

UNIVERZITET U BEOGRADU
SAOBRAĆAJNI FAKULTET

Dr Svetlana ČIČEVIĆ

UVOD U ERGONOMIJU

– II izdanje –

BEOGRAD
2020.

Recenzenti: dr Milorad Vidović
dr Aleksandar Žunjić

Za izdavača: dekan, dr Nebojša Bojović

Glavni i odgovorni urednik: dr Marijana Petrović

Izdavač: Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet,
Vojvode Stepe 305, telefon: 3976–017, fax: 3096–704
<http://www.sf.bg.ac.rs>

Priprema: dr Svetlana Čičević

Multimedijalna obrada diska i štampa: Pekograf d.o.o.,
11080 Zemun, Vojni put 258/d, telefon/fax: 3149–166;
e-mail: pekograf@sbb.rs; <http://www.pekograf.com>

Tiraž: 100 primeraka

DOI: <https://doi.org/10.37528/FTTE/9788673953410.ZO>

ISBN 978–86–7395–341–0

Na osnovu odluke Uređivačkog odbora Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu broj 1150/2 od 27. novembra 2020. godine, odobrava se za upotrebu u nastavi kao osnovni udžbenik za predmet "Uvod u ergonomiju" na osnovnim studijama

CIP – КАТАЛОГИЗАЦИЈА У ПУБЛИКАЦИЈИ
Народна библиотека Србије, Београд

331.101.1(075.8)(0.034.2)

ЧИЧЕВИЋ, Светлана, 1962-

Uvod u ergonomiju [Elektronski izvor] / Svetlana Čičević. - 2. izd. -
Beograd : Saobraćajni fakultet Univerziteta, 2020 (Beograd : Pekograf). - 1
elektronski optički disk (CD-ROM) : tekst, slika ; 12 cm

Sistemske zahteve: CD-ROM čitač. - Nasl. sa naslovnog ekrana. - Tiraž 100. -
Bibliografija uz svako poglavlje.

ISBN 978-86-7395-341-0

a) Ергономија
COBISS.SR-ID 27165449

SADRŽAJ

PREDGOVOR	1
UVOD	2
POGLAVLJE 1 – POČETNA RAZMATRANJA	4
1. UVOD.....	4
1.1. Definicije ergonomije	4
1.2. Klasifikacija (podela) ergonomske naučne oblasti	5
1.3. Priroda i ciljevi ergonomije	6
2. ISTORIJA I STATUS	7
3. ERGONOMIJA I SRODNE DISCIPLINE	9
4. CILJEVI ERGONOMIJE	10
4.1. Bezbednost i zdravlje.....	10
4.2. Produktivnost i efikasnost	11
4.3. Pouzdanost i kvalitet.....	11
4.4. Zadovoljstvo poslom i lični razvoj	12
5. ANALIZA RADNIH AKTIVNOSTI I ZADATAKA	12
5.1. Relevantni faktori aktivnosti.....	13
5.2. Zadaci	13
5.3. Individualni ili grupni rad?	15
LITERATURA	17
POGLAVLJE 2 - ANTROPOMETRIJA	21
1. UVOD.....	21
2. RAZVOJ I VRSTE ANTROPOMETRIJE.....	21
3. ANTROPOMETRIJSKE BAZE	25
4. ANTROPOMETRIJSKI INSTRUMENTI.....	33
5. INTERPRETACIJA ANTROPOMETRIJSKIH PODATAKA	36
5.1. Percentili.....	36
6. Vrste antropometrijskih merenja	40
7. ANTROPOMETRIJA U KABINI VOZILA.....	41
7.1. <i>Položaj pete i tačke oslonca stopala</i>	44
LITERATURA	46
POGLAVLJE III - ANTROPOMETRIJA ONLAJN	50
1. UVOD.....	50
2. SMERNICE KOJE SE ODOSE NA ANTROPOMETRIJSKE BAZE PODATAKA	53
2.1. Još o CAESAR bazi.....	55
2.1.1. 3-D skeniranje.....	55
2.1.2. Prednosti CAESAR-a	56
3. OPEN DESIGN LAB	56
3.1. Anthropometric Data Explorer	56
3.2. Anthropometric Data Explorer Lite.....	60

3.3.	Modul Scaling Calculator	62
3.3.1.	Smernice za konstante proporcionalnosti	62
3.3.2.	Granični odnosi.....	62
4.	MODUL MANIKIN FETCHER	64
4.1.	Digital Human Models Guidelines	64
4.2.	Smernice za Boundary Manikins.....	65
	LITERATURA.....	69
	POGLAVLJE 4 – BIOMEHANIKA.....	73
1.	UVOD.....	73
2.	RAZVOJ BIOMEHANIKE KAO NAUKE	73
3.	PODELA BIOMEHANIKE	76
4.	PROPORCIJE ČOVEKOVOG TELA	76
5.	ELEMENTI I FUNKCIJA LOKOMOTORNOG APARATA.....	77
5.1.	Mišići.....	77
5.1.1.	Vrste mišića	77
5.1.2.	Mehanizam mišićne kontrakcije.....	78
5.2.	Kosti	81
5.2.1.	Kosti kao poluge - poluge lokomotornog aparata.....	84
5.2.2.	Izračunavanje sila – primeri.....	87
5.3.	Zglobovi	89
5.3.1.	Artrokinematika.....	94
6.	REFERENTNI SISTEM I ORIJENTACIJA U PROSTORU	95
6.1.	Anatomske (referentne) ravni	95
6.2.	Terminologija za opisivanje pokreta i smerovi kretanja.....	96
6.3.	Vrste pokreta u zglobovima - osteokinematika	97
6.3.1.	Pokreti u osnovnim zglobovima	100
6.4.	Kinetika i vektorske sile	101
6.5.	Složeni pokreti i kinetički lanci	103
6.6.	Lokomotorni aparat i segmenti tela	103
7.	MERENJA U BIOMEHANICI.....	104
7.1.	Eksperimentalne metode u biomehanici	106
7.2.	Merenja dinamičkih veličina	107
7.3.	Elektromiografska metoda (EMG metoda)	107
7.4.	Savremeni biomehanički merni sistemi.....	109
	LITERATURA.....	111
	POGLAVLJE 5 – MIŠIĆNO-KOŠTANI POREMEĆAJI I RUČNO RUKOVANJE MATERIJALOM.....	121
1.	UVOD.....	121
2.	OSNOVNI FAKTORI RIZIKA ZA RAZVOJ MIŠIĆNO-KOŠTANIH POREMEĆAJA	122
2.1.	Činioci koji doprinose razvoju mišićno-koštanih poremećaja.....	123
3.	ČINIOCI VAŽNI U PREVENCIJI	125

3.1.1.	Rukovanje teškim teretom	126
3.1.2.	Monotoni ponavljajući zadaci	127
3.1.3.	Dugotrajno opterećenje.....	127
3.1.4.	Mišićno-koštani poremećaji po zanimanjima	127
3.2.	Rad sa ekranima osetljivim na dodir	127
4.	PROFESIONALNE BOLESTI LOKOMOTORNOG SISTEMA	132
5.	Fizička aktivnost - definicija i metode merenja.....	142
5.1.	Laboratorijske metode	142
5.2.	Metode zasnovane na korišćenju elektronskih uređaja i instrumenata.....	142
5.3.	Anketne metode zasnovane na samoproceni	143
5.4.	Fizički faktori	143
5.5.	Organizacioni i psihosocijalni faktori.....	144
5.6.	Individualni faktori	144
5.7.	Faktori vezani za društveni kontekst	145
6.	ERGONOMSKI STANDARDI VEZANI ZA USLOVE RADA	145
7.	POVREDE NA RADU.....	145
7.1.	Alati i tehnike za analizu i procenu rizika	146
7.1.1.	Kvantitativna metoda procena rizika	147
7.1.2.	Kvalitativna metoda procena rizika	147
7.2.	Metodologija procene rizika	150
7.3.	Mere za smanjenje nivoa rizika	150
7.3.1.	Ergo EASER.....	151
7.3.2.	Ostale biomehaničke aplikacije	153
7.3.3.	Metoda NIOSH 1991	156
8.	SEDENJE	158
8.1.	Osvetljenje	162
8.2.	Karakteristike ergonomske oblikovane stolice.....	164
8.3.	Karakteristike stola	165
9.	ERGONOMSKI STANDARDI	166
9.1.	Međunarodni (ISO) i evropski (EN) standardi	168
9.2.	ISO (International Organisation for Standardization)	169
	LITERATURA	172
	POGLAVLJE 6 – RAD	183
1.	UVOD.....	183
2.	VRSTE RADA	183
3.	FIZIČKA AKTIVNOST.....	185
3.1.	Fizička aktivnost i fizička sposobnost	186
3.2.	Funkcionalna sposobnost.....	186
3.2.1.	Mišićna izdržljivost	187
3.2.2.	Mišićna snaga	187
3.2.3.	Fleksibilnost	188

4.	Energetika ishrane	188
4.1.	Indeks telesne mase	190
4.2.	BAZALNI METABOLIZAM (BMR – basal metabolic rate).....	192
5.	PROCENA TEŽINE RADA	196
5.1.	Energy Expenditure Prediction Program	202
	LITERATURA	206
POGLAVLJE 7 – CIRKADIJALNI RITAM PSIHOFIZIOLOŠKIH FUNKCIJA I SMENSKI RAD		215
1.	BIOLOŠKI RITMOVI	215
1.1.	Podela bioloških ritmova	215
1.2.	Cirkadijalni ritmovi	216
1.3.	Priroda bioloških ritmova	217
1.4.	Cirkadijalni ritam hormonalnih lučenja.....	219
1.5.	Melatonin.....	220
2.	SPAVANJE	220
2.1.	Faze spavanja.....	221
2.2.	Poremećaji spavanja	223
2.3.	Načini za poboljšanje spavanja.....	225
2.4.	Odmor.....	225
3.	CIRKADIJALNI RITAM I RADNA USPEŠNOST RADNIKA	227
4.	CIRKADIJALNI RITAM I RAD U SMENAMA.....	227
4.1.	Negativni efekti smenskog rada	227
4.2.	Modeli smena	228
4.3.	Smer rotacije.....	229
4.3.1.	Brza rotacija.....	229
4.3.2.	Spore rotacije.....	230
4.3.3.	Režimi organizacije rada u smenama	230
4.3.4.	Pauze za odmor unutar smena	231
5.	MOGUĆNOST ADAPTACIJE NA DESINHRONIZACIJU CIRKADIJALNOG RITMA	232
5.1.	Deficit spavanja	233
6.	EFEKTI SMENSKOG RADA NA ZDRAVLJE RADNIKA	234
7.	OPTIMIZACIJA SMENSKOG RADA	236
8.	SHIFTER APLIKACIJA	238
	LITERATURA	241

Predgovor II izdanju

Od pamtiveka je čovek, još od perioda sakupljanja plodova prirode i lova, nastojao da lakše i brže dođe do više i bolje hrane. Da to postigne, a uzgred reši i druge potrebe dovijao se na razne načine. U početku, na dohvatu ruke su mu bili kamen i motka, a kasnije poluga kao prvobitni činilac daljeg ergonomskog lanca. Motkom je lakše dohvatao plod sa nepristupačnih mesta, a pomoću kamena i motke sigurnije savladavao lovinu. Sudeći po tome prapočeci ergonomije sežu u daleku prošlost nepisane istorije ili praistorije ljudske vrste (čovečanstva). Vremenom je ljudski rod evoluirao a time i ekonomska sfera, a naravno i nauka, pa otuda i ergonomija kao naučna disciplina.

Nagli i ubrzani razvoj ergonomije, kao posebne nauče oblasti, poklapa se sa periodom industrijalizacije. Svoj vrhunac, ergonomija izgleda dostiže u sadašnjem, potrošačkom društvu. Zahvaljujući tome, i sve većem boju ljudi sa raznih teritorija koji obrazuju vojsku jeftine radne snage, često se susrećemo sa proizvodima koji naizgled zadovoljavaju ergonomske standarde u pogledu dizajna, pa čak eventualno i estetike, nekada i upotrebljivosti, ali nikako kvaliteta i trajnosti. Sa druge strane, uslovi rada radnika koji proizvode ovakvu robu, svedoci smo, često su veoma daleko od toga da mogu poneti atribut ljudski, a pogotovo ne, humani. Ni minimum egzistencijalnih uslova nije zadovoljen, a kamoli da se vodi računa o njihovom zdravlju ili dobrobiti. Nadalje, "pametni" proizvodni procesi, ili "pametna" vozila skore budućnosti isključuju prisustvo čoveka kao operatora, a smanjuju njegov udeo čak i u nadgledanju procesa. Jasno je da će ovo proizvesti vojsku nepotrebne radne snage sa egzistencijalnim problemima, čije rešavanje, čini se, u ovom trenutku, niko ne želi čak ni konceptualno da razmatra, ili barem pominje. Sve je podređeno efikasnosti, produktivnosti, profitabilnosti, tj., profitu kao vrhovnom postulatu. U surovoj tržišnoj utakmici imperativ je produktivnost, odnosno profit uz relativno dobro očuvan kvalitet, i naravno prihvatljivu cenu. Ko ne zadovoljava ovaj ključni uslov, osuđen je na iščezavanje.

Iz tih razloga, se posebno izučavaju svi članovi ergonomskog niza (lanca) i mnogi njihovi aspekti koji mogu više doprineti boljoj poziciji na tržištu i čovečnijem življenju. Koriste se najviša dostignuća nauke, koja primenjena u ergonomiji znatno, ponekad revolucionarno, menjaju odnos čovek-mašina. Taj proces je teško porediv sa onim iz perioda od pre neku deceniju, sa dobom robotike.

Iz iznetih razloga je jasno- očigledna potreba za prikazom svih ovih faza u razvoju ergonomske nauke. One pokazuju progres i poboljšanja, ali i mesta na kojima je napredak (za)stao. Upravo takva "mesta" predstavljaju polazište za naučnike i druge poslenike na ovom polju, koji nisu zadovoljni status quo-om, i teraju na dalji progres (ergonomske) discipline.

Svrha ovog udžbenika, otuda je, za početak, da pruži korisne informacije, kako studentima osnovnih, i ostalih vidova studija, na Saobraćajnom fakultetu, ali i na ostalim fakultetima koji za ovim znanjima imaju potrebu; stručnjacima iz drugih disciplina i oblasti interesovanja, kao na primer, medicinarima, defektolozima, dizajnerima, menadžerima, i mnogim drugima čiji je cilj da rad i alate kojima se on obavlja prilagode čoveku; pa do čitalaca koji bi ovakvu literaturu koristili iz radoznalosti ili za popunjavanje slobodnog vremena. U knjizi se može naći obilje informacija o ljudskom telu, koje informišu ili upotpunjuju već postojeće znanje individue o sebi, pa do onih koje su usmerene praktično, na dizajn bitnih karakteristika i funkcija, uređaja, alata, radnih zadataka i radnog mesta, vozila, režima rada, ali i domova (kuća), u kojima bi ljudi trebalo da žive i rade, bezbedno, efikasno i udobno.

Osnovne ljudske fiziološke karakteristike nisu se mnogo promenile tokom godina (pošto je evolucija veoma spora). O ovome govori većina poglavlja u knjizi, ali na kraju svakoga prikazana je poneka od novijih metoda koje mogu biti od pomoći bilo pri dijagnostici, bilo za popravku praksi koje su nedodstatne. Prvo izdanje knjige publikovano je 2015 god., ovo izdanje ne razlikuje od prethodnog, dok će u narednoj verziji knjige akcenat biti na savremenim metodama, naročito simulacionim, i softverskim rešenjima.

U Beogradu, novembra 2020.

Autor

UVOD

Prvobitno, u ranim fazama razvoja ergonomije, ona se pretežno bavila manuelnim-fizičkim radom. Nastojala je da naporan-težak (iscrpljujući) mišićni rad učini što lakšim, i prihvatljivijim za radnika pomoću raznih sredstava i načina; bez smanjenja efikasnosti, već obratno, povećanjem produktivnosti i ličnog komfora. Lakše je i brže podići težak predmet polugom ili čekrkom, a pogotovo mašinom, nego bez njih; golom snagom mišića. U tom pogledu je vrlo ilustrativan primer podizanja kamenih blokova teških više tona na gornje delove piramida faraonovih grobnica, u Egiptu, bez dizalica.

Kasnije, sa opštim razvojem ljudskog društva u celini, težište interesovanja savremene ergonomije se pomera sa fizičkog-muskularnog rada na izvesne aspekte psihofiziološke sfere. I dok je ranijim fazama evolucije ljudske zajednice i ergonomije prioritet bio što manje fizičko naprezanje tokom rada, danas je nasuprot tome, gorući problem kako postići i održati neophodni minimum, ne optimum muskularne aktivnosti, ne samo u različitim vrstama rada-posla, nego i života, generalno. Danas se mnogi poslovi, uključujući i one fizički najnapornije obavljaju sedeći zahvaljujući skoro sveopštoj mehanizaciji, automatizaciji i robotici. Sada se sedeći, pritiskom na dugme modernim mašinama podižu, premeštaju i obrađuju neshvatljivo teški objekti, čak i oni najopasniji za ljudsko zdravlje kao što su radioaktivni. Sedenje kao najprirodniji način predaha i odmora, naročito dugotrajno preobrati se u svoju suprotnost. Dovelu je do "sedentary habit" tj., "sedećeg čoveka". Posledice dugotrajnog, gotovo neprestanog sedenja i izležavanja, su opasne po fizičko i mentalno zdravlje, i što je najgore, ireverzibilne, kao što je na primer, diabetes melitus ili šećerna bolest, pa čak i neka maligna oboljenja. Naime, neznan fizički rad u svakodnevnom životu odraslih osoba, doveo je do pojave globalne (planetarne) epidemije gojaznosti sa svojim teškim manama, šećerne bolesti, kardiovaskularnih bolesti i koštano-mišićne atrofije, tj., degeneracije.

O gore rečenom, "sedentary" aspektu ili segmentu savremene ergonomije organizovanog, sistematskog i sistemski obrađenog sadržaja uglavnom i nema u relevantnim naučnim publikacijama. Očigledno, dugotrajno sedenje, kao način-oblik rada već preovlađuje u svetu. Kako se to odražava kratkoročno i dugoročno na manuelni i psihoneuroemocionalni status radnika-čoveka nije sasvim poznato. Nadalje, kako i čime se efikasno suprotstaviti ovom nepovoljnom i čak štetnom trendu u okviru moderne ergonomije, odnosno načina rada i življenja. Senzorna zasićenost, kao i neke forme zamora usled dugotrajnog, često nepomičnog "zurenja"-gledanja u ekran računara, ili ma kog monitora, ne može se otkloniti produženim sedenjem, kao u slučaju manuelnog rada, jer se već predugo sedelo. Upravo to mirno dugo sedenje uz delovanje ostalih faktora znatno doprinosi svojevrsnom tipu zamora u profesionalnim aktivnostima koje se obavljaju sedeći. Već je dokumentovano da je fizička neaktivnost, u srednjem životnom dobu, uz neadekvatnu ishranu odgovorna za skoro 1/3 svih kanceroznih smrtnih slučajeva u svetu. Nesumnjivo je iz dokazanog da funkcijski poremećaj, poremećena homeostaza ili zamor čijem kreiranju u znatnom stepenu doprinosi sedenje tokom rada nije moguće korigovati sedenjem upravo iz navedenog. U ovom i sličnim slučajevima tehnološki visoko razvijene ekonomije nužan je drugačiji pristup. Slično je i sa oporavkom reverzibilnih disfunkcija u radu sa toksičnim supstancama, radioaktivnim materijalom ili poslovima skopčanim sa velikim rizikom.

Prema tome, nameće se potreba iz-odvajanja ergonomije tehnički i tehnološko visoko sofisticiranih, doskora nepoznatih vrsta rada-poslova od klasične ili tradicionalne ergonomije u posebnu naučnu oblast, tj., disciplinu, ili bar zaseban segment. Takav primer su kosmonauti i kosmonautika, u celini. Ovo zato što je kosmos-vasionska sredina surova i apsolutno neprirodna za egzistenciju oblika života kakve poznajemo na planeti Zemlji. Život u njemu je nemoguć za sve nezaštićene aerobne forme zemaljskog sveta, uključujući i čoveka, i to iz više razloga. Pre svega, u kosmosu postoji savršeni vakuum-bezvazdušni prostor. To znači da nema kiseonika-ključnog elementa za opstanak aerobnog sveta. Istovremeno, sa nedostatkom zaštitnog omotača, u otvorenom kosmosu, nema ni gravitacije. Bez delovanja gravitacione sile (zemljina teža) nema visoko organizovanog aerobnog života. Upravo baš zahvaljujući gravitaciji život je dostigao najviši nivo, kao onaj što postoji na planeti Zemlji – ljudsko biće. Takođe, u Kosmosu nema vode, izuzev na nekim planetama i u kometama. Voda je, inače apsolutni uslov postojanja života, za koga znamo; od biljaka do životinja zaključno sa čovekom. Ne samo da ona, H₂O čini da najveći deo telesne težine i što učestvuje u svim procesima u organizmu (telesne tečnosti, krv, limfa, pljuvačka, suze, itd.) nego je neophodna za održavanje i produžavanje života. Bukvalno sve što je čoveku potrebno za egzistenciju u otvorenom kosmosu, i u zatvorenom ekološkom sistemu mora da ponese sa majke tere (zemlje). To posredno potvrđuju kosmonauti živeći u bestežinskom stanju tokom kosmičkih putovanja. Bestežinsko stanje prouzrokuje patofiziološke promene različitog stepena svih telesnih sistema i organa. Najočiglednije se, i među prvima ispoljavaju, poremećaji kardio-vaskularnog sistema, funkcija vestibularnog aparata, atrofiju skeletnih (poprečno-prugastih) mišića, uključujući i miokard,

kao i osteoporozna (smanjenje gustine i čvrstine kostiju). Veliki stepen osteoporoze se, očigledno manifestuje frakturom (lomom) kosti. Najgore je što do sada nije iznađen efikasan način sprečavanja razvoja osteoporoze u bestežinskom stanju tokom boravka u kosmosu, ali ni na zemlji. Kada se pri tome zna da se nože praktično ne koriste za kretanje u bestežinskom stanju, jer se u svemiru lebdi, biva shvatljivo kako i koliko je komplikovano organizovati i izvoditi radne operacije u kosmičkim uslovima. Sem toga, u bliskoj budućnosti i u kosmosu se mora nešto raditi da se održi makar i goli život.

Neizbežno, u bliskoj budućnosti biće sve više kosmonauta i posla-rada u bestežinskom stanju tokom svemirskih misija od naučnih istraživanja do održavanja kosmičkih stanica, i eventualno izvesnih proizvodnih delatnosti. Naime, smatra se da je izrada pojedinih veoma sofisticiranih proizvoda, preciznija, efikasnija i isplativija u bestežinskom stanju, nego u gravitacionom polju. Neodložne, akutne i kritične probleme čoveka u uslovima mikrogravitacije (bestežinsko stanje) rešavaju vazduhoplovno-kosmička fiziologija, psihologija sa drugim naukama. Međutim, odnos čovek-čovek-kosmonaut- specifični alati (rukovanje njima, njihovo korišćenje) u bestežinskom stanju je zanimljiv izazov za kosmičku ergonomiju (uslovno tako nazvanu). Mi, savremenici imamo privilegiju prisustva i eventualnog učešća u kreiranju kosmičke ergonomije, ili kraće rečeno kosmo-ergonomije.