

D. Sumpor, J. Jurum-Kipke, N. Musabašić*

KOGNITIVNI PRISTUP ERGONOMSKOM DIZAJNU RADNOG I PROMETNOG OKOLIŠA

UDK 331.101.1:656.64
 PRIMLJENO: 22.4.2013.
 PRIHVACENO: 17.3.2014.

SAŽETAK: *Multidisciplinarna ergoprosudba sustava čovjek – stroj – okoliš od dizajnera upravljačnica i prometnih procesa zahtijeva znanja i vještine iz tzv. netehničkih znanosti. Nedopustiva je okolnost istraživanje ponašanja vozača i/ili projektiranje prometnih procesa samo prema klasičnom biheviorističkom pristupu na temelju objektivnog statističkog rizika nakon ekspertiza prometnih nesreća, kada je već od 80-ih godina prošlog stoljeća u Europi konstatirano da statistički objektivni rizik nije odrednica ponašanja vozača. Subjektivni rizik postaje jednak objektivnom statističkom riziku jedino u trenutku kada vozač postupa na granicama svoje sposobnosti, zadaća tada postaje preteška i vjerojatan je gubitak kontrole nad vozilom bez ITS-a ili sustava za pomoć vozaču koji bi eliminirali ili smanjili utjecaj čimbenika smetnje. Udjel „ljudskog faktora“ nije isti kod biheviorističkog i kognitivnog pristupa istraživanjima, iako u svim prometnim granama kod biheviorističkog pristupa istraživanjima statističkog objektivnog rizika intenzivno dominira. Čimbenici „prometnog okoliša“ i „prometnog sredstva“ (radni okoliš upravljačnice), prema dinamičkom otvorenom Fullerovom TCI modelu „zahtjev zadaće-sposobnost vozača“, utječu na težinu zadaće tijekom vožnje. Težinu zadaće i kognitivno opterećenje vozača tijekom vožnje moguće je, među ostalim, programirati i dizajnom upravljačnice, razmještanjem i pozicioniranjem svih često korištenih komandi na upravljačkoj ploči, a u interakciji s rasponima dosega ruku i biakromijalnim rasponom u središnjih 90 % iz dovoljnog i slučajnog uzorka vozača. Izrazito je bitno grupiranje i razmještaj srodnih komandi za promjenu brzine, jer je težina zadaće u TCI modelu dominantno povezana s promjenom brzine od „ljudskog faktora“. Za muške vozače tramvaja iz Sarajeva - pomoću parametara s brojčanim iznosima I_v , $P(\%)$ i \bar{o} - određeni su dominantni i važni čimbenici subjektivne smetnje iz kognitivne percepcije vozača, jer je kognitivno opterećenje vozača jedan od čimbenika promjene perceptivnog vremena odziva vozača PRT. Udjel „ljudskog faktora“ u čimbenicima smetnje vozača tramvaja povezan je s uvjetima rada i odmora, te je dokazano da taj udjel kod kognitivnog pristupa istraživanju nije dominantan u odnosu na udjele „prometnog okoliša“ i „prometnog sredstva“.*

Ključne riječi: *vozači tramvaja, dominantni i važni čimbenici smetnje, udjel „ljudskog faktora“, težina zadaće, perceptivno vrijeme odziva*

UVOD

Autori na konkretnom primjeru muških vozača tramvaja u Sarajevu namjeravaju dokazati,

*Dr. sc. Davor Sumpor (davor.sumpor@fpz.hr), Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Vukelićeva 4, 10000 Zagreb, prof. dr. sc. Jasna Jurum-Kipke (jurumj@gmail.com), Klaićeva 11A, 10000 Zagreb, Nedžad Musabašić, dipl. ing. prom. (nedzad.musabasic@gmail.com), Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Vukelićeva 4, 10000 Zagreb.

komparacijom i kompilacijom s rezultatima vlastitih prošlih istraživanja i spoznajama iz znanstvene literature, kako se dizajniranjem radnog i prometnog okoliša, razmještanjem i dostupnošću najčešće korištenih komandi za ručno posluživanje, kao i uvažavanjem statičkih antropomjera u središnjih 90 % iz cijele populacije vozača tijekom projektiranja upravljačke ploče može utjecati na radno opterećenje vozača tijekom vožnje. U radu će se istraživati utjecaj konkretnih

čimbenika ergoprosudbe radnog okoliša (upravljajućeg) i/ili prometnog okoliša (izvan prometnog sredstva) koji su ujedno i čimbenici subjektivne smetnje iz kognitivne percepcije vozača, pa utječu na kognitivno opterećenje vozača. Također će se istraživati hipoteza da udjel „ljudskog faktora“ određen na osnovi čimbenika smetnji dominantno ovisi o uvjetima rada i odmora. Najstarija i najskuplja, korektivna ili klasična ergonomija iz vremena industrijske revolucije zasniva se na načelu „vidi – gledaj – poboljšaj“. Zapostavljanje ergonomske načela tijekom razvoja stroja (vozila) zapaža se tek u fazi uporabe, s potencijalno katastrofalnim posljedicama na radno opterećenje ljudi. Primjer korektivne ergonomije u prometu je čisti bihevioristički pristup određivanju objektivnog statističkog rizika na temelju ekspertiza prometnih nesreća, gdje se čimbenici prometnih nesreća istražuju i svrstavaju u tri međunarodno uobičajene skupine čimbenika „prometno sredstvo“, „prometni okoliš“ i „ljudski faktor“.

Osnivač i prvi predsjednik Društva za ergonomiju Hrvatske bio je Taboršak D. 1974. godine. Tijekom istraživanja sustava „čovjek – stroj – okoliš“ istraživači u Hrvatskoj inzistiraju na prilagođavanju radnog okoliša čovjeku (*Taboršak, 1976.*), te na istraživanju djelovanja tehnike, tehnologije i okoline na čovjeka (*Taboršak, 1994.*), s ciljem ostvarivanja uspješnoga i humanog rada. Prvi znanstveno-istraživački projekt izrazito fokusiran na segment kognitivne ergonomije u polju tehnologije transporta i prometa u Republici Hrvatskoj pod imenom „Kognitivna ergonomija u funkciji povećanja sigurnosti prometa“ pokreće Jurum-Kipke J. tijekom 2008. godine na Fakultetu prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu (u daljnjem tekstu: FPZ).

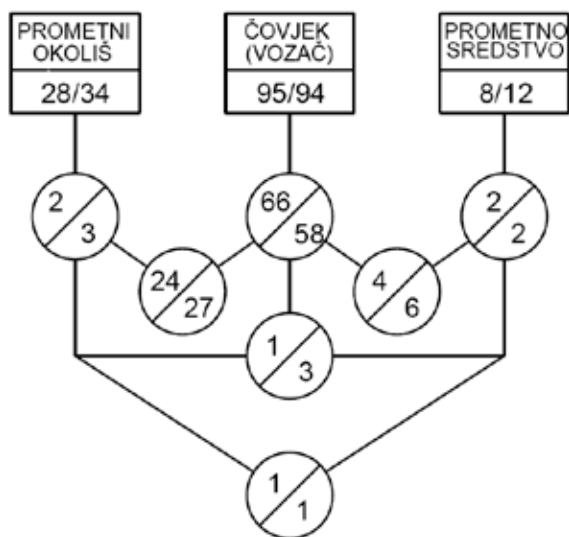
U svijetu je općenito prihvaćeno da su čimbenici određeni čovjekom, u literaturi iz RH kolokvijalno poznati kao čimbenici „ljudskog faktora“, svi čimbenici koji svojim utjecajem mogu sabotirati ili oslabiti izvedbu, te povećati učestalost kojom se rade pogreške. Pojam „ljudskih faktora“ u općenitijem smislu u prometu sadrži sve aspekte odnosa između čovjeka (sudionika u prometu) i stroja (prometnog sredstva) u zadanome ambijentu (prometnog okoliša). Autori ističu dvije najveće pogreške tijekom ergoprosudbi prometnih procesa u RH, preširoko i opće definiranje čimbenika „ljudskog faktora“ bez dublje analize podrijetla, i zastarjeli parcijalni bihevioristički pristup analiza-

ma bez kognitivnog pristupa istraživanju, što oboje dovodi do izrazito velikog postotnog udjela i do izrazite dominacije čimbenika iz skupine „ljudskog faktora“ nad ostalim skupinama čimbenika.

Fuller (*2005.*) u svojim razmatranjima u čimbenike iz skupine „ljudskog faktora“ svrstava: stav, motivaciju, napor, iscrpljenost, pospanost, umor, doba dana, drogu, alkohol, rastresenost i emocije. Autori ovoga rada postavljaju hipotezu da nemaju svi navedeni čimbenici čistu parcijalnu pripadnost samo skupini „ljudskog faktora“ prema kriteriju podrijetla. Michon je već 1985. godine tijekom istraživanja u sklopu „Drive“ projekta Europske ekonomske zajednice smatrao da postoji zakašnjenje u kognitivnom u odnosu na bihevioristički pristup u istraživanju ponašanja i reakcija vozača. Prema Rumaru (*1982.*) istraživanja „ljudskog faktora“ u početku su bila usmjerena na individualne razlike, a nakon Drugoga svjetskog rata na ergonomske pristup koji manje-više podrazumijeva opće ljudske čimbenike. Rumar je 1982. godine sumirao dvije dugogodišnje i nezavisne studije cestovnih istraživačkih laboratorija u Velikoj Britaniji i SAD-u s visoko podudarnim rezultatima prema slici 1., a na temelju rezultata skupine eksperata nakon dubinskih studija oštećenih cestovnih vozila, mjesta nesreća i samih sudionika. Jedan čimbenik ergoprosudbe može pripadati jednoj skupini, ili istovremeno u dvije ili tri skupine čimbenika. U svim poljima na slici 1. gornji ili lijevi postotni udjeli rezultati su britanske studije, a donja ili desna američke studije, za pojedinačno, dvostruko i trostruko sudjelovanje svih triju skupina čimbenika u prometnim nesrećama cestovnih vozila. U pravokutnim poljima s nazivom skupine čimbenika upisan je ukupni postotak za svaku skupinu čimbenika sa svim preklapanjima na način da su zbrojeni čisti postotni udjeli pojedinih čimbenika u svakoj od tri skupine (prvi red u okruglim poljima) s postotnim udjelima za dvostruko i trostruko sudjelovanje pojedinih čimbenika u sve tri skupine (drugi, treći i četvrti red u okruglim poljima).

Rumar je već 1982. godine konstatirao da „ljudski faktor“, bilo pojedinačno (čisto parcijalno sudjelovanje je 66 % u britanskoj i 58 % u američkoj studiji), bilo skupno s ostalim skupinama čimbenika, ima izrazito dominantan utjecaj, tj. skupno sudjeluje sa čak 95 % i 94 % prema slici 1. (*prilagođeno preuzeto od Rumara, 1982.*). Autori to objašnjavaju očekivanim ponašanjem ek-

sperata za statistički objektivni rizik, bez formalne naobrazbe iz kognitivne ergonomije i psihologije. U okolnostima kada ne mogu pronaći materijalno dokazive čimbenike čvrsto uzročno-posljedično povezive s „prometnim okolišem“ i „prometnim sredstvom“ prema propisanim procedurama, pravilnicima i zakonima, za uzrok prometne nesreće uvijek proglašavaju odgovornim „ljudski faktor“.



Slika 1. Udjel „ljudskog faktora“ u vozača cestovnih vozila na temelju statističkog objektivnog rizika i ekspertiza prometnih nesreća

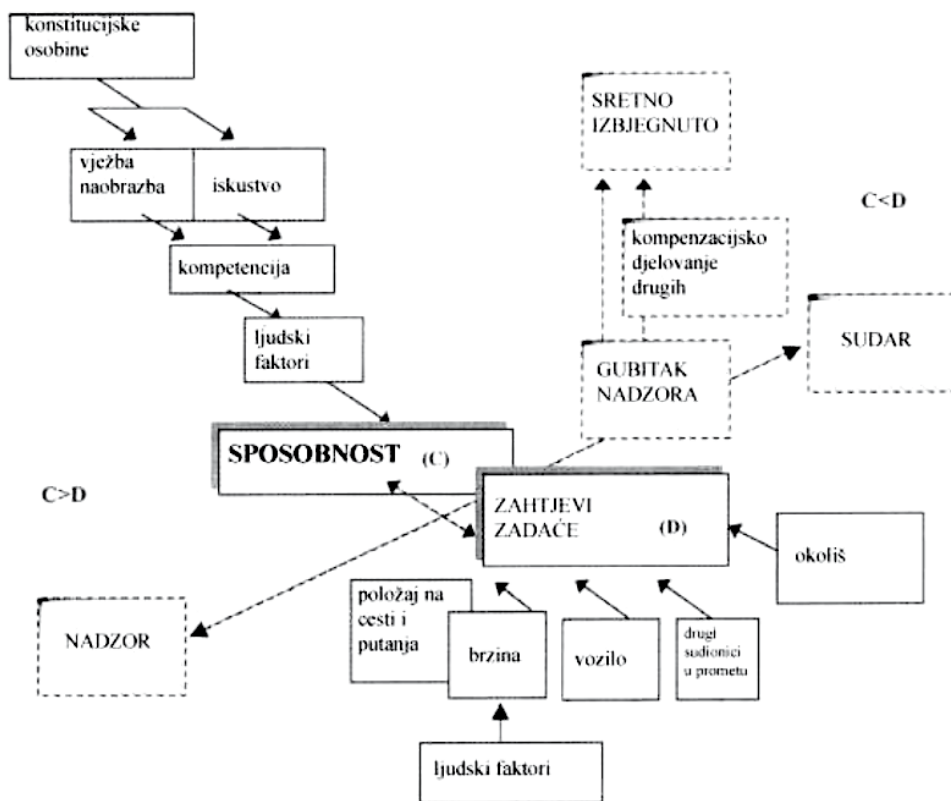
Figure 1. Human factor in road vehicle operators based on the statistical objective risk and studies of traffic accidents

Više je raspoloživih teoretskih metodoloških okvira za dokazivanje utjecaja okoliša na vozače i objašnjavanje ponašanja vozača. Prema Näätänen i Summali (1976.) emocionalne odgovore vozača cestovnih vozila poput nesigurnosti, iznenađenja i razdražljivosti moguće je povezati i s različitim prometnim situacijama. Näätänen i Summala (1976.) su među prvima konstatalirali da statistički objektivni rizik nije odrednica ponašanja vozača. Taylor (1964.) tvrdi da osjećaj rizika može promijeniti vozačevo donošenje odluka, a osjećaj rizika je emocionalni odgovor vozača na prijetnju zbog opasnosti od sudara. Prema novijim teorijama ponašanja vozača, poput Fullero-vo TCI modela (task-capability interface model) iz 2005. prikazanog na slici 2., subjektivni osjećaj rizika se, umjesto na opasnost od sudara, može odnositi i na težinu zadaće vožnje.

Otvoreni dinamički TCI model sučelja „zahtjev zadaće - sposobnost vozača“ (slika 2.) inženjerski je primjenjiv i prihvatljiv autorima, jer se kao ulazne varijable pojavljuju tri standardne skupine čimbenika za polje tehnologije prometa i transporta: „prometni okoliš“ skraćeno PO, „prometno sredstvo“ skraćeno PS i „ljudski faktor“ skraćeno H. Prema slici 2., kada je sposobnost vozača veća od zahtjeva zadaće ($C > D$), zadaća je laka. Kad su sposobnost vozača i zahtjev zadaće jednaki ($C = D$), vozač postupa na granicama svoje sposobnosti i zadaća je vrlo teška, i samo i jedino u tom trenutku subjektivni rizik postaje jednak objektivnom statističkom riziku. Kad je sposobnost vozača manja od zahtjeva zadaće ($C < D$), zadaća je prema definiciji jednostavno preteška i vozač je ne može svladati, pa je moguća posljedica gubitak nadzora nad vozilom ako ne postoje sustavi za pasivnu ili aktivnu pomoć vozaču ili ITS (*intelligent transport systems*).

Prema Fulleru (2005.) težina zadaće je neovisna o njezinoj složenosti, te je tijesno povezana s promjenom brzine. Model na slici 2. je uz nadogradnju inženjerski primjenjiv i na strojovođe prema slici 3. (preuzeto od Fuller, 2005., doručeno od Sumpor, 2012.), ali i na vozače tramvaja. Težina zadaće u strojovođa dominantno ovisi samo o promjeni brzine (skretnice se postavljaju iz lokalnog centra), za razliku od vozača cestovnih vozila koji mogu istovremeno mijenjati i brzinu i smjer.

Upravljanje prigradskim putničkim vlakovima u Zagrebu i struktura čimbenika smetnji strojovođa jako je slično okolnostima upravljanja tramvajima u Sarajevu (BiH) i Zagrebu (RH): česta kretanja i zaustavljanja, mala udaljenost između stanica i neniveliranih cestovno-željezničkih prijelaza. Najveća razlika između prigradskih vlakova i tramvaja je u načinu promjene puta vožnje, dakle u postavljanju skretnica. Kod tramvaja se ručno poslužuju komande za postavljanje skretnica iz upravljačke kabine (za električni pogonjene skretnice) ili se skretnice čak ručno postavljaju posebnim alatom izvan tramvaja za manje frekventna kretanja. U Sarajevu je svih 9 skretnica električni pogonjeno za mogućnost ručnog posluživanja komandom iz upravljačke kabine. U Zagrebu je na znatno većoj mreži od 180 skretnica 80 električni pogonjeno za ručno posluživanje komandom iz upravljačke kabine, a za čak 80 skretnica vozač tramvaja mora zaustaviti tramvaj i izaći da bi posebnim alatom postavio skretnicu. Dakle, ručno



Slika 2. Otvoreni dinamički TCI model sučelja „zahtjev zadaće – sposobnost vozača“

Figure 2. Open dynamic TCI model, task – capability interface

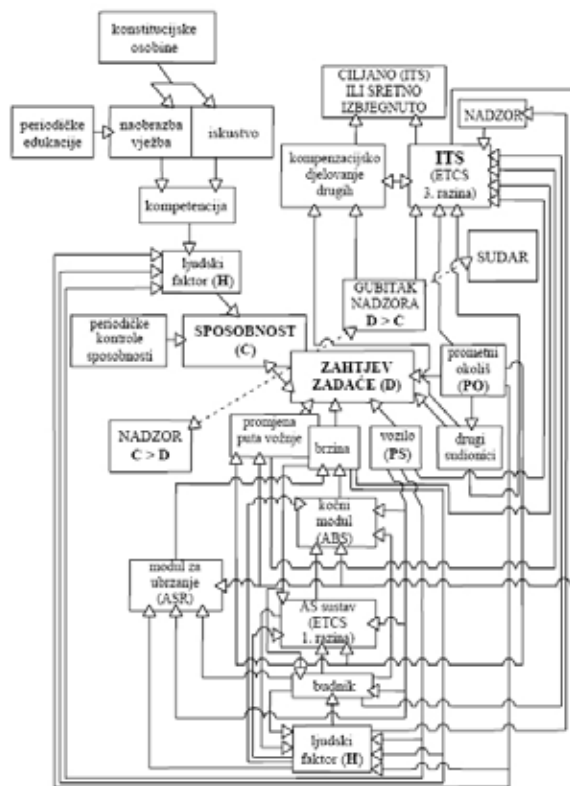
posluživana komanda na upravljačkoj ploči tramvaja za postavljanje skretnica je među najvažnijim i najčešće korištenim komandama.

U tramvajima u BiH i RH ne postoji sustav za pomoć vozaču poput AS uređaja (*auto stop device*) ili automatskog upozoravajućeg sustava AWS (*automatic warning system*).

Strojovođe i vozači tramvaja različito poslužuju budnik. Strojovođe to najčešće čine lijevom rukom i/ili nogom periodičkim otpuštanjem ili pritiskanjem pedale i/ili tastera svakih 20 sekundi zbog potrebe održavanja potrebne razine budnosti tijekom monotone vožnje na otvorenim dionicama. Kod novijih tramvaja budnik je poslužen kontinuiranim pritiskom lijeve ruke vozača na ručicu višenamjenskog kontrolera za grupirane komadne poveze s promjenom brzine (*multi-purpose controller for group related commands*).

Sumpor u disertaciji iz 2012. dokazuje da dio Fullerovih navedenih čimbenika „ljudskog faktora“ prema kriteriju pojavnosti ne ovisi isključivo

o čovjeku, te dokazuje utjecaj „prometnog sredstva“ i „prometnog okoliša“ na skupinu čimbenika „ljudski faktor“, istraživanjem i vrednovanjem čimbenika smetnji iz kognitivne percepcije strojovođa kao relevantnom povratnom informacijom, što je prema znanstvenoj literaturi jedna od mogućih mjera za težinu zadaće vožnje. Težinu zadaće vožnje suvremeni autori poistovjećuju s radnim opterećenjem. Dakle, za ulazne podatke u modele ergoprosudbe, umjesto čimbenika prometnih nesreća i statističkog objektivnog rizika, uzimaju se čimbenici subjektivne smetnje iz kognitivne percepcije strojovođa (Sumpor, 2012.). Sumpor u radovima iz 2009. i 2010. razvija metodologiju ergonomske prosudbe zasnovanu na radnom opterećenju, uz istovremeno uvažavanje kognitivnog i biheviorističkog pristupa istraživanjima, a u sustavu više istovremenih čimbenika se pomoću parametara s broječanim iznosima I_v , $P(\%)$ i \bar{o} lociraju dominantni, važni i zanemarivi čimbenici smetnje (Sumpor, 2012., Sumpor i sur., 2009., 2010.), te se po pojedinačnom utjecaju rangiraju relativno u odnosu na sve ostale čimbenike.



Slika 3. Dinamički TCI model sučelja „zahtjev zadaće – sposobnost strojovođa“ u RH s opcijom razvoja

Figure 3. Dynamic TCI model, task demand – engine driver capability interface in Croatia with possibility for improvement

Fuller (2005.) i većina znanstvenika poslije 2000. godine konstatiraju da je izbor brzine primarno rješenje problema održavanja težine zadatke unutar odabranih granica, a granice su podložne motivacijskim utjecajima (ubrzavanje zbog održavanja reda vožnje ili paradoksalno povećanje brzine u okolnostima smanjene budnosti radi povećanja težine zadatke). Prema modelima na slikama 2. i 3., sposobnost vozača i zahtjev zadatke dominantno i istovremeno mijenjaju čimbenici „ljudskog faktora“, među kojima su i čimbenici konstitucijskih osobina čovjeka, dakle rasponi karakterističnih antropomjera u središnjih 90 % dovoljnog i slučajnog uzorka ispitanika iz cijele populacije strojovođa u RH. Ako na „zahtjev zadatke“ čimbenici iz skupine „ljudskog faktora“ prema slikama 2. i 3. dominantno utječu odabirom brzine vozača, navedeno je potvrda utemeljenosti hipoteze da će na „zahtjev zadatke“ bitno utjecati i raspon antropomjera strojovođa iz cijele populacije strojovođa u RH, u interakciji s do-

stupnošću, pozicioniranjem i grupiranjem često korištenih komandi za promjenu brzine na upravljačkoj ploči, poput kontrolera za ručno posluživanje kočnog modula i/ili akceleratora. U doktorskoj disertaciji (Sumpor, 2012.) dokazana je poveznost iznosa srednje ocjene \bar{o} za sveukupni intenzitet psihofizičkog napora u strojovođa s raspoloživosti i dostupnosti komandi za posluživanje AS sustava, kao i s razmještanjem, dostupnošću i brojem mogućih opcija posluživanja budnika na upravljačkoj ploči i u upravljačnici. Izgledno je da sama spoznaja strojovođe da nema tijekom vožnje na raspolaganju AS sustav u upravljačnici i/ili na određenoj dionici pruge uzrokuje pojačan subjektivni osjećaj radnog opterećenja.

Prema Wilsonu i Norissu (2005.) i smjernicama RSSB (Rail Safety and Standards Board) iz Velike Britanije aktualni prioriteti tijekom znanstvenih istraživanja povezivi sa sigurnošću i skupinom čimbenika „ljudskog faktora“ u željezničkom prometu uključuju i vrednovanje mentalnog opterećenja u strojovođa, te dizajn upravljačnice vlaka i okoliša. Među dijelom prometnog inženjerskog osoblja u RH rasprostranjeno je čudno razmišljanje o mogućim opasnim posljedicama da se prometni inženjeri ne trebaju miješati u dizajn upravljačnice. Prema Woodsonu i sur. (1992.), za maksimalno prihvaćanje korisničkih zahtjeva (strojovođe ili vozači tramvaja) bitno je da se korisnik (operater) uključi tijekom projektiranja prometnih sredstava u najranijoj mogućoj fazi početka razvojnog procesa, tijekom postavljanja sustavnih zahtjeva. Nije dovoljno zahtijevati (Juretić i sur., 2009.) da se ručni kontroler zračne kočnice vlaka mora nalaziti na desnoj strani upravljačke ploče, a upravljački višenamjenski kontroler za upravljanje motornom garniturom (zadavanje vučne/kočne sile) na lijevoj strani, te da položaji ručice moraju biti prema standardu UIC 612. Iznimno je važno jesu li kontroleri za ručno posluživanje ergonomski oblikovani i višenamjenski (objedinjavanje srodnih i često korištenih komandi akceleratora, kočnog modula i budnika), koliko su daleko od centralne osi simetrije pozicionirani desno ili lijevo na upravljačkoj ploči, te koliko naprijed, odnosno za koje raspone statičkih antropomjera u središnjih 90 % iz cijele populacije vozača. Poželjno je pozicioniranjem kontrolera uvažiti instrumentalni operativno uvjetovani refleks, tj. da isti kontroler za istu ruku bude na istome mjestu na upravljačkoj ploči, kod različitih serija prometnog sredstva od različitih proizvođača. Većina istraživanih vozača

iz dovoljnog i slučajnog uzorka su dešnjaci (mali postotak ljevaka se podjednako dobro služi uz lijevu i desnom rukom). Drenovac (2009.) konstatira da su individualne razlike u vremenu jednostavne reakcije RT značajno povezane i s motornim komponentama odgovora: ruka ili noga, lijevi ili desni ekstremitet, te način izvedbe odgovora (većina ljudi postiže bržu reakciju otpuštanjem za razliku od pritiskanja tipke i/ili pedale). Ista komanda za strojovode s više opcija posluživanja, npr. budnik, predviđena za posluživanje rukom ili nogom mora biti na istoj strani upravljačnice, jer lijevom rukom i lijevom nogom upravlja desna strana mozga. Većina vozača tramvaja u Zagrebu zadovoljna je sa činjenicom da novi modeli tramvaja (TMK-2200 i TMK 2200-K) nemaju pedale za nožno posluživanje komandi. Vozači tramvaja u Sarajevu posluživanje komandi nogama u starijim modelima tramvaja smatraju važnim čimbenikom smetnje prema rezultatima istraživanja u Tablici 5.

Prema Dewaru i Olsonu (2007.) perceptivno vrijeme odziva vozača, internacionalnog naziva PRT (*perception-response time*) ukupno je vrijeme odziva potrebno da vozač percipira tj. detektira i identificira vizualni i/ili zvučni signal iz radnog i/ili prometnog okoliša, donese odluku i nakon toga fizički reagira izvršenjem neke funkcije u vremenu reakcije internacionalnog naziva RT (*reaction time*), npr. posluživanjem pedale nogom ili ručice, kontrolera, sklopke i tipkala rukom. Pet je dominantnih skupina čimbenika promjene perceptivnog vremena odziva vozača: očekivanost situacije (očekivana, neočekivana, iznenađenje), hitnost, navršena dob, spol, te kognitivno opterećenje (Green, 2000.). Upravo je kognitivno opterećenje kategorija podložna čimbenicima smetnje iz prometnog i radnog okoliša, što je i predmet istraživanja za muške vozače tramvaja iz Sarajeva u ovome radu.

U Europi i svijetu se istraživanja vremena RT i PRT izvode brže i intenzivnije nego u RH, jer su i započela puno ranije. Engleski antropolog Francis Galton (1822.-1911.) je već 1882. godine u Londonu osnovao antropometrijski laboratorij u kojem je baterijom objektivnih bihevioralnih testova i tjelesnih mjera testirao senzorne i motorne funkcije više od 10.000 muškaraca, žena i djece, a tvrdio je da su individualne razlike u inteligenciji izražene mjerama senzorne diskriminacije i brzinom reakcije na vanjski podražaj (Jensen, 2006.). Galton se za određivanje individualnih razlika

koristio mjerama vremena reakcije RT na vidni i slušni podražaj, a zbog nerazvijenih metoda statističke analitike u to vrijeme nije mogao iz rezultata svojih mjerenja potvrditi (kasnije dokazanu) vlastitu hipotezu da vrijeme reakcije RT dominantno ovisi o navršenoj dobi, spolu i zanimanju.

RASPONJ STATIČKIH ANTROPOMJERA U VOZAČA TRAMVAJA

Neuvažavanje raspona pojedinih statičkih antropomjera populacije vozača tramvaja može utjecati na njihovo kognitivno opterećenje. Prema rezultatima istraživanja iz Tablice 5. među važnim čimbenicima ergoprosudbe koji su i čimbenici smetnje jesu i „loš raspored najčešće korištenih komandi za posluživanje rukom ili pedale za nožno posluživanje važnih komandi“ i „nepristupačnost često korištenih komandi u normalnom doseg ruku“. Prema Muftiću i suradnicima (1999.) dužine tjelesnih segmenata kod većine mlađih ljudi normalne konstitucije proizlaze na temelju harmonijske analize Muftića i Zerderbauera iz stojeće visine h , gdje se stojeća visina h računa pomoću kanona osam visina glave h_g . Istraživani ispitanici iz svih ciljnih skupina zbog poodmakle navršene dobi nemaju više idealne harmonijske dužine tjelesnih segmenata u odnosu na stojeću visinu h , dio ispitanika ima i različite tipove konstitucije tijela i/ili različite varijacije ljudskog tijela u različitim kanonima visine glave, a prema dosadašnjim istraživanjima koautora (Sumpor, 2012., Sumpor i sur., 2009., 2010., 2013., Jurum-Kipke i sur., 2011., 2011.b, Musabašić i sur., 2012.) čak od 78,8 % do 86 % ispitanika muških vozača iz BiH i RH ima pretjeranu ili prekomjernu tjelesnu težinu prema Tablici 1., razmatrano prema kriteriju indeksa tjelesne mase ITM izračunatog prema formuli [1]. ITM je inženjerima koji se bave antropometrijom i ergonomijom podjednako važan parametar ergonomske prosudbe kao i liječnicima, jer sadrži dvije najvažnije statičke antropomjere: stojeću visinu h i tjelesnu masu m . Iz njih se u okolnostima nepostojanja rezultata mjerenja svih statičkih antropomjera za neku populaciju može izračunati gotovo sve potrebno za pojedinog ispitanika (duljina udova, distribucija tjelesnih masa, lumbalno opterećenje na razini kralježaka L4/L5) pomoću harmonijske metode Muftić-Zerderbauer (1999.) i regresijske metode Donskij-Zacijorski (1979.). Naravno, izračun se izvodi uz određi-

nu pogrešku, a zbog različitih tipova konstitucija ljudskog tijela i varijacija ljudskog tijela u različitim kanonima visina glava (*Jurum-Kipke i sur., 2007.*).

$$ITM = \frac{m}{h^2} \quad [1]$$

Prema definiciji Svjetske zdravstvene organizacije (World Health Organization), vrijednosti indeksa ITM izračunate prema formuli [1] označavaju:

- 18,5÷24,9 za normalnu tjelesnu masu u odnosu na tjelesnu visinu,
- 25÷29,9 za prekomjernu tjelesnu masu u odnosu na tjelesnu visinu (gojaznost),
- > 30 za pretjeranu tjelesnu masu u odnosu na tjelesnu visinu (pretilost).

Istraživanja provedena tijekom 2011. u Sloveniji (*Ostan i sur., 2012.*) na 245 djelatnika u željeznici potvrđuju taj trend u nešto nižem postotnom udjelu od 66,9 % pretilih ili gojaznih djelatnika, ali bez značajnih razlika između dvije skupine djelatnika s obzirom na prirodu njihovog posla (djelatnici s bijelim ili modrim okovratnicima). Iz Tablice 1. očito je da sjedeći radni položaj svih muških sudionika u prometu iz BiH i RH tijekom rada (vozača i nevozača) pogoduje povećanom postotnom udjelu prekomjerne i pretjerane tjelesne mase. Mjerenjima vremena reakcije na svjetlosne i/ili zvučne signale pomoću reakciometra CRD4, u okolnostima posluživanja reakciometra rukama i/ili nogama, upravo se istražuje proširena Galtonova hipoteza: je li vrijeme reakcije RT i perceptivno vrijeme odziva PRT ovisi, osim o navršenoj dobi, zanimanju (vozači ili nevozači) i spolu (muškarci ili žene), i o prekomjernoj i/ili pretjeranoj tjelesnoj masi.

U tijeku su mjerenja statičkih antropomjera na dovoljnom i slučajnom uzorku n iz cijele populacije N vozača tramvaja u BiH i RH zbog potrebe određivanja raspona normalnog dosega ruku i biakromijalnog raspona u središnjih 90 % iz cijele populacije vozača, što su minimalni preduvjeti i rasponi najvažnijih antropometrijskih veličina potrebnih za ergonomsko projektiranje upravljačkih ploča u upravljačnicama, s ciljem raspoređivanja često korištenih komandi

za ručno posluživanje u pretežito normalni doseg ruku i unutar biakromijalnog raspona, što bi prema pretpostavkama autora, uz uporabu višenamjenskih kontrolera za srodne funkcije povežite s promjenom brzine trebalo pozitivno djelovati na smanjenje:

- vremena reakcije RT i perceptivnog vremena odziva vozača PRT ,
- subjektivnog osjećaja radnog opterećenja iz kognitivne percepcije vozača,
- fizičkog opterećenja vozača u statičkom sjedećem radnom položaju lumbalnim momentom M_L zbog redukcije sila teža svih segmentalnih masa vozača izvan ravnotežnog položaja na razinu između slabinskih kralježaka L4/L5,
- težine zadaće vožnje prema otvorenom dinamičkom TCI modelu.

Kod istraživanja čimbenika smetnje u vozača tramvaja u Sarajevu i Zagrebu potrebno se fokusirati na najčešće korištene i vozačima najvažnije rukama posluživane komande u upravljačnici (na novijim modelima tramvaja u Sarajevu i Zagrebu nema komandi za posluživanje nogom), razmještaj i dostupnost kojih prema vlastitim istraživanjima dominantno utječe na kognitivno opterećenje vozača: budnik, akcelerator, kočni modul, sirena, blendanje svjetlima, komande za postavljanje skretnica, komande za indikatore smjera, te komande za manipulaciju vratima u putničke prostore. Recentni trend višenamjenskih kontrolera koji u istoj komandi objedinjuju posluživanje više srodnih funkcija akceleratora, kočnog modula i budnika jednom rukom nameće potrebu određivanja strane upravljačke ploče na kojoj se treba nalaziti: je li desna (svi muški i ženski vozači tramvaja iz BiH i RH, kao i muški strojovođe iz RH su dominantno dešnjaci, a manji broj ih se uz lijevu podjednako dobro služi i desnom rukom), ili treba poštovati instrumentalni operativno uvjetovani refleks vozača zbog minulog iskustva pretežitog posluživanja lijevom rukom na starijim modelima. U novim modelima tramvaja iz Zagreba i Sarajeva domaćih proizvođača (GRAS iz BiH, Crotram iz RH) višenamjenski kontroler pozicioniran je za posluživanje lijevom rukom, ali izvan vidnog polja vozača bez okretanja glave i uvažavanja biakromijalnog raspona širine

ramena. Dakle, znatno previše natrag i znatno previše lijevo, što je očigledno bez mjerenja i samo na temelju vizualnog opažanja.

Taboršak je godine 1976. odredio područja normalnog i najvećeg doseg ruke u tri ravnine prema slici 4. (Taboršak, 1976.). Prva oznaka na koti na slici 4. je za muški, a druga za ženski

spol i zone su za ravnine: a) transversalna ravnina, b) frontalna ravnina, c) sagitalna ravnina.

Rezultati u Tablici 2. i na slici 4. za odrasle muškarce u RH iz 80-ih godina prošlog stoljeća više nisu aktualni ako ih usporedimo sa srednjim iznosima stojećih visina u rasponu $h = 180,2 \div 181$ cm u muških vozača iz RH i BiH

Tablica 1. Iznosi dvije najvažnije antropomjere za sudionike u prometu u RH i BiH

Table 1. Two most important anthropomeasures for traffic participants in Croatia and Bosnia and Herzegovina

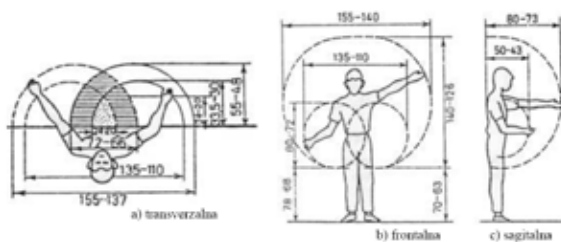
Muški ispitanici		Vozači			Nevozači	
		strojovođe u RH	vozači tramvaja u BiH (Sarajevo)	vozači tramvaja u RH (Zagreb)	ručna naplata cestarina u RH	
Ukupni broj ispitanika iz slučajnog uzorka n:		50	64	52	50	
Navršena dob	Raspon (god.)	28÷53	26÷54	29÷64	23÷60	
	Srednji iznos (god.)	44,9	35,3	47,2	39,9	
Srednji iznos visine \bar{h} (cm)		180,4	180,2	181,0	181,0	
Standardna devijacija σ_h (cm)		6,2	6,6	6,1	6,5	
Raspon visina uzorka Δh (cm)		165÷194	164÷195	168÷192	167÷197	
Za središnjih 90 % izračunati raspon visina $\Delta h_{90\%}$ (cm)		170,2÷190,6	169,3÷191,0	170,9÷191,0	170,4÷191,7	
Raspon tjelesnih masa m (kg)		64÷138	62÷127	75÷120	53÷125	
Godina mjerenja		2012.	2012.	2013.	2011.	
ITM	Raspon (kg/m ²)	20,5÷41,7	19,6÷38,3	23,3÷38,1	19,0÷34,9	
	Srednji iznos (kg/m ²)	29,0	28,6	28,0	27,7	
ITM	Normalna tjelesna masa $ITM = 18,5-24,9$	n	9	9	11	8
		%	18,0 %	14,0 %	21,2 %	16,0 %
	Prekomjerna tjelesna masa: $ITM = 25-29,9$	n	23	38	28	30
		%	46,0 %	59,4 %	53,8 %	60,0 %
	Preterana tjelesna masa $ITM >30$	n	18	17	13	12
		%	36,0 %	26,6 %	25,0 %	24,0 %
	Prekomjerna i preterana tjelesna masa: $ITM >25$	n	41	55	41	42
		%	82,0 %	86,0 %	78,8 %	84,0 %

Tablica 2. Antropometrijski rezultati za muškarce u RH

Table 2. Anthropometric results for males in Croatia

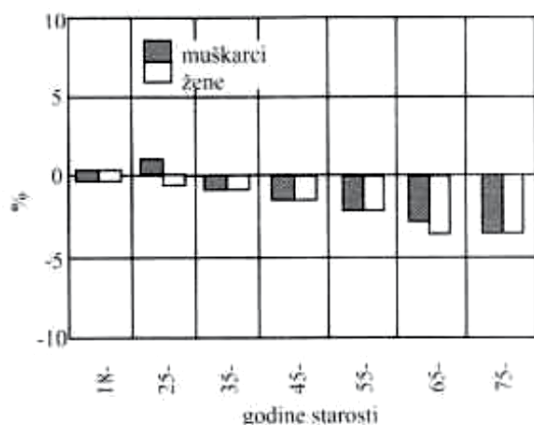
Antropomjera (mm)	Centili				
	5 %	25 %	50 %	70 %	95 %
Visina tijela	1592	1620	1648	1724	1801
Sjedeća visina	820	848	882	908	941
Duljina nadlaktice	288	303	316	326	341
Duljina podlaktice	241	260	270	278	298
Duljina ruke	708	743	759	784	821
Duljina natkoljenice	474	502	523	540	570
Duljina potkoljenice	333	362	376	390	414
Duljina noge	881	935	965	996	1045
Biakromijalni raspon	358	377	393	404	432
Širina zdjelice	269	283	293	302	318
Masa tijela (kg)	56,5	64,9	71,5	80,2	95

prema Tablici 1., a za mjerenja izvršena od 2011. do 2013. godine.



Slika 4. Zone normalnog i maksimalnog doseg ruke
Figure 4. Zones of normal and maximum arm reach

U Tablici 2. su rezultati mjerenja antropomjera muške populacije prema Rudanu (1979.).



Slika 5. Relativna promjena visine tijela ovisno o godinama i spolu, za muškarce i žene starosne dobi od 18 do 79 godina

Figure 5. Relative change of body height depending on age and sex, for males and females aged between 19 and 79

Iznos procjene prosječne visine odraslih muškaraca u RH od $\bar{h}=175,8$ cm (uz standardnu devijaciju $\sigma_h = 8,36$ cm) na temelju mjerenja iz 2005. i 2006. godine na uzorku od $n = 4090$ ispitanika prema Ujeviću i ostalima (2009.) također je manji od srednjih iznosa visina muških vozača u BiH i RH iz Tablice 1. Važno je napomenuti da su muški vozači navršene dobi između 26 i 64 godine u trenutku mjerenja većim dijelom bili u godinama kada im se prema Ujeviću i ostalima (2009.) visina već relativno smanjuje s obzirom na dob prema slici 5, a osim toga vozači nisu poput studenata skupina izložena socioekonomskim faktorima koji uvjetuju veću prosječnu visinu u odnosu na ostale skupine muškaraca istih godina.

Rasponi stojećih visina Δh neke populacije podložni su promjenama tijekom godina, jer su fenotipske varijacije antropomjera cijele populacije zbroj varijacija genotipa i varijacija ekoloških čimbenika iz okoliša (Jurum-Kipke i sur., 2007.). Rezultati iz Tablice 1. uspoređeni sa svim ranijim mjerenjima potvrđuju okolnost da se i iznosi stojećih visina populacije muškaraca u RH (a vjerojatno i u BiH) blago povećavaju tijekom godina, razmatrano prema kriteriju srednje stojeće visine. Za očekivati je da im se i iznosi ostalih tjelesnih antropomjera također manje ili više linearno povećavaju, te je njihov utjecaj potrebno istražiti novim mjerenjima statičkih antropomjera karakterističnih za sjedeći radni položaj, na slučajnom i dovoljnom uzorku iz cijele populacije vozača.

Sve statičke antropomjere u čovjeka, uključivši i stojeću visinu h , podliježu zakonitostima normalne razdiobe. Prema Kovač-Striko i sur. (2008.) dovoljno je veliki svaki uzorak za $n > 30$ iz bilo kojeg osnovnog konačnog skupa očekivane sredine μ i standardne devijacije σ . Razmatrano u tlocrtu upravljačnice i transversalnoj ravnini vozača, prema napatku Kroemera i Grandjeana (2000.) potrebno je isključiti 5 % najvećih i 5 % najmanjih osoba (u tjelesnoj dimenziji na koju se analiza odnosi) zbog centila koji se nalaze između 5 % i 95 %. Dakle, bit će određeni rasponi antropomjera za približno središnjih 90 % (selekcijom iz izmjerenog) ili središnjih 90 % (izračunom) iz slučajno odabranog i dovoljnog uzorka od n ispitanika, što je točniji iznos s obzirom na zaokruživanje izmjernih antropomjera na 1 cm.

Aritmetička sredina ili srednji iznos pojedinačne antropomjere \bar{h}_i za slučajni uzorak od n ispitanika izračunata je prema ovome izrazu:

$$\bar{h}_i = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{n} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n h_i \quad [2]$$

Iznos standardne devijacije σ_{h_i} pojedinačne antropomjere h_i kod slučajnog uzorka od n ispitanika izračunat je prema ovoj formuli:

$$\sigma_{h_i} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h}_i)^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta h_i^2} \quad [3]$$

Prema rezultatima iz Tablice 3., prihvatljiv iznos odstupanja $\sigma_{\bar{h}} = 0,6 \text{ cm}$ aritmetičke sredine stojeće visine \bar{h} kod slučajnog uzorka od $n = 64$ ispitanika u odnosu na očekivanu srednju vrijednost stojeće visine μ kod osnovnog skupa $N = 121$ cijele populacije muških vozača tramvaja u Sarajevu, izračunat je prema izrazu [4]. To dokazuje da je slučajni uzorak i dovoljan, pa se rezultati odnose na cijelu populaciju vozača.

$$\sigma_{\bar{h}} = \frac{\sigma_{h_i}}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \quad [4]$$

Izračunati rasponi visina $\Delta h_{90\%}$ prema izrazu [7] u središnjih 90% ispitanika iz uzorka prema Tablici 3. (*Sumpor, 2012., Musabašić i sur., 2012.*) određeni su pomoću izraza [5] i [6] preuzetih od Kroemera i Grandjeana (2000.), koji povezuju centile c , aritmetičku sredinu pojedine antropomjere \bar{h}_i i standardnu devijaciju σ_{h_i} kod cijelog slučajnog uzorka od n ispitanika.

$$5,0 \cdot c = \bar{h}_i - 1,6 \cdot \sigma_{h_i} \quad [5]$$

$$95,0 \cdot c = \bar{h}_i + 1,65 \cdot \sigma_{h_i} \quad [6]$$

$$\Delta h_{190\%} = 5,0 \cdot c \div 95,0 \cdot c \quad [7]$$

Ako se, osim raspona nominalnog i maksimalnog dosega ruku i biakromijalnog raspona u centralnih 90 % od cijele populacije vozača ne mjeri sve ostale karakteristične antropomjere bitne za sjedeći statički radni položaj, prilagodljivost upravljačke ploče ostalim vozačima može se postići u manjem obujmu pomoću ergonomski oblikovanog sjedala s osam stupnjeva podešavanja: visina sjedala, nagib sjedala, nagib naslona za leđa, nagib naslona za vrat, visina naslona za vrat, nagib naslona za ruke, rotacija cijele stolice oko vertikalne osi (samo na trzaj tijela bez ručne kočnice), primicanje ili odmicanje cijele stolice i/ili sjedala u odnosu na upravljačku ploču po centralnoj osi simetrije u tlocrtu upravljačnice (transverzalne ravnini vozača). Ergonomska i podesiva sjedala u upravljačnicama osim odstupanja u izračunima moraju kompenzirati i ekstremne antropomjere vozača ispod 5 i iznad 95 centila.

Prema Tablici 4. početkom 2013. godine u Sarajevu je bilo samo 11 ženskih vozača tramvaja od sveukupno 132 vozača (8,3 %), dok je u

Zagrebu bilo čak 169 ženskih vozača tramvaja od sveukupno 742 vozača tramvaja (22,8 %). U Sarajevu je moguće raspone antropomjera ženskih vozača u manjoj mjeri prilagoditi radnom prostoru upravljačnice pomoću stolice sa 8 stupnjeva podešavanja.

Međutim, u Zagrebu se, zbog velikog postotnog udjela ženskih vozača tramvaja od čak 22,8 %, upravo provode mjerenja statičkih antropomjera i izračuni raspona u centralnih 90 % iz slučajnog i dovoljnog uzorka posebno za muške i ženske vozače tramvaja. Rezultati za cijelu populaciju od 742 vozača tramvaja u Zagrebu sadržavat će raspone statičkih antropomjera između 5 centila za ženske vozače i 95 centila za muške vozače, a zbog dizajniranja univerzalne upravljačke ploče.

KOGNITIVNA ERGOPROSUDBA ČIMBENIKA SMETNJI VOZAČA TRAMVAJA IZ BIH

Ispitanici su u anketnom listiću ocjenjivali ocjenama od 1 prema naviše samo one čimbenike ergoprosudbe od 23 ponuđena iz Tablice 5 koji im subjektivno i smetaju. Ocjena 1 je ekvivalentna najjačem subjektivnom doživljaju intenziteta smetnje. U Tablici 5 prikazano je rangiranje svih čimbenika smetnje pomoću brojčanog iznosa indeksa važnosti I_v prema formuli [8] za $n = 64$ muških vozača tramvaja iz Sarajeva (BiH).

Indeks važnosti I_v predložen je prvi puta 2009. godine tijekom formiranja metodologije ergoprosudbe čimbenika smetnje u strojovođa (*Sumpor i sur., 2009.*) i brodaraca (*Jurum-Kipke i sur., 2009.*), jer je isti indeks i ravnopravno obuhvatio dva različita parcijalna rangiranja čimbenika ergoprosudbe na uzorku od $n = 31$ strojovođe iz RH u minulim istraživanjima (*Sumpor i sur., 2009.*): rangiranje po prosječnoj ocjeni \bar{o} za intenzitet subjektivne smetnje za n ispitanika prema formuli [9] i rangiranje prema postotku pojavnosti $P(\%)$ pojedinačne subjektivne smetnje kod svih ispitanika.

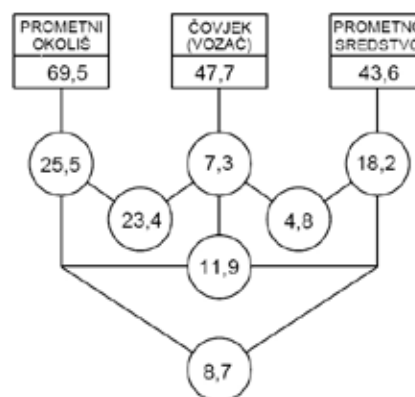
$$I_v = \frac{P}{100} \cdot (16 - \bar{o}) \quad [8]$$

$$\bar{o} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n o \quad [9]$$

Ukupna postotna pripadnost $P_{iv}(\%)$ prema slici 6 pojedinoj od tri standardne skupine čimbenika za pojedinačno, dvostruko i trostruko sudjelovanje svih 22 dominantnih i važnih čimbenika dobivena je zbrajanjem postotnih pripadnosti za pojedine čimbenike $P_{iv}(\%)$ u skladu s pripadnošću skupinama čimbenika prema Tablici 5.

Parametar postotne pripadnosti $P_{iv}(\%)$ pojedinog čimbenika po iznosu Iv u ukupnom zbroju indeksa važnosti ΣIv za sve čimbenike dobiven je prema formuli [10], a zbroj iznosa indeksa važnosti ΣIv odnosi se samo na 22 dominantna i važna čimbenika iz Tablice 5.

$$P_{iv} = \frac{Iv_i}{\sum_{i=1}^{22} Iv} \cdot 100 \quad [10]$$



Slika 6. „Ljudski faktor“ u muških vozača tramvaja iz Sarajeva (BiH) izražen preko $P_{iv}(\%)$ na temelju čimbenika smetnji iz kognitivne percepcije vozača

Figure 6. Human factor in male tram operators in Sarajevo (BH) expressed by $P_{iv}(\%)$ based on distraction factors in cognitive perception

Tablica 3. Rasponi stojeće visine h za cijeli slučajno odabrani uzorak n i za središnjih 90 %

Table 3. Standing height h for the entire random sample n and for the median 90%

Antropo - mjera	n	N	Muški ispitanici	Oznaka / mjerna jedinica	Napomena	Iznos (cm) za	
						n	središnjih 90 %
h – stojeća visina u ravnotežnom stojećem položaju	50	1410	strojvođe iz RH	\bar{h} / cm	izračunato - izraz [2]	180,4	180,4
				Δh / cm	izmjereno za $n = 50$	165÷194	/
				$\Delta h_{90\%}$ / cm	selektirano iz izmjerenog za $n = 46$	/	172÷190
					izračunato – izrazi [5, 6, 7]	/	170,2÷190,6
				σ_h / cm	izračunato - izraz [3]	6,2	5,2
				$\sigma_{\bar{h}}$ / cm	izračunato - izraz [4]	0,9	0,8
	64	121	vozači tramvaja iz BiH	\bar{h} / cm	izračunato - izraz [2]	180,2	180,2
				Δh / cm	izmjereno za $n = 64$	164÷195	/
				$\Delta h_{90\%}$ / cm	selektirano iz izmjerenog za $n = 58$	/	170÷190
					izračunato – izrazi [5, 6, 7]	/	169,3÷191,0
				σ_h / cm	izračunato - izraz [3]	6,6	5,3
				$\sigma_{\bar{h}}$ / cm	izračunato - izraz [4]	0,6	0,5

Tablica 4. Struktura vozača tramvaja u Sarajevu i Zagrebu prema spolu

Table 4. Tram operators structure in Sarajevo and Zagreb according to sex

Vozači tramvaja									
Zagreb					Sarajevo				
muškarci		žene		ukupno	muškarci		žene		ukupno
N	udjel (%)	N	udjel (%)		ΣN	N	udjel (%)	N	
573	77,2 %	169	22,8 %	742	121	91,7 %	11	8,3 %	132

Izvor: Javno dostupni podaci tijekom početka 2013. godine

Tablica 5. Pripadnost čimbenika subjektivne smetnje u tri standardne skupine: H = muški vozač tramvaja u BiH („ljudski faktor“), PO = „prometni okoliš“, PS = „prometno sredstvo“

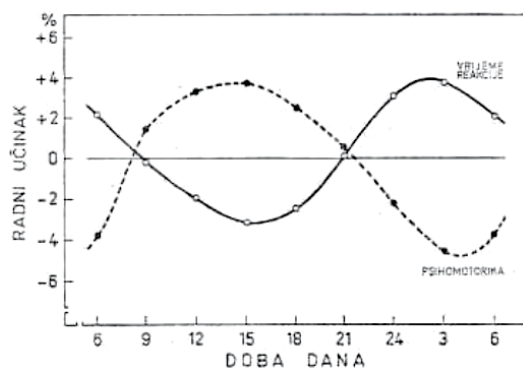
Table 5. Factors of subjective distraction in three standard groups: H = male tram driver in BH (human factor), PO = traffic environment, PS = type of vehicle

Čimbenici ergoprosudbe: 23 ponuđena u anketi		Skupina	P (%)	\bar{o}	I_v	P_w (%)
Loša organizacija prometa i velika zakašnjenja	Z	PO	92,2	3,5	11,5	11,35
Neergonomična i neudobna stolica bez mogućnosti podešavanja antropomjerama vozača	X	PS	78,1	5,3	8,4	8,27
Nebriga uprave o uvjetima rada	V	PO	93,8	8,2	7,3	7,23
Stres tijekom nailaska na raskrižje zbog promjene svjetlosne signalizacije	C	H, PO	95,3	8,4	7,2	7,14
Stres tijekom zaustavljanja ili polaska sa stajališta (i tijekom manipulacije ulaska i/ili izlaska putnika)	B	H,PS, PO	95,3	8,6	7,1	6,99
Kiša ili snijeg u kombinaciji s dnevnim špicama	J	PO	90,6	8,3	7,0	6,91
Stres tijekom nailaska na raskrižje zbog prolaska motornog vozila kroz crveno svjetlo	D	H,PO	96,9	9,3	6,5	6,37
Kiša ili snijeg u kombinaciji s vožnjom navečer prije ponoći ili rano ujutro od 5 h	I	H,PO	87,5	9,1	6,0	5,97
Stres tijekom nailaska na raskrižje zbog postavljanja skretnica iz kabine ili ručnog postavljanja izvan vozila	E	H,PO, PS	93,8	10,7	5,0	4,89
Kontinuirana i periodička čujna prometna buka u upravljačnici	A	H,PS	82,8	10,2	4,8	4,78
Intenzivan stres tijekom rada u dnevnim špicama	F	H,PO	90,6	11,3	4,3	4,23
Loš raspored najčešće korištenih komandi za posluživanje rukom ili pedale za nožno posluživanje važnih komandi (akcelerator i kočni modul)	T	PS	89,1	11,8	3,8	3,72
Profesionalne bolesti (bol u kralježnici, hemeroidi, želučane smetnje, visoki tlak,.....)	N	H	87,5	12,4	3,2	3,13
Svjetlosni i ostali indikatori izvan vidnog polja (bez okretanja glave)	R	PS,PO	87,5	12,6	3,0	2,93
Nepristupačnost često korištenih komandi u normalnom doseg ruku	S	PS	89,1	13,1	2,6	2,59
Vizualna preglednost prometnog okoliša s upravljačkog mjesta	K	PS,PO	89,1	13,1	2,6	2,59
Umor i pospanost tijekom vožnje navečer prije ponoći ili rano ujutro od 5 h	M	H	75,0	12,6	2,5	2,48
Upravljačnice bez klima uređaja i/ili upravljačnice bez prozorčića (za otvaranje ljeti)	H	PS	79,7	13,1	2,3	2,31
Preopterećenost vozila putnicima	G	PS,PO	81,3	13,9	1,7	1,70
Jutarnje javljanje u službu u 4:30 h za smjenu od 5 h	L	H	90,6	14,1	1,7	1,68
Slabo održavanje vozila (nepoštovanje servisnih intervala)	O	PS,PO	73,4	14,0	1,5	1,47
Propuh (slaba brtvljenost upravljačnice)	U	PS	89,1	14,6	1,3	1,26
Neodvojenost upravljačnice od putničkog dijela	P	PS	85,9	15,0	0,9	/
dominantni čimbenici ergoprosudbe (od Z do F)					75,1	74,13
važni čimbenici ergoprosudbe (od T do U)					26,2	25,86
zanemarivi čimbenik ergoprosudbe (P)					0,9	/
sveukupno (bez zanemarivih čimbenika ergoprosudbe)					101,3	100,00
parcijalni (čisti) utjecaj pojedine skupine čimbenika		H = „ljudski faktor“			7,3	
		PS = „prometno sredstvo“			18,2	
		PO = „prometni okoliš“			25,5	
preklapanje između dvije skupine čimbenika		H+PO			23,41	
		H+PS			4,8	
		PS+PO			8,7	
preklapanje između tri skupine čimbenika		H+PS+PO			11,9	
skupni utjecaj pojedine skupine čimbenika sa svim preklapanjima		H s preklapanjem			47,7	
		PS s preklapanjem			43,6	
		PO s preklapanjem			69,5	

Izvor: Istraživanja koautora tijekom 2012. i 2013. u BiH (Sarajevo)

ČIMBENICI OVISNOSTI UDJELA „LJUDSKOG FAKTORA“

Vozači tramvaja u Sarajevu ne rade u noćnoj smjeni, pogotovo ne cijeli interval od 24 h do 4 h kada je najintenzivniji negativni učinak cirkadijurnih ili dnevnih bioritmova na čovjeka. Prema Šverku (1971.) razina budnosti vozača dominantno ovisi o dobu dana, pa radna efikasnost čovjeka znatno i ciklički varira tijekom dana, te je različito vrijeme jednostavne psihomotorne reakcije posljedica različitog psihofiziološkog stanja organizma tijekom dana. Noću se vrijeme jednostavne psihomotorne reakcije (puna linija) povećava kako psihomotorna sposobnost čovjeka (isprekidana linija) pada (slika 7); (Šverko, 1971.).



Slika 7. Dnevno kolebanje vremena jednostavne psihomotorne reakcije (puna linija) i učinka u jednostavnom testu psihomotorike (isprekidana linija)

Figure 7. Daily time deviation for simple psychomotor reaction (solid line) and the effect in a simple psychomotor test (broken line)

Okolnost da vozači tramvaja u BiH najčešće sami biraju smjenu i ciklus rotacije u smjenskom režimu s jednakomjernim smjenama bez klasične noćne smjene, dominantni je uzrok malog udjela „ljudskog faktora“ od samo 47,7 % prema Tablici 5. i slici 6. Okolnost da udjel „ljudskog faktora“ u muških vozača tramvaja više nije najveći s obzirom na ostale dvije skupine čimbenika prema Tablici 5. i slici 6. može se objasniti intenzivnim negativnim utjecajem cijelog niza dominantnih i važnih čimbenika smetnje iz radnog i prometnog okoliša prema Tablici 5. Očekivan je i objašnjiv manji udjel „ljudskog faktora“ vozača tramvaja u BiH s obzirom na ostale vozače i nevozače iz prijašnjih istraživanja

prema Tablici 6. (Sumpor, 2012., Sumpor i sur., 2009., 2010., Jurum-Kipke i sur., 2011., 2009., 2011.b, 2011.c, Taboršak i sur., 2011., 2011.b), zbog povoljnijeg smjenskog režima rada, optimalnijih uvjeta odmora koji uključuju spavanje noću i dostupnosti slobodnog vremena za socijalne kontakte s obitelji i okolinom. Cijeli smjenski rad vozača tramvaja u Sarajevu traje u intervalu od 5 h do 24 h s manjim odstupanjem oko početka ili završetka: dvije jednakomjerne smjene (7 h÷13 h, 13 h÷20 h), tri jednakomjerne smjene (5 h÷11 h, 11 h÷17 h, 17 h÷24 h) ili dvokratna prekidna jednakomjerna smjena (7 h÷9 h i 12 h÷18 h) s pauzom (9 h÷12 h). Nije obavezan ciklus rotacije smjena manji od tjednog, uz vrlo liberalni režim za pojedine vozače s aspekta privatnih potreba (mala djeca, putovanje na posao, edukacija i ostale privatne potrebe). Vozači mogu, ako žele i ako je to moguće, više tjedana raditi u istoj smjeni. Aktivna vožnja je do 8 sati maksimalno u dvokratnoj prekidnoj smjeni ili do 7 sati maksimalno u dvosmjenskom ili trosmjenskom režimu, uz 2 slobodna dana u tjednu (i kod odabira slobodnih dana u tjednu izlazi se maksimalno susret privatnim potrebama vozača).

RASPRAVA

Najveći udjel čimbenika „prometnog okoliša“ od 69,5 % prema slici 6. i Tablici 5. u odnosu na ostale dvije skupine čimbenika je očekivani rezultat za vozače tramvaja iz Sarajeva, zbog cijelog niza dominantnih čimbenika smetnje iz prometnog okoliša, u okolnostima prometovanja tramvaja presijecanjem puta vožnje s cestovnim prometnim tokom i/ili prometovanja tramvaja „žutom trakom“, što je identično i s puno kompleksnijom situacijom u Zagrebu. Isto potvrđuje potrebu za aktivnim sustavom za pomoć vozačima tramvaja koji će automatski postavljati skretnice interakcijom lokalnog prometnog okoliša i samog vozila prije semafora i/ili skretnice, a prema voznome redu vezanom uz broj linije tramvaja (broj linije tramvaja određuje put vožnje), a sve bez uvođenja skupog sustava postavljanja skretnica pomoću daljinske kontrole iz jednog centra za cijelu mrežu. Vozač će biti samo kontrola ili rezerva za posluživanje u slučaju kvara sustava. U isti je sustav potrebno integrirati i funkciju autostop sustava za crveno svjetlo na semaforu za tramva-

Tablica 6. Čimbenici promjene udjela „ljudskog faktora“ za vozače tramvaja u BiH i pomoćne skupine ispitanika
Table 6. Elements affecting the role of the human factor for tram operators in BH and in auxiliary group

	Vozači			Nevozači
	strojovođe u RH	vozači tramvaja u BiH (Sarajevo)	zapovjednici plovila u RH i EU	djelatnici na ručnoj naplati cestarina u RH
Broj ispitanika n	50	64	22	50
ΣP_n (%)	69,2	47,7	84,6	30,0
Smjenski rad uključuje i rad noću	da, najviše 2 nejednakomjerne uzastopne noćne smjene u turnusima sadrže noćni rad (3 h ili više tijekom smjene)	ne, bez noćne smjene, jednako-mjerne smjene (do 7 h vožnje u trosmjenskom ili dvosmjenskom režimu, do 8 h vožnje u prekidnoj smjeni)	da, nejednakomjerne nepravilne kraće smjene, mogu biti i noću	da, najviše 2 uzastopne klasične jednakomjerne noćne smjene po 8 h
Organizacija smjenskog rada u neprekidnom smjenskom sustavu	turnusi (rotirajuće nejednakomjerne smjene), smjena 10 h za prijevoz putnika ili 12 h za prijevoz tereta i manevriranje, odmor između 2 uzastopne smjene ≥ 16 h	ciklus rotacije tjedni ili dulji, po izboru vozača i u skladu s privatnim potrebama, smjene su jednakomjerne (dvije, tri ili dvokratna prekidana s pauzom), interval odmora od 48 h u tjednu	vrlo brzo rotirajuće nejednakomjerne i kraće smjene, ukupno 24 h odmora u intervalu rada i odmora od 48 h (najmanje 2 puta po 6 h neprekidno)	relativno brzo rotirajuće 3 jednakomjerne smjene od 8 h, naplatna postaja Lučko idealni sustav 2+2+2+odmor 48 h, manje naplatne postaje 3 smjene 2+2+1+ odmor 48 h ili 2 smjene bez noćne 2+3+odmor 48 h
Priroda posla	složeno upravljanje vozilom, dominantno problematika promjene brzine (promjena puta vožnje postavljanjem skretnica iz lokalnog centra iz prometnog okoliša)	složeno upravljanje vozilom, problematika promjene brzine uz moguću promjenu puta vožnje (vozač tramvaja postavlja skretnice iz upravljačnice ili izvan tramvaja)	vrlo složeno upravljanje tromim prometnim sredstvom s velikim vremenom odziva na komande, problematika promjene brzine uz moguću istovremenu promjenu smjera	uzastopno ponavljanje rutinske monotone radnje ručne naplate cestarina, s malim brojem varijacija
Uvjeti odmora	najčešće kod kuće u tišini svojeg doma, rjeđe u intervalu 8 h÷12 h odmor u okretu unutar dometa čujne prometne buke na željezničkim kolodvorima	redovito kod kuće u tišini svojeg doma, većinom noću za rad u svim smjenama, pauza od 9 h do 12 h u dvokratnoj prekidnoj smjeni nije namijenjena za spavanje	1 mjesec odmora na plovilu u okruženju čujne buke tijekom plovidbe 24 h dnevno, 1 mjesec neprekinuti odmor u tišini kod kuće na kopnu	redovito kod kuće u tišini svojeg doma
Interakcija s obitelji, društvom i okolinom	da, tijekom tjedna	da, vrlo dobra, tijekom tjedna, vozači najčešće sami biraju smjenu i ciklus rotacije	ne, neprekidni boravak na plovilu 1 mjesec	da, tijekom tjedna

je, po uzoru na sustave za pomoć strojovođama, kako bi vozač tramvaja bio onemogućen da prođe kroz crveno svjetlo na semaforu zbog utjecaja čimbenika smetnji iz radnog i prometnog okoliša. Isti sustav može automatski posluživati i indikatore promjene smjera. Takav sustav je racionalan samo ako će interaktivna svjetlosna signalizacija biti tako projektirana da tramvaj kao važno sredstvo javnog prijevoza putnika u centru grada na raskrižjima uvijek ima prednost pred osobnim automobilima.

Sirena je sljedeća najvažnija ručno posluživana komanda nakon aktiviranja kočnog modula ako su pješak ili cestovno vozilo unutar zaustavnog puta tramvaja na pruzi. Taster za ručno posluživanje sirene mora biti fizički izdvojen i vizualno prepoznatljiv, obvezno u pretežito normalnom doseg ruke i u vidnome polju bez okretanja glave, što sada nije tako niti u Sarajevu niti u Zagrebu, jer vozač tramvaja u okolnostima izvanrednog događaja nema vremena taster za sirenu tražiti rukom i/ili pogledom. Poželjna je i dodatna opcija za ručno posluživanje sirene s obje ruke po izboru, uz standardnu opciju tastera za desnu ruku koja je slobodna (lije-

va je ruka non-stop na višenamjenskom kontroleru zbog kontinuiranog posluživanja budnika pritiskom ruke). Zašto dodatnu opciju posluživanja sirene ne staviti kao taster za palac i na sam višenamjenski kontroler? Vozač tramvaja bi tada mogao istovremeno i/ili parcijalno prema potrebi istom rukom posluživati kočenje i/ili sirenu, što će iznimno pozitivno utjecati na perceptivno vrijeme odziva vozača tramvaja PRT na izvanrednu prometnu situaciju, te sigurno spasiti i pokoji ljudski život.

Za važan čimbenik ergoprosudbe vozača tramvaja u Sarajevu „profesionalna bolest – bol u kralježnici“ s pojavnosću od 87,5 %, potencijalno je opasna okolnost povećane tjelesne mase, u okolnostima dokazanog smanjivanjem statičkog lumbalnog kapaciteta muškaraca ovisno o navršenoj dobi. Statički lumbalni kapacitet, osim o spolu i stavu tijela, najviše ovisi o navršenoj dobi i bitno se smanjuje s godinama (*Muftić, Labar, 1987.*). „Bol u kralježnici“ povezuje je i s utjecajem dominantnog čimbenika ergoprosudbe prema iznosu indeksa važnosti I_v „neergonomična i neudobna stolica bez mogućnosti podešavanja antropomjerama vozača“.

Nužna su istraživanja proširene Galtonove hipoteze, da vremena *RT* i *PRT* osim dominantno o navršenoj dobi, spolu i zanimanju, potencijalno ovise i o indeksu tjelesne mase *ITM* a zbog sljedećih okolnosti. Inženjerska i znanstvena činjenica je da pojedinci s prekomjernom ili pretjeranom tjelesnom masom imaju veće dinamičke momente inercije i tromiji su, pa je očekivana okolnost koju je potrebno dokazati i istražiti nešto sporija reakcija.

Na temelju sljedivih i istovremenih istraživanja prometnog i radnog okoliša vozača tramvaja u Zagrebu i Sarajevu bit će predložen modificirani dinamički otvoreni TCI model sučelja „spособnost vozača tramvaja – zahtjev zadaće“, a potencijalnim rješenjima za sličnu prometnu situaciju u Sarajevu i/ili u Zagrebu, te s opcijom razvoja sustava za pomoć vozačima tramvaja u budućnosti. To je složeniji i zahtjevniji posao u odnosu na željeznički promet, gdje su sustavi za pomoć strojovođi ili ITS za djelomično autonomno upravljanje kompozicijom uz strojovođu kao nadzor, a u okolnostima posluživanja manjeg broja funkcija, standardizirani u univerzalnom europskom sustavu vođenja vlakova ETCS (*European Train Control System*).

ZAKLJUČAK

U radu je dokazano da se čimbenicima radnog i prometnog okoliša koji su i čimbenici smetnje iz kognitivne percepcije muških vozača tramvaja u Sarajevu može programirati radno opterećenje vozača što će, prema recentnoj znanstvenoj literaturi, kognitivnim opterećenjem vozača tijekom vožnje utjecati i na perceptivno vrijeme odziva vozača *PRT*. Rezultati istraživanja potvrđuju da dizajn radnog prostora upravljačnice, te razmještaj i dostupnost najčešće korištenih komandi za ručno posluživanje treba izvesti s obzirom na raspone statičkih antropomjera bitnih za dizajn upravljačke ploče u središnjih 90 % vozača iz slučajnog i dovoljnog uzorka, dakle iz cijele populacije vozača. Pri tome se treba koristiti najnovijim rezultatima mjerenja statičkih antropomjera, zbog dokazanog utjecaja fenotipa na iznose antropomjera tijekom godina. U Sarajevu, kao i u Zagrebu, u najnovijim modelima tramvaja najčešće rukama posluživane komande u

upravljačnici su: budnik, akcelerator, kočni modul, sirena, blendanje svjetlima, postavljanje skretnica, indikatori promjene smjera, te komande za manipulaciju vratima u putničke prostore. Dokazan je i rangiran utjecaj više istovremenih čimbenika smetnje „prometnog sredstva“, „prometnog okoliša“ i „ljudskog faktora“. Na temelju vlastitih istraživanja potvrđena je utemeljenost hipoteze da dizajn upravljačnice i upravljačke ploče utječe na čimbenike „ljudskog faktora“. Ručno posluživanje komandi tijekom upravljanja tramvajem je izrazito kognitivna kategorija u *PRT-u*, jer se ručnim posluživanjem komandi za promjenu brzine prometovanja čimbenicima „ljudskog faktora“ dominantno utječe na težinu zadaće vozača tramvaja prema otvorenom dinamičkom TCI modelu, na što će bitno utjecati dostupnost i razmještaj istih komandi. Kod dizajniranja novih upravljačnica i upravljačkih ploča prilagođenih cijeloj populaciji od *N* vozača tramvaja potrebno je, tijekom razmještaja najčešće korištenih komandi i njihovih indikatora, uvažiti raspone karakterističnih antropomjera za središnjih 90 % iz cijele populacije, a posebno za normalni doseg ruku i za biakromijalni raspon (širinu ramena). Jer, statičke antropomjere vozača tramvaja pripadaju u konstitucijske čimbenike iz skupine „ljudskog faktora“ u dinamičkom otvorenom TCI modelu prema Fulleru. Pri tome se najčešće korištene komande i svi pripadajući indikatori i monitori moraju nalaziti i u vidnome polju vozača bez okretanja glave, da bi se osim pozitivnog utjecaja na perceptivno vrijeme odziva vozača *PRT* spriječile i pogreške vozača tijekom vožnje, što je karakteristično za radne manipulacije s više sljedivih operacija u nizu kada vozač može preskočiti ili zaboraviti jednu od operacija u nizu (npr. tijekom ručnog posluživanja komandi za manipulaciju vratima u putničke prostore).

Osim nužnosti uvođenja kognitivnog pristupa istraživanju, potreba i reakcija vozača tramvaja (prije i nakon uvođenja novog tramvaja u promet), nužno je nadopunjavanje nastavnih planova i programa na preddiplomskim i diplomskim studijima za polje tehnologija prometa i transport u BiH i u RH. U istraživanjima čimbenika subjektivnih smetnji i mjerenja raspona antropomjera vozača tramvaja u Zagrebu tijekom 2013. godine sudjeluju i studenti diplomskog studija FPZ-a u sklopu terenske nastave iz kolegija „Ergonomija u prometu“, a

ista je problematika detaljno razrađena i u NPIP i Izvedbenom planu kolegija, kako se u budućnosti ne bi dešavalo da se tijekom projektiranja upravljačkih ploča u tramvajima i lokomotivama događaju pogreške na razini enciklopedijskog neznanja iz područja primijenjene ergonomije.

Komparacijom i kompilacijom rezultata s rezultatima iz prijašnjih istraživanja autora za nekoliko skupina vozača i nevozača u radu je dokazana hipoteza da niži udjel „ljudskog faktora“ u čimbenicima subjektivnih smetnji za muške vozače tramvaja u Sarajevu dominantno ovisi o povoljnim uvjetima organizacije smjenskog rada u jednako-mjernim smjenama bez noćnog rada, o uvjetima odmora što sadrži i spavanje noću, te o mogućnosti socijalnog kontakta vozača s obitelji, društvom i okolinom.

Zaključno, osim razmještaja i dostupnosti svih često korištenih komandi, uz uvažavanje instrumentalnog operativno uvjetovanog refleksa vozača i raspona antropomjera u središnjih 90 % iz cijele populacije vozača, te uz primjenu višenamjenskog kontrolera posluživanog jednom rukom za grupirane srodne komande povezive s promjenom brzine što dominantno utječe na težinu zadaće, potrebno je u novim modelima tramvaja reducirati broj komandi i funkcija koje vozač tramvaja poslužuje ručno iz upravljačnice (automatizirano posluživa-nje skretnica i indikatora za promjenu smjera).

LITERATURA

Dewar, R.E., Olson, P.L.: *Human Factors in Traffic Safety*, Lawyers & Judges Publishing Company Co., Tucson, 2007.

Donskij, D.D., Zacijorskij, V.M.: *Biomehanika*, Izdateljstvo Fizkultura i sport, Moskva, 1979.

Drenovac, M.: *Kronometrija dinamike mentalnog procesiranja*, Sveučilište Josipa Juraja Strossmayera, Filozofski fakultet, Osijek, 2009.

Fuller, R.: Towards a general theory of driver behaviour, *Accident Analysis and Prevention*, 37, 2005., 3, pp. 461-472.

Green, M.: „How long Does it Take to Stop?“ Methodological Analysis of Driver Perception-Brake Times“, *Transportation Human Factors*, 2000., 2, pp. 195-216.

Jensen, A.R.: *Clocking the Mind Mental Chronometry and Individual Differences*, Elsevier Ltd, 2006.

Juretić, S. i sur.: *HŽ putnički prijevoz: Elektromotorni vlak za gradsko-prigradski promet, Specifikacija tehničkih zahtjeva za novi EMV*, HŽ, Zagreb, 2009.

Jurum-Kipke, J., Sumpor, D., Musabašić, N.: Cognitive Ergo-assessment of Human Factor During Manual Toll Collection, *Annals of DAAAM for 2011 & Proceedings of 22th International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation: Power of Knowledge and Creativity"*, Katalinić, B. (ed.), *DAAAM International Vienna*, 22th – 26th November, Wien, 2011., pp. 259-260.

Jurum-Kipke, J., Sumpor, D., Musabašić, N.: *Čimbenici opterećenja djelatnika na poslovima ručne naplate cestarina*, Autorska znanstvena studija, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011.b

Jurum-Kipke, J., Baksa, S., Kavran, Z.: Anthropometric Relations Of Human Body In The Function Of Traffic Environment Analysis, *Proceedings of 3rd International Ergonomics Conference "Ergonomics 2007"*, June 13th – 16th, Stubičke toplice, 2007., pp. 239-247.

Jurum-Kipke, J., Sumpor, D., Ivanković, B.: Methodology of Cognitive Ergo-Assessment of Ship Crew Members' Environment, International Scientific Conference Logistics and intelligent transport technologies – opportunities for a new economic upturn, *Proceedings of ZIRP '09*, 2nd april, Zagreb, 2009., pp.47-60.

Jurum-Kipke, J., Sumpor, D., Musabašić, N.: Cognitive Ergo-Assessment of Human Factor in Railway Traffic in the Republic of Croatia, *Proceedings of the 19th International Symposium on Electronics in Traffic ISEP 2011.c, ITS - Connecting Transport*, Electrotechnical Association of Slovenia, March 28, Ljubljana, 2011.c, Railway Transportation, W5, 6 p.

Kovač-Striko, E., Fratrović, T., Ivanković, B.: *Vjerojatnost i statistika s primjerima iz tehnologije prometa*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

Kroemer, K.H.E., Grandjean, E.: *Prilagođavanje rada čovjeku* (Original: Fitting the Task to the Human), Naklada Slap, Jastrebarsko, 2000.

Michon, J.A.: A critical review of driver behavior models: What do we now, what should we do? In: Evans, L. and Schwing, R. C. (Eds.): *Human Behavior and Traffic Safety* (pp. 485-520), Plenum Press, New York, 1985.

Muftić, O., Milčić, D.: *Ergonomija u sigurnosti*, Iproz, Zagreb, 1999.

Muftić, O., Labar, J.: Zavisnost statičke radne sposobnosti o životnoj dobi, *Zaštita*, 30, 1987., 2, 7-14.

Musabašić, N., Toš, Z., Sumpor, D.: Sufficient Number of Respondents for Ergo-Assessment of Physical Appearance Factors Tram Drivers in B&H, *Proceedings of the 7th International Scientific Conference on Ports and Waterways POWA 2012*, Jolić, N. (ed.) Bukljaš Škočibušić, M. et al. (ed.), University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Zagreb, 2012., cd, 12 p.

Näätänen, R., Summala, H.: *Road-user behavior and traffic accidents*, North-Holland Publishing Company/Elsevier, Amsterdam, New York, 1976.

Ostan, I., Poljšak, B., Podovšovnik Axelsson, E.: Motivations for Healthy Lifestyle in Railroad Employees, *PROMET - Traffic&Transportation*, Vol. 24, No. 1, Pardubice, Portorož, Sarajevo, Trieste, Zagreb, Žilina, 2012., pp. 45-52.

Rudan, P.: Dimenzije tijela i tjelesni položaji pri radu, *Medicina rada*, Sarajevo, 1979.

Rumar, K.: The human factors in road safety, XI ARRB Conference, *Australian Road Research Board Proceedings*, Vol.11, Part 1, Melbourne, 1982., pp. 65-78.

Sumpor, D.: *Metodologija ergonomske prosudbe tehnološkoga procesa prijevoza željeznicom, doktorska disertacija*, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2012.

Sumpor, D., Toš, Z., Ivanković, B.: The System Of Ergo-Assessment Factors Of The Locomotive Drivers Working Environment, *Proceedings of Third International Conference on Rail Human Factors*, Lille, 2009., cd, 8 p.

Sumpor, D., Jurum-Kipke, J., Petrović, D.: Ergo-Assessment of Locomotive Drivers' Traffic Environment, *PROMET - Traffic & Transportation*, Vol.22, No.6, Pardubice, Portorož, Sarajevo, Trieste, Zagreb, Žilina, 2010., pp. 439-448.

Sumpor, D., Toš, Z., Musabašić, N.: Static anthropometry measures of tram drivers in Bosnia & Herzegovina important for tram control panel design, *Fourth International Rail Human Factors Conference*, London, 5-7 March 2013, Rail Human Factors "Supporting reliability, safety and cost reduction", Published by: CRC Press/Balkema, Taylor & Francis Group, 2013., pp.118-125.

Šverko, B.: O prolascima vlakova pored zatvorenih signala i o psihološkim procesima koji se vjerojatno nalaze u osnovi tzv. „nepažnje“ strojovođa, *Savjetovanje Ljudski faktor i sigurnost*, Kadrovska služba ŽTP, Zagreb, 1971.

Taboršak, D.: Ergonomija, Tehnička enciklopedija, sv. 5., *Leksikografski zavod*, Zagreb, 1976., pp. 349-352.

Taboršak, D.: *Studij rada*, Orgadata, Zagreb, 1994.

Taboršak, D., Jurum-Kipke, J., Sumpor, D.: Ergonomic Assessment of Share of Human Factor on Inland Waterways, *Proceedings of the 6th International Scientific Conference on Ports and Waterways POWA 2011*, University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, 12 October, Zagreb, 2011., cd, 10 p.

Taboršak, D., Toš, Z., Sumpor, D.: Influence of Change of Human Factor Share on Traffic Flow Safety and Reliability, *Proceedings of the 6th International Scientific Conference on Ports and Waterways POWA 2011*, University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, 12 October, Zagreb, 2011.b, cd, 12 p.

Taylor, D. H.: Drivers' galvanic skin response and the risk of accident, *Ergonomics*, 7, 1964., 4, pp. 439-451.

Ujević, D. et al.: Theoretical Aspects and Application of Croatian Anthropometric System (CAS), University of Zagreb, *Faculty of Textile Technology*, Zagreb, 2009.

Wilson, J.R., Norris, B.J.: Rail human factors: Past, present and Future, *Applied Ergonomics*, 35, 2005., pp. 649-660.

Woodson, W. E., Tillman, B., Tillman, P.: *Human Factors Design Handbook*. (2nd ed.), McGraw-Hill, Inc., New York, 1992.

COGNITIVE APPROACH TO THE ERGONOMIC DESIGN OF THE WORK AND TRAFFIC ENVIRONMENT

SUMMARY: A multidisciplinary ergonomic evaluations of the man-machine-environment system carried out on cabin controls and traffic processes demand from their designers a knowledge and training in the so-called non-technical sciences. Investigations of operator behaviour and/or design of traffic processes cannot be done only from the common behaviourist point of view based on the objective statistical risk assessed from traffic accidents, as already in the 1980s European experience showed that statistical risk is not a determinant in operator behaviour. Subjective risk becomes equal to the objective statistical risk only in the event when the operator acts at the limit of his capacity where the task at hand is too demanding and the loss of control over the vehicle is quite likely without ITS or a system for assistance that eliminate or reduce the effects of distraction. The role of the human factor is not the same in behaviourist and in cognitive study approach, but it needs to be said that in all branches of traffic the human factor is dominant in all behaviourist investigations of the objective risk.

Traffic environment and vehicle (cabin controls), according to the dynamic open Fuller's TCI model (task – capability interface), impact the task difficulty during vehicle operation. The difficulty of the task and the cognitive load on the operator during operation can be programmed by a correct design of controls placing all frequently used commands on the control board, and by taking into consideration the reach of the arms and the biachromial span. Of utmost essence is a correct grouping and placement of speed commands, since the difficulty of the task in the TCI model is predominantly in correlation with the speed change byof the human factor. Dominant and important subjective distractions of the cognitive perception were determined for the male tram operators in Sarajevo using the numerical parameters l_v , $P(\%)$ and \bar{o} , as the cognitive load of the operators is one of the factors in changed perception and response time perception-response time PRT. The role of the human factor in distractions is related to the circumstances such as work and rest, and it has been proven that in cognitive approach this role is not dominant when compared to the impact of traffic environment and means of traffic.

Key words: tram operators, dominant and important factors of distraction, role of the human factor, task difficulty, perception-response time

*Original scientific paper
Received: 2013-04-05
Accepted: 2014-03-17*