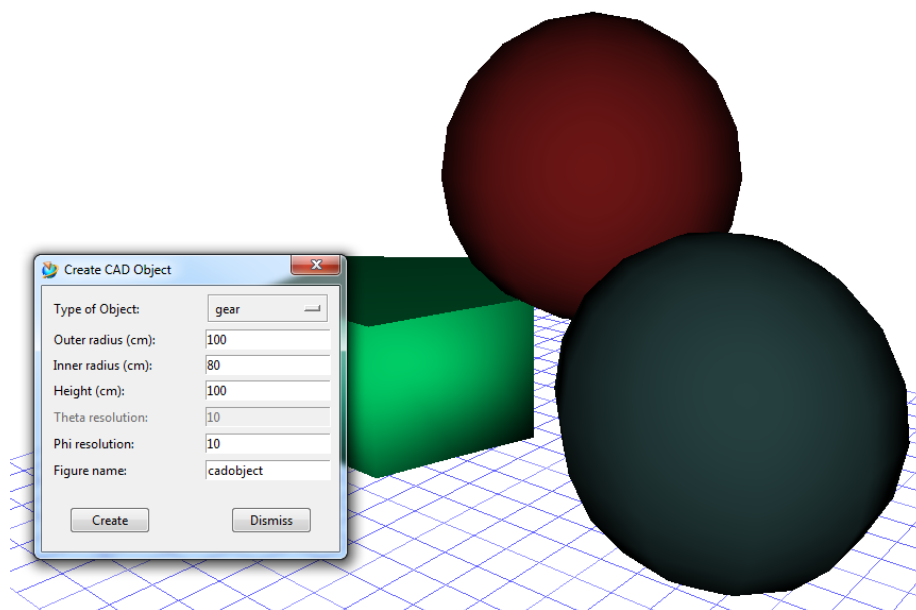
Objekti se kreiraju u kartici "Object" i "Creat" što u prijevodu znači objekt i kreiranje. Jack omogućuje kreiranje i uređivanje mjesta, zglobova, čvorova, lica i svjetla.

Kreiranje svjetla korisno je kod izrade prozirnih i nevidljivih objekata kako bi se mogli brisati i označavati važniji predmeti. Ta naredba omogućuje postavljanje boje objekata i njihov intenzitet. Također je moguće postavljanje svijeta pod određenim kutovima tako da nije cijeli objekt osvijetljen (Slika 16.)



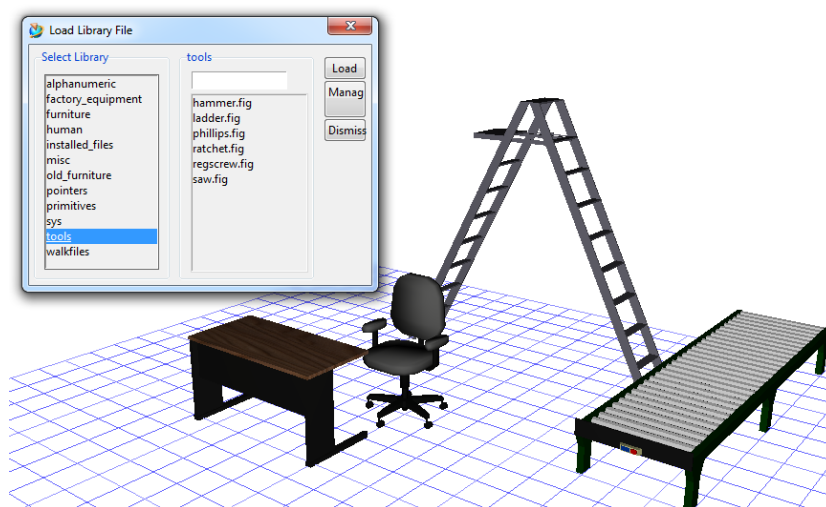
Slika 16. Kreiranje svjetla [13]

Postoji i naredba kreiranja osnovnih CAD objekata koji se nakon što se kreiraju spremaju na računalo. Oblici CAD objekata, koji se mogu kreirati su sfera, elipsoid, konus, cilindar, šuplji cilindar, toroid i prijenosnik (Slika 17.)



Slika 17. Stvaranje CAD objekata [13]

Još jedna korisna stavka koja se nalazi u Jacku je knjižnica objekata (**eng. Object Library**) koja može poslužiti jednostavnom pristupu često korištenim datotekama. U knjižnici se može pronaći razna tvornička oprema poput savijača likova, kontrolno računalo, transportne trake, dizala, uređaji, motori, drvene palete, konvejer i valjne površine. Neki od ostalih objekata koje se mogu pronaći u knjižnici su stolice i stolovi, monitori, alati poput čekića, ljestvi, pile i mnogi drugi (Slika 18.).



Slika 18. Knjižnica objekata [13]



### 6.3. Jackov alat za analizu

U većini svjetskih proizvođačkih industrija postavlja se pitanje na koji način se može poboljšati čovjekov rad tako da on bude siguran, ergonomičan, ali da je razina troškova ipak što manja. Jack je razvio alat za analizu TAT (**eng.** *Task Analysis Toolkit*) koji pomaže u dizajniranju radnog prostora za čovjekovo optimalno djelovanje.



**Slika 19.** Prikaz radnika i analize radnje (penjanje po stepenicama) [12]

U sebi sadrži ergonomske podatke koji se uspoređuju sa podacima dobivenim simuliranjem čovjekovog rada u virtualnoj radnoj okolini (*Slika 19.*). Vodeći proizvođači automobila, zrakoplova, medicinskih uređaja, teške opreme koriste Jacka kako bi u samom početku dizajnirali ergonomske proizvode te provode simulacije u kojima ne postavljaju vlastite radnike u opasnost.

Prednosti alata za analizu, koje navodi proizvođač, su:

- unapređenje trenutnog ljudskog rada, odnosno *povećanje produktivnosti*,
- *povećanje kvalitete* ljudskog rada,
- *prepoznavanje potencijalnih štetnih situacija* i smanjenje rizika od ozljeda radnika,
- *balansiranje radnih stanica*,
- *integriranje ergonomskih načela* u proces dizajna,
- *smanjenje troškova naknade* za radnika,
- *izbjegavanje skupih fizičkih prototipova* studije.

Cijeli se program bazira na već poznatim podacima ergonomske zajednice i omogućuje sljedeće vrste analiza [12]:

- *analiza zamora* pomaže u procjeni da li nakon odrađenog posla ima dovoljno vremena za odmor kako bi se izbjegla mogućnost pojave zamora radnika, a alat, s kojim se raspolaže, računa potrebno vrijeme odmora nakon određenog izvršenog posla i uspoređuje ga s dostupnim vremenom,
- *analiza donjeg dijela leđa* koristi kompleksni biomehanički model donjeg dijela leđa kako bi analizirao sile koje djeluju na kralježnicu u određenom položaju ili u određenim uvjetima,
- *ručna manipulacija materijalom* omogućuje procjenu opasnih situacija i limita tijekom manipulacije s materijalom, odnosno s teretom koje uključuju podizanje, spuštanje, guranje, povlačenje i nošenje, a alat se bazira na rezultatima dvadesetogodišnjeg istraživanja Liberty Mutual Research Center,
- *analiza trošenja energije* predviđa energetske potrebe za određen posao baziran na karakteristikama radnika i elementima rada,
- *analiza podizanja tereta* National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) vezana je za zadatke podizanja asimetričnog tereta i frekvencije takvih radnji,
- *Ovako analizira neugodne pozicije* u kojima se nalazi radnik s obzirom na teret i prirodu posla te analizira zahtjeve koji se postavljaju na leđa, ruke i noge i upozorava na hitnost primjene korekcija,
- *predodređeni vremenski standardi* pomažu u predviđanju vremena potrebnog za obavljanje određenog posla podjelom zadatka u skup pokreta čije su vrijednosti dobivene iz metoda vremenskih mjerenja (**eng. Methods-Time Measurement - MTM-1**) sustava,
- *Brza procjena gornjih udova* (**eng. Rapid upper limb assessment – RULA**) procjenjuje izloženost radnika riziku poremećaja gornjih udova, a alat se bavi držanjem, korištenjem mišića, masom tereta, duljinom i frekvencijom aktivnosti,
- *predviđanjem statičke snage* (**eng. Statis strength prediction - SSP**) procjenjuje se postotak populacije radnika koji imaju snagu obaviti određeni posao prema držanju i antropometriji koja uključuje i izračun snage zapešća,
- *ForeSolver* pruža alternativu tradicionalnoj metodi izračuna statičke snage ili angažiranosti donjeg dijela leđa te uz analizu držanja, moguće je definirati parametre

zadatka, kao što su potporne sile ili strategija stajanja kako bi se odredila maksimalna moguća sila koju čovjek može podnijeti.

#### 6.4. Testiranje unutrašnjosti vozila

Još jedan dodatak, koji je moguće posebno implementirati u Jack, je „*The Occupant Packaging Toolkit*“ (OPT) koji omogućuje analizu unutrašnjosti vozila sa simulacijom ljudi unutar njega (Slika 20.). Korištenjem ovog alata nema potrebe za izradom prototipa i provedbom fizičkih eksperimenata te se povećava produktivnost, udobnost, sigurnost i isporuka proizvoda, a smanjuju se troškovi dizajniranja.



Slika 20. Ilustracija analize unutrašnjosti vozila [12]

OPT je dodatan modul za simulaciju i ergonomiju koji u sebi sadrži dodatke za provedbu raznih analiza. Moguće je uspoređivanje vlastitih vozila s drugim vozilima koristeći SAE alate. Moguće je predvidjeti držanje putnika u vozilu i procijeniti udobnost. Također je uključena i analiza što ljudski modeli mogu dohvatiti i vidjeti. Analiza vidnog polja je jako razvijena, a omogućuje brzo generiranje trodimenzionalnih zona koji detektiraju vidljiva i nevidljiva područja i dobiva se povratna informacija koliko je vidljiv zadani cilj.

## 7. PRIMJER RADA U JACK SIEMENS

Kako bi se pobliže upoznali sa prethodno razrađenim temama o studiju rada i ergonomiji te njihovim programima, provodila su se mjerenja u tvrtki Končar MES d.d. Radno mjesto koje se proučavalo je bila montaža trofaznih kavezni asinkronih motora. Mjerenja vremena rada u montaži provodila su se u kraćem vremenskom periodu u kojemu su sudjelovali mali broj radnika, tako da će se za potrebe rada u Jack Siemens uzeti *prosječne veličine radnika*.

### 7.1. Končar MES i trofazni kavezni asinkroni motori

Končar- MES d.d je hrvatska tvrtka koja se bavi proizvodnjom elektromotora ventilatora i pogona [14]. Imaju razvijen, fleksibilan proizvodni program koji je podržan razvojem i unapređenjem tehnologija i proizvodnih procesa kojima ostvaruju ciljeve te su u mogućnosti prilagoditi se različitim zahtjevima kupaca i tržišta. Kako bi postigli zadane ciljeve imaju jasno razvijenu misiju, viziju i strategiju pomoću kojih je njihova proizvodnja i razvoj proizvoda prema najnovijim europskim standardima što im omogućuje kontinuirani razvoj i poslovnu stabilnost kroz zadovoljavanje specifičnih potreba kupaca. Veliku važnost pridaju kvaliteti vlastitih proizvoda koju postižu ulaganjem u nove tehnologije te organizacijom i motivacijom zaposlenika što rezultira i smanjenjem troškova proizvodnje.

Trofazni asinkroni kavezni motori jedni su od vrsta elektromotora koji se proizvode u Končar-MES. Imaju potpuno zatvorenu izvedbu i hlađeni su vlastitim ventilatorom. Imaju široku primjenu u dijelovima proizvodnih i procesnih aktivnosti u industriji te u brodogradnji. Odlikuju se visokom kvalitetom upotrebljenih materijala, podmazanim ležajevima za dulji vijek trajanja, završnim premazom otpornim na utjecaje vremena i koroziju te izolacijskim sustavom visoke dieletričke čvrstoće za rad preko frekvencijskog pretvarača.

### 7.2. Vremena rada i radno mjesto

Za vremena rada računala se montaža motora 5.4 AZ 63B-4 čija je serija bila 50 komada sklopa. Uzeto je u obzir normalno zalaganje radnika te će biti prikazana vremena izrade 10 komada radi takvog organiziranja radnog mjesta izvođenja montaže. Vrijeme rada je mjereno u mobilnoj verziji aplikacije SimData koja je opisana u trećem poglavlju (*Slika 21.*). U SimData se upisao svaki proces zasebno te je prikazano točno vrijeme početka i završetka svake pojedine radnje. Korištenjem ovakvih programa tvrtke mogu odrediti točno vrijeme norme izvedbe svakog posebnog procesa.

DATA COLLECTION		NEW PROCESS		
Define Process:	rotor	rotor	stavljanje opru	stavljanje vijka
Object (Optional):	None	Start: 9.2.2018. 8:24:09	Start: 9.2.2018. 8:23:17 End: 9.2.2018. 8:23:34	Start: 9.2.2018. 8:15:46 End: 9.2.2018. 8:22:14
Resource (Optional):	None	stavljanje stit	semeri na stito	stavljanje brtvi
		Start: 9.2.2018. 8:13:35 End: 9.2.2018. 8:14:49	Start: 9.2.2018. 8:06:38 End: 9.2.2018. 8:12:06	Start: 9.2.2018. 8:03:49 End: 9.2.2018. 8:05:30
	Add			
	Delete			

**Slika 21. Računanje vremena rada u SimData**

Montaža 10 poredanih motora odvija se na stolu te radnik obavlja zaseban proces na svakom od 10 proizvoda prije nego prelazi na drugi proces (Slika 22.).

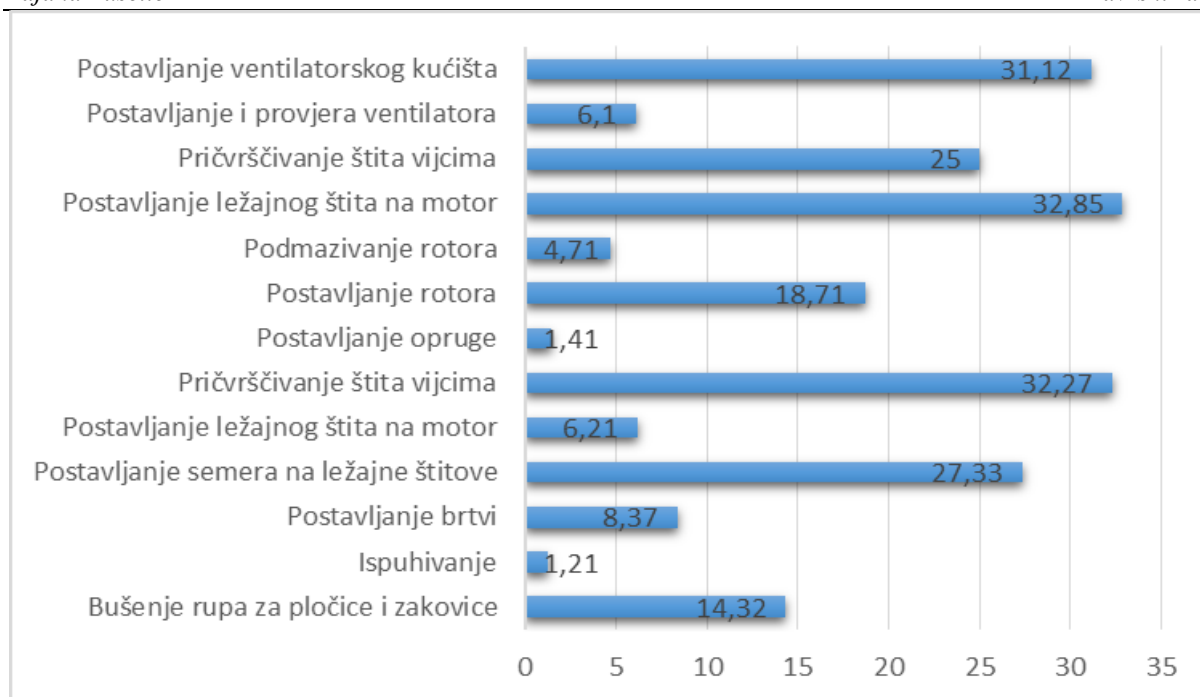


**Slika 22. Radno mjesto montaže motora 5.4 AZ 63B-4 (autorica TL)**

U sljedećoj tablici 1 biti će prikazana vremena od prve operacije montaže motora do zadnje operacije za 10 komada te za cijelu seriju.

**Tablica 1. Vremena operacija za montažu motora 5.4 AZ 63B-4**

Operacija	Vrijeme operacije za 10 komada/s	Ukupna norma za seriju/min
Bušenje rupa za pločice i zakovice	171,79	14,32
Ispuhivanje	14,49	1,21
Postavljanje brtvi	100,42	8,37
Postavljanje semera na ležajne štitove	327,9413	27,33
Postavljanje ležajnog štita na motor	74,51	6,21
Pričvrščivanje štita vijcima	387,29	32,27
Postavljanje opruge	16,95	1,41
Postavljanje rotora	224,54	18,71
Podmazivanje rotora	56,55	4,71
Postavljanje ležajnog štita na motor	394,24	32,85
Pričvrščivanje štita vijcima	299,91	25
Postavljanje i provjera ventilatora	73,17	6,1
Postavljanje ventilatorskog kućišta	373,48	31,12
		$\Sigma=209,61$



**Slika 23. Vrijeme pojedinih radnji u montaži za cijelu seriju**

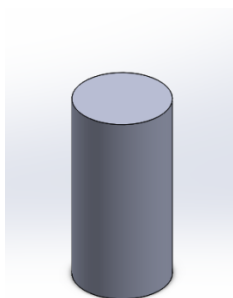
### 7.3. Prikaz rada u Jack Siemens

Svi potrebni dijelovi za montiranje motora poput vijaka, rotora, opruge, ventilatora, kućišta nalaze se u neposrednoj blizini radnika. Uredno su poslagani na stolu pokraj ili na kolicima koja se nalaze u blizini radnog stola. S obzirom da se kolica mogu voziti, radnik je u mogućnosti približiti ih, kada je potrebno, te na taj način smanjiti nepotrebna kretanja. Za analizu ergonomskih načela u programu Jack Siemens izmjerene su dimenzije radnog stola, pomoćnog stola za držanje alata, kolica za držanje određenih dijelova poput ventilatora, rotora, ležajnih štitova i kućišta, dimenzije pomoćnog stolića koji služi za lakše izvođenje pojedinih operacija, te dimenzije kolica za spremanje gotovih proizvoda. S obzirom na različite operacije, postoje različita naprezanja i opterećenja radnika (*Slika 23.*).

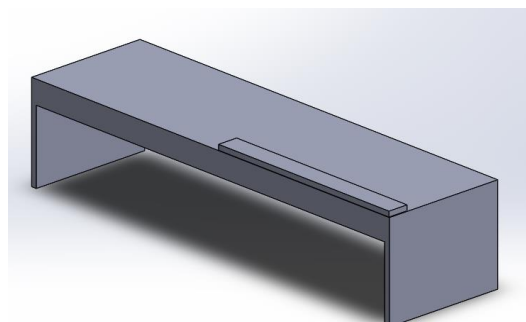


**Slika 24. Položaj radnika kod postavljanja kućišta (autorica LT)**

U Jack Siemens će se promatrati operacija prebacivanja gotovih proizvoda na kolica koja su neposredno u blizini radnog stola. Radi pojednostavljenja radnog stola, kolica, stolića i samog proizvoda, uzet će se osnovni, jednostavni oblici čije će dimenzije prikazivati stvarne dimenzije prethodno navedenih dijelova.

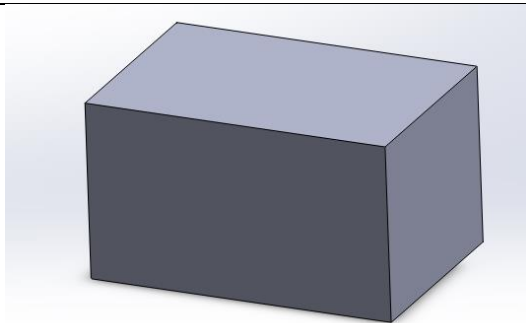


**Slika 26. 3D prikaz proizvoda**

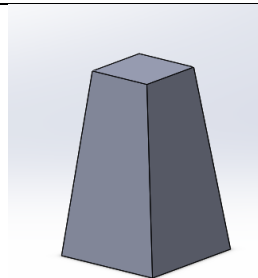


**Slika 25. 3D prikaz radnog**



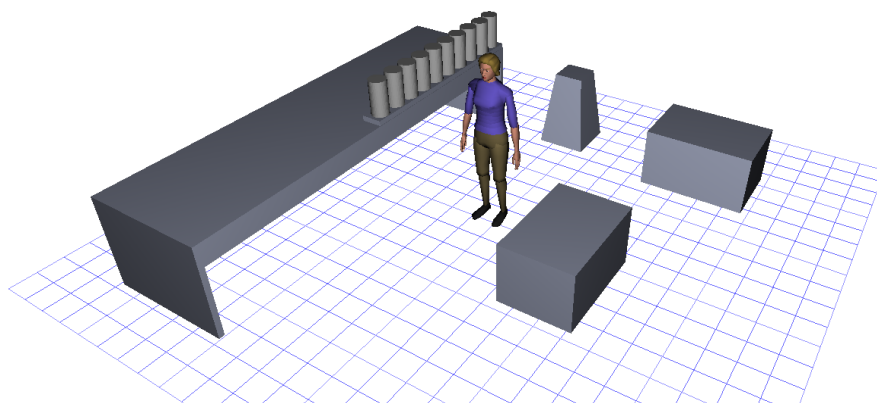


Slika 28. 3D prikaz kolica

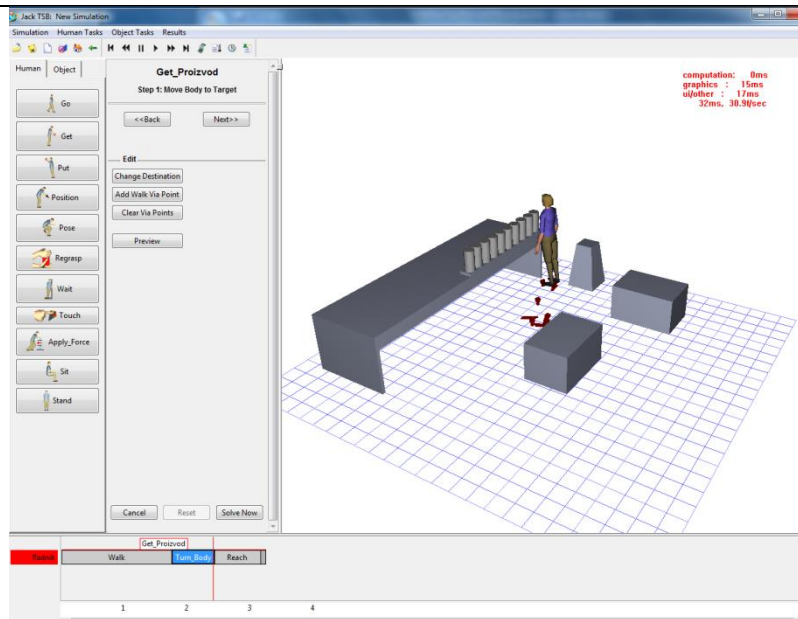


Slika 27. 3D prikaz stolića

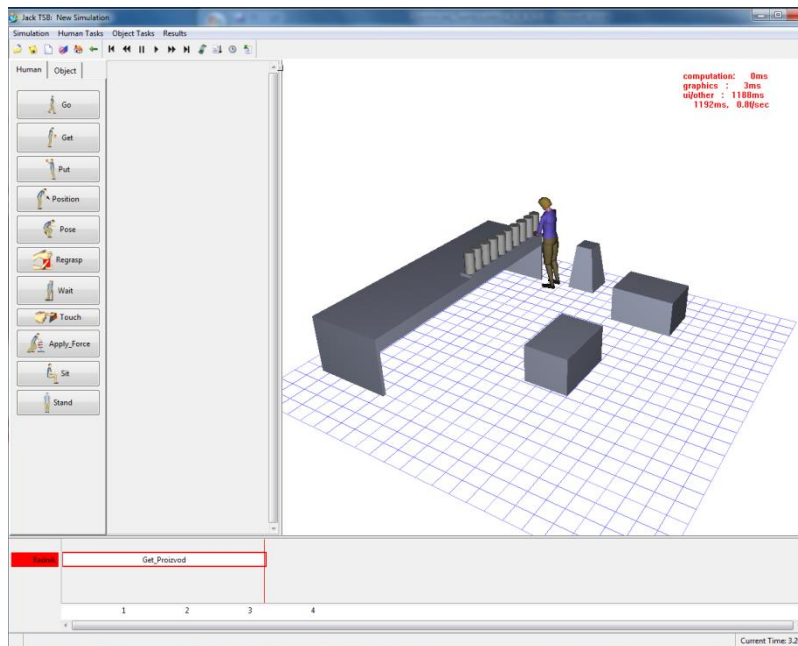
S obzirom na izračunate dimenzije i udaljenosti između objekata stvorena je radna površina u programu Jack Siemens (Slika 28.). Simulacija prenašanja gotovog proizvoda sa radnog stola na kolica samo je jedna od operacija montaže koje se izvode. U svakoj operaciji položaj tijela je drugačiji, te bi se svaka operacija mogla posebno obraditi u programu. Kako bi se bolje prikazao rad i mogućnosti programa Jack Siemens, odabrana je operacija prebacivanja proizvoda koja uključuje hodanje radnika te podizanje i spuštanje proizvoda.



Slika 29. Prikaz radnog prostora u Jack Siemens

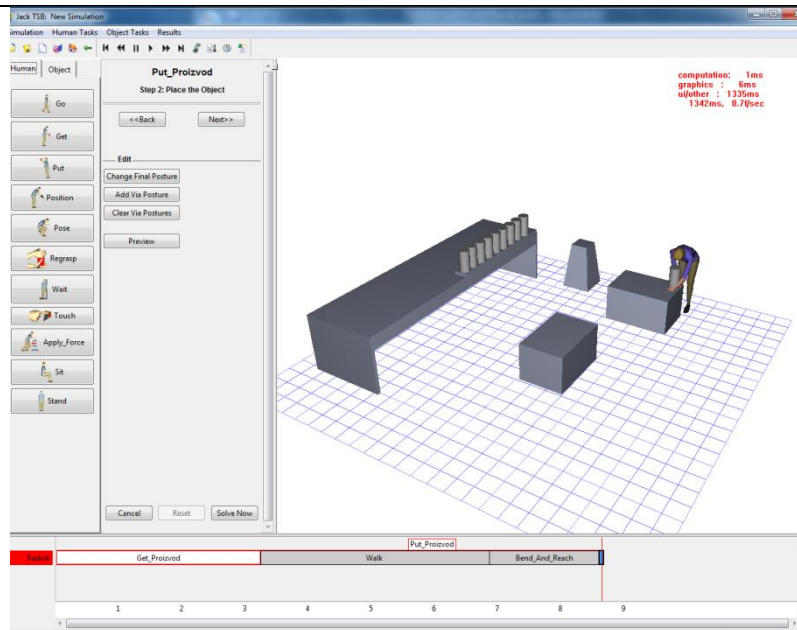


**Slika 30. Kretanje radnika prema proizvodu**



**Slika 31. Uzimanje proizvoda sa radnog stola**

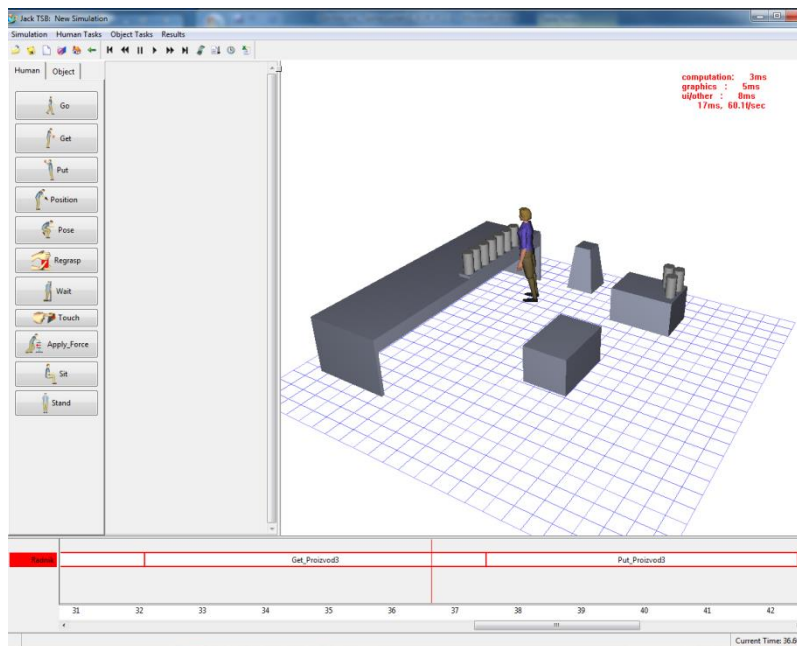
*Slika 29.* prikazuje kretanje radnika od početnog položaja prema prvom proizvodu, dok *Slika 30.* prikazuje način hvatanja odnosno primanja proizvoda dok se on još nalazi na radnom stolu. Moguće su različite varijante primanja predmeta tako da će se raditi simulacija u kojem će se predmet primati sa desnom rukom, sa lijevom rukom i sa obje ruke. S obzirom na odabrane varijante primanja biti će različita opterećenja na ramena, laktove i zglobove.



**Slika 32. Položaj radnika kod ostavljanja gotovog proizvoda na kolica**

Slika 31. prikazuje položaj radnika nakon uzimanja proizvoda sa radnog stola te prenošenje i ostavljanje proizvoda na kolica. Iz slike je moguće zaključiti kako će najveće opterećenje pretrpiti gležnjevi i koljena radi hodanja radnika od radnog stola do kolica. Također postoji opterećenje u leđima kod spuštanja proizvoda na kolica.

Simulacija u Jacku će se raditi tako što će se zadati naredbe za prebacivanjem 3 proizvoda na kolica (Slika 32.).



**Slika 33. Simulacija postavljanja tri proizvoda na kolica**

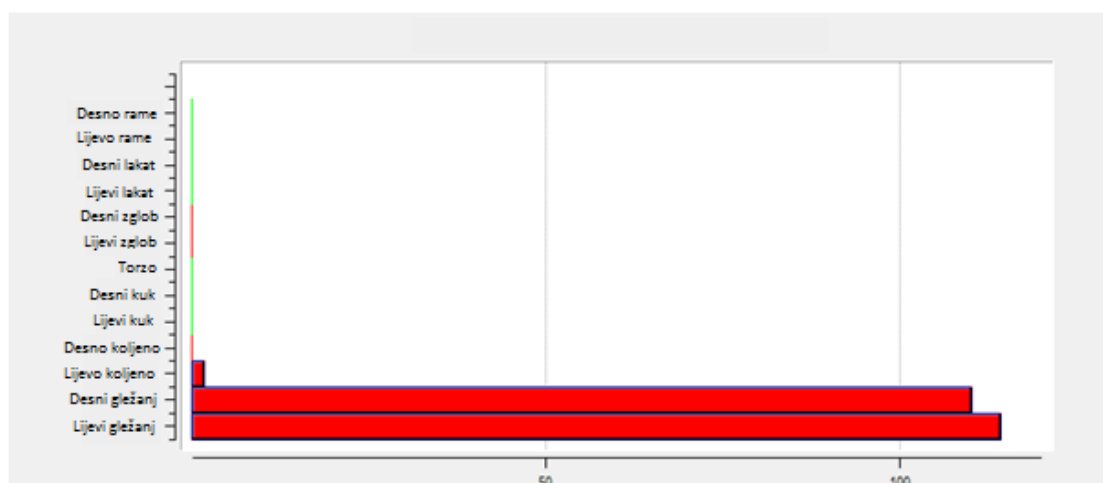
Za obavljanje radnji koje su potrebne za prebacivanjem tri proizvoda na kolica, moguće je napraviti izvješće vremena pojedinačnih radnji koje će biti prikazane u *tablici 2*. Za svaku jednaku radnju postoji isto vrijeme koje će se generirati iz programa.

**Tablica 2. Primjer izvješća vremena pojedinačnih radnji**

ZADATAK	RADNJA	VRIJEME/s
<b>Uzimanje prvog proizvoda</b>		<b>3,23</b>
	Hodanje	1,75
	Okretanje tijela	0,67
	Dohvat	0,73
	Držanje	0,07
<b>Stavljanje prvog proizvoda</b>		<b>5,44</b>
	Hodanje	3,62
	Okretanje tijela	0,00
	Pognuti se	1,75
	Otpuštanje proizvoda	0,07
<b>Uzimanje drugog proizvoda</b>		<b>6,80</b>
	Uspravljanje tijela	1,15
	Hodanje	3,64
	Okretanje tijela	0,67
	Dohvat	1,26
	Držanje	0,07
<b>Stavljanje drugog proizvoda</b>		<b>6,43</b>
	Hodanje	3,90
	Okretanje tijela	0,67
	Pognuti se	1,79
	Otpuštanje proizvoda	0,07
<b>Uzimanje trećeg proizvoda</b>		<b>5,06</b>
	Uspravljanje tijela	1,15
	Hodanje	3,12

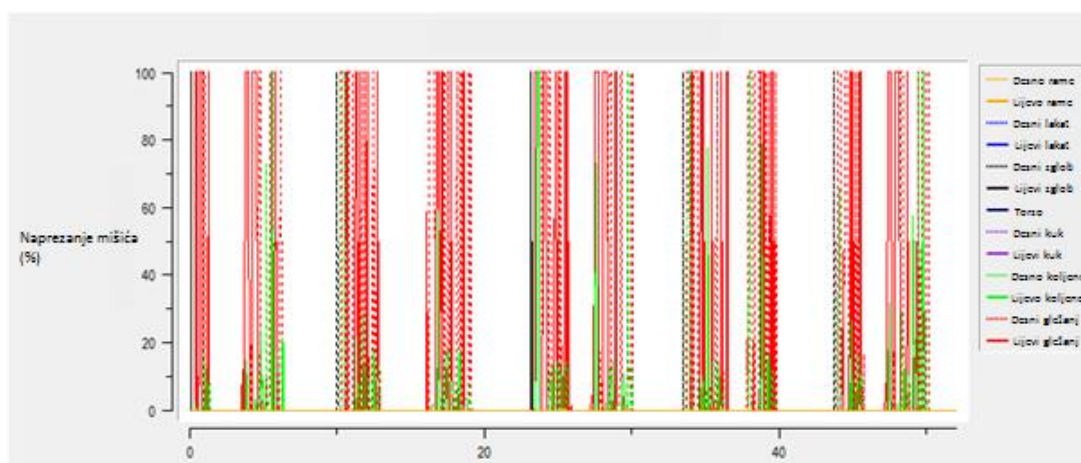
	Okretanje tijela	0,00
	Dohvat	0,72
	Držanje	0,07
<b>Stavljanje trećeg proizvoda</b>		<b>5,11</b>
	Hodanje	3,35
	Okretanje tijela	0,00
	Pognuti se	1,69
	Otpuštanje proizvoda	0,07

Program Jack omogućuje analizu kojom se procjenjuje vrijeme oporavka za pojedine dijelove tijela (Slika 33.).



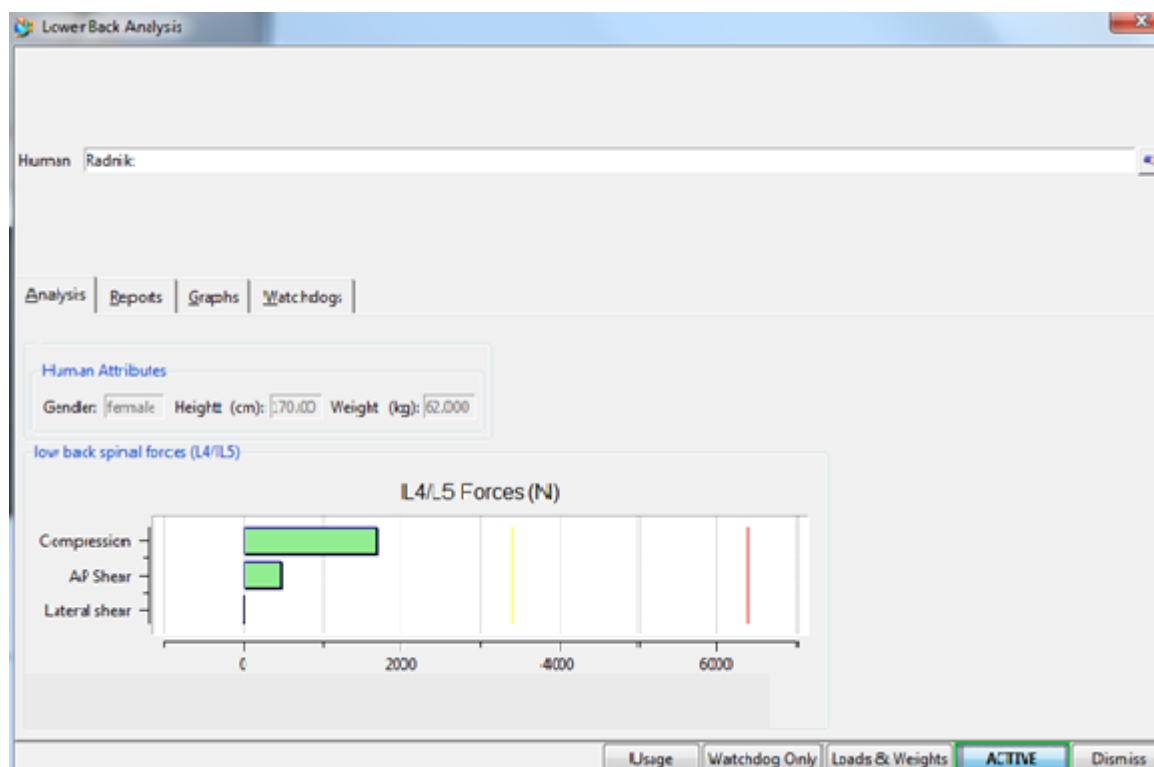
**Slika 34. Procijenjeno potrebno vrijeme za oporavak u sekundama**

Također postoji *analiza mišićnih naprežanja* u ukupnom vremenu ostavljanja prva tri proizvoda na kolica (Slika 33.).



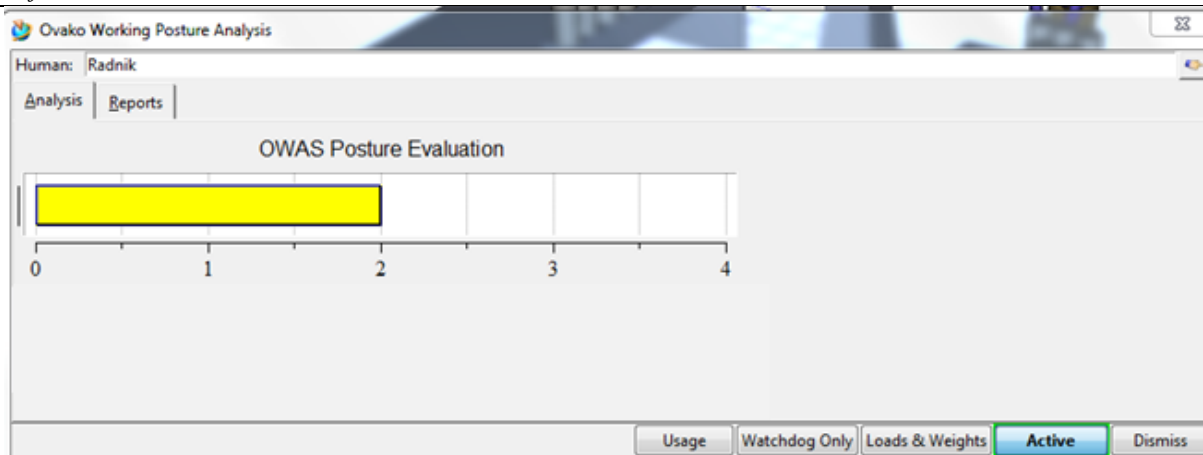
**Slika 35. Povijest mišićnih naprežanja u vremenu(sek)**

Kako je već prije spomenuti, velika opterećenja trpe radnikova leđa. Jackov alat za analizu TAT omogućuje izračunavanje toga opterećenja i uspoređivanja sa standardnim dopuštenim opterećenjima. Iz *slike 35.* očitava se sila kompresije na leđa od 1707 N koja je niža od standardna prema Nacionalnom institutu za sigurnost i zdravlje (**eng.** The National Institute for Occupational Safety Health – NIOSH) koja iznosi 3400 N tako da postoji određena opasnost od ozljeda donjeg dijela leđa za većinu zdravih radnika.



**Slika 36. Analiza donjeg dijela leđa**

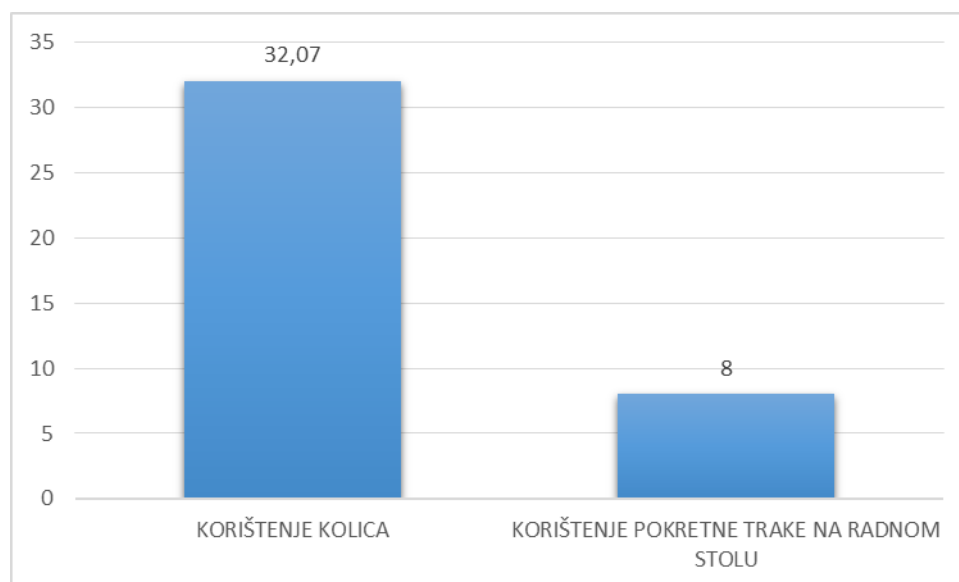
Osim prethodno navedenih analiza, Jack podržava i OWAS (Ovako Working posture Assessment System) koji sadrži *najčešće položaje za leđa, ruke, noge i težinu tereta* kojim se rukuje. Položaj tijela se opisuje sa prethodno navedenim položajima te se opisuju sa kodom od četiri broja. OWAS kod za prethodnu simulaciju je 4121. Svi mogući položaji se dijele u četiri kategorije koje pokazuju potrebu za ergonomskim promjenama. Prethodna simulacija pripada u kategoriju broj dva prema kojoj položaj tijela može imati štetne utjecaje na mišićno-koštani sustav (*Slika 36.*).



Slika 37. OWAS procjena položaja

#### 7.4. Optimizacija procesa

S obzirom na različite radnje izvođenja montaže motora različiti su i položaji tijela pri izvođenju tih radnji. U prethodnoj simulaciji nije uzeto u obzir da kolica imaju kotače što omogućuje radniku da približi kolica radnom stolu te je već na taj način skraćeno vrijeme operacije prebacivanja, jer je put koji radnik mora preći manji. Moguće je i postavljanje pokretne trake na radni stol na koji će se direktno staviti gotovi proizvodi. Na taj način vrijeme hodanja se u potpunosti eliminiralo. Ukupno vrijeme prebacivanja se skratilo za 75%.



Slika 38. Usporedba korištenja kolica i pokretne trake na radnom stolu

Optimizaciju radnog mjesta, koja bi skratila vrijeme izvođenja preostalih radnji montaže te omogućila ergonomična načela, teže je uvesti upravo zbog različitih položaja tijela te isplativost određenih rješenja.

Moguće rješenje je uvođenje okretno-podiznog stola. Koriste se kada postoji zahtjev za pristupom sa višestrukih strana [16]. Omogućuje veću efektivnost i produktivnost radnika uklanjanjem potrebe za dosezanjem, nelagodnih položaja tijela, te smanjuje mogućnost ponavljanja ozljede koje su povezane za takve radnje. Imaju široku primjenu u montaži jer omogućuju radnicima pristup brojnim proizvodima ili alatima. Dodatne prednosti uključuju minimizaciju potrebnog prostora za radnu radno mjesto i smanjuju moguće opasnosti od sudara.



**Slika 39. Primjer okretno-podiznog stola [16]**



## 8. ZAKLJUČAK

Povećanje produktivnost, efikasnosti, kvalitete, smanjenje troškova, poboljšanje uvjeta za rad te povećanje sigurnosti i motivacije zaposlenika samo su neke od stavki koje su važne za sva poduzeća i industrije koje žele ostati konkurentni na tržištu. Kako bi postigli zadane ciljeve, tvrtke koriste razne metode koje uključuju korištenje tehnologije posebice računala. Korištenjem računala omogućeno je brže i jednostavnije prikupljanje potrebnih podataka, njihova obrada te grafički prikazi za bolju vizualizaciju.

Organizacija proizvodnje, koja je započela u graditeljstvu i vojnim djelatnostima, postaje temelj uspješne proizvodnje. Studij rada samo je jedna od znanstvenih disciplina koje su obuhvaćene organizacijom proizvodnje. On je osobito prisutan kod veće uloge čovjeka u neautomatiziranom radu. Izračunavanjem i analizom vremena izrade (studij vremena) te analiziranjem rada na radnom mjestu (studij pokreta) moguće je dobivanje realnog potrebnog vremena i optimalnog oblikovanog načina rada što su i ciljevi studije rada. Kod automatiziranja proizvodnje, koriste se softveri za simulaciju postrojenja, roboti i slično. Primjeri takvih softvera su SimData, OTRS10 ili UmtPlus. U praktičnom primjeru se koristila mobilna verzija SimData pomoću kojeg su prikupljena vremena svi potrebnim operacija u procesu montaže. Većim brojem takvih mjerenja može se doći do reprezentativnog uzorka te izračunati normu.

Razvojem industrije, povećava se potreba za većom proizvodnjom, a samim time veći fizički napor radnika. U novije doba javlja se potreba za humaniziranim radom koji je organiziran na način da se smanji umor i poveća sigurnost zaposlenika. Tako je stvoreno novo znanstveno područje, ergonomija. Ergonomska načela primjenjuju se kod oblikovanja proizvoda te oblikovanja rada na radnim mjestima. Njihova primjena je važna jer se smanjuju fizička opterećenja, bolovanja, olakšano je izvođenje zadataka te je omogućena brza izmjena informacija u radnoj okolini. Za ergonomiju su također razvijeni softveri koji nude ergonomska rješenja za oblikovanje radnih mjesta. Primjeri ergonomskih softvera su Cority, Ergoweb i Jack Siemens. U praktičnom primjeru napravljena je simulacija prebacivanja proizvoda sa radnog stola na kolica koja su u blizini. Predložene optimizacije za taj proces su korištenje pokretne trake na radnom stolu te će se na taj način skratiti vrijeme za 75%. te korištenje okretno-podiznog stola koji bi smanjio opterećenje radnika pri izvođenju ostalih operacija u montaži elektromotora.

## LITERATURA

- [1] Taboršak, D.: Studij rada, Orgadata, Zagreb, 1994.
- [2] Tekst na mrežnoj stranici: SimData software  
<http://www.createasoft.com/Products/Time-and-Motion-Studies-Software>
- [3] Tekst na mrežnoj stranici: Shinka Menagement, OTRS10  
<http://shinkamanagement.com/time-study-software/>
- [4] Tekst na mrežnoj stranici: Laubress, UmtPlus  
<http://www.laubress.com/umtplus>
- [5] Biomehanička ergonomija, Zagreb, 2004.
- [6] Tekst na mrežnoj stranici: Bakker Elkhuisen  
<https://www.bakkerelkhuisen.com/knowledge-center/the-history-of-ergonomics>
- [7] Salvendy, G.: Handbook of Human Factors and Ergonomics, 4. izdanje, Jonh Wiley & Sons Inc, 2012
- [8] Openshaw S, Erin Taylor A.: Ergonomics and Design A Reference Guide, Alisteel Inc, 2006.
- [9] Tekst na mrežnoj stranici: Cority Ergonomics  
<https://www.cority.com/ehsq-software/ergonomics/>
- [10] Tekst na mrežnoj stranici: Ergoweb  
<https://ergoweb.com/ergonomic-software/>
- [11] Jack User Manual
- [12] Trstenjak M.,: Jack, Seminarski rad, Zagreb, 2015.
- [13] Jack Siemens Program
- [14] Tekst na mrežnoj stranici: Končar MES  
<http://www.koncar-mes.hr>
- [15] Tekst na mrežnoj stranici: PMC  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5546841/>
- [16] Tekst na mrežnoj stranici: Lift Products Inc.  
<https://www.liftproducts.com/lifttables/stainless/roto-max-ss.html>

## **PRILOZI**

### I. CD-R disc