

# Ispitivanje djelovanja različitog stupnja osvjetljenja, buke i složenosti kognitivno-motoričkih zadataka izvedenih iz željezničkih upravljačkih sučelja na uspjeh u njihovoj izvedbi

---

Ćelić, Matea

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Department of Croatian Studies / Sveučilište u Zagrebu, Hrvatski studiji**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:111:812977>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[Repository of University of Zagreb, Centre for Croatian Studies](#)





SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
HRVATSKI STUDIJI

Matea Ćelić

**ISPITIVANJE DJELOVANJA  
RAZLIČITOG STUPNJA  
OSVJETLJENJA, BUKE I SLOŽENOSTI  
KOGNITIVNO-MOTORIČKIH  
ZADATAKA IZVEDENIH IZ  
ŽELJEZNIČKIH UPRAVLJAČKIH  
SUČELJA NA USPJEH U NJIHOVOJ  
IZVEDBI**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2019.





SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
HRVATSKI STUDIJI  
ODSJEK ZA PSIHOLOGIJU

MATEA ČELIĆ

**ISPITIVANJE DJELOVANJA  
RAZLIČITOG STUPNJA  
OSVJETLJENJA, BUKE I SLOŽENOSTI  
KOGNITIVNO-MOTORIČKIH  
ZADATAKA IZVEDENIH IZ  
ŽELJEZNIČKIH UPRAVLJAČKIH  
SUČELJA NA USPJEH U NJIHOVOJ  
IZVEDBI**

DIPLOMSKI RAD

Mentor: doc. dr. sc., Mislav Stjepan Žebec

Zagreb, 2019.

*Ispitivanje djelovanja različitog stupnja osvjetljenja, buke i složenosti kognitivno-motoričkih zadataka izvedenih iz željezničkih upravljačkih sučelja na uspjeh u njihovoj izvedbi*

*The impact of different illumination levels, noise and the complexity of the cognitive-motor tasks derived from train control interfaces on the success of their realization*

## **Sažetak**

Svrha ovog istraživanja bila je ispitati djelovanja različitog stupnja osvjetljenja, buke i složenosti kognitivno-motoričkih zadataka na uspjeh u njihovoj izvedbi, izražen preko triju pokazatelja dinamike kognitivnog funkcioniranja (medijan vremena točnih odgovora, prosjek triju najbržih točnih odgovora te prosjek triju najsporijih točnih odgovora). Korišteni intenziteti osvjetljenja iznosili su 40, 280 i 3400 lx, dok su razine akumulirane buke iznosile 0% i 50% preporučene dnevne doze buke D. Kognitivno-motorički zadaci izvedeni su iz željezničkih upravljačkih sučelja, a izvedba u istima mjerena je uz pomoć CRD serije psihodijagnostičkih testova (*Complex Reactionmeter Drenovac*). Pritom su korištena dva testa različite složenosti – CRD4-45, koji mjeri vrijeme izborne reakcije na 2 podražaja, te CRD4-12, koji mjeri vrijeme izborne reakcije na 8 podražaja. Istraživanjem je obuhvaćeno 83 sudionika (45 ženskog i 38 muškog spola), studenata treće godine preddiplomskog studija psihologije Hrvatskih studija Sveučilišta u Zagrebu ( $n = 41$ ) te treće godine preddiplomskog studija Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu ( $n = 42$ ). Isti su raspoređeni u 6 skupina, određenih sa 6 istraživačkih uvjeta akumulirane doze buke i razine osvjetljenja, te je svaki sudionik testiran CRD4-45 i CRD4-12 testovima. Pritom je zadatak sudionika bio da na pojavu zelenog signala što brže i točnije reagira pritiskom odgovarajuće tipke/pedale, bilo dominantnom rukom u slučaju CRD4-45 testa, bilo gornjim, donjim ili i gornjim i donjim ekstremitetima, u slučaju testa CRD4-12. Dobiveni rezultati ukazuju kako se statistički značajni glavni učinci buke i složenosti kognitivno-motoričkih zadataka sustavno pojavljuju kod sva tri pokazatelja izvedbe, i to na način da vrijednosti pokazatelja rastu s povećanjem buke, odnosno povećanjem složenosti zadataka. Statistički značajan glavni učinak osvjetljenja dobiven je samo u slučaju uspjeha mjerenog prosjekom triju najbržih točnih odgovora, pri čemu vrijednosti tog pokazatelja značajno rastu s povećanjem, ali ne i sa smanjenjem osvjetljenja od srednje razine. Značajni učinci dvostrukih interakcija buke i složenosti zadataka dobiveni su kod medijana vremena točnih odgovora te prosjeka triju najbržih točnih odgovora te u oba slučaja ukazuju kako je djelovanje buke nepovoljnije kod složenijih nego kod jednostavnijih kognitivno-motoričkih zadataka. Slično tome, značajan učinak dvostruke interakcije osvjetljenja i složenosti kognitivno-motoričkih zadataka, dobiven samo kod medijana vremena točnih odgovora, ukazuje kako povećanje osvjetljenja od niže prema višim razinama nepovoljnije djeluje na izvedbu složenijih, nego na izvedbu jednostavnijih zadataka. Kod medijana vremena točnih odgovora dobivena je i značajna dvostruka interakcije buke i osvjetljenja, pri čemu se s promjenom osvjetljenja od srednje razine vrijednosti pokazatelja povećavaju u uvjetima buke, dok se smanjuju u uvjetima bez buke. Shodno navedenom, može se zaključiti kako je, od tri korištena pokazatelja izvedbe, medijan vremena točnih odgovora najosjetljiviji na djelovanja vanjskih čimbenika, dok se najmanje osjetljivim pokazao prosjek triju najsporijih točnih odgovora. Ipak, dobiveni nalazi ukazuju kako i ne-prosječni pokazatelji, i to specifično prosjek triju najbržih odgovora, mogu detektirati učinke osvjetljenja, a koji se nisu pokazali na prosječnom pokazatelju uspjeha.

**Ključne riječi:** buka, osvjetljenje, složenost testa, kognitivno-motorička izvedba, prosječni i ne prosječni pokazatelji

## **Abstract**

The purpose of this study was to investigate the effects of different illumination levels, noise and cognitive-motor task complexity on three performance indicators (median reaction time, mean of the three fastest reaction times and mean of the three slowest reaction times, all counted only for correct answers), that represent different dynamic attributes of human cognitive system. Used illumination levels were 40, 280 and 3400 lx, while accumulated noise levels were 0% and 50% of the recommended daily noise exposure limit. Cognitive-motor tasks were derived from train control interfaces, and the success of their realization was measured by two different chronometrical tests performed on Complex Reactionmeter Drenovac. The tests that were used differed in complexity, where the simpler one – CRD4-45 – measured 2-choice reaction time, and the complex one – CRD4-12 – measured 8-choice reaction time. The study was conducted with 83 participants (45 women and 38 men), all final year undergraduate students of psychology at the Department of Psychology at Croatian Studies University of Zagreb ( $n = 41$ ) and of transport at the Faculty of Transport and Traffic Sciences University of Zagreb ( $n = 42$ ). Participants were assigned to the six experimental conditions, according to related noise and illuminance levels, and each one of them performed CRD4-45 and CRD4-12 tests. The subjects' task was to react accurately and as quickly as possible by pressing the button/pedal with their dominant hand (CRD4-45) or with their upper and/or lower limbs (CRD4-12) on every green light signal that had appeared. According to the results, significant main effects of noise and cognitive-motor task complexity systematically occurred in all three performance indicators, in such a way that the values of the indicators increased with increasing noise, as well as with increasing task complexity. The significant main effect of illumination was obtained only for the mean of the three fastest reaction times, where the values of that indicator increased with illumination increase, but not with illumination decrease from the middle level. The significant interaction between noise and task complexity was registered in median reaction time and the mean of the three fastest reaction times, showing that the effect of noise is less favorable in complex than in simpler cognitive-motor tasks. Similarly, the significant interaction between illumination and cognitive-motor task complexity, obtained only in median reaction time, indicates that increasing illumination from lower to higher levels has a less favorable effect on the performance of more complex than on the performance of simpler tasks. For median reaction time, the significant interaction between noise and illumination was also obtained, whereby with the change in illumination from the middle level, the values of the indicator increased under noise conditions, while decreased under non-noise conditions. Accordingly, it can be concluded that, of the three performance indicators used, the median reaction time is the most sensitive to the influence of external factors, while the mean of the three slowest reaction times is shown to be the least sensitive. However, the findings suggest that non-average indicators, specifically the mean of the three fastest reaction times, can detect illumination effects that have not been shown on the average performance indicator.

**Keywords:** noise, illuminance, task complexity, cognitive-motor performance, average and non-average indicators

## Sadržaj

Uvod.....	2
Cilj i problemi.....	8
Metoda.....	9
Sudionici.....	9
Nacrt.....	10
Instrumenti.....	11
Pokazatelji uratka u testovima CRD4-12 i CRD4-45.....	14
Postupak.....	14
Rezultati.....	16
Rasprava.....	33
Glavni učinci akumulirane doze buke, osvjetljenja i složenosti kognitivno-motoričkih zadataka na avT-MIN, avT-MAX i MDN-T.....	33
Učinci dvostrukih interakcija akumulirane doze buke, osvjetljenja i složenosti kognitivno-motoričkih zadataka na avT-MIN, avT-MAX i MDN-T.....	38
Učinci trostrukih interakcija akumulirane doze buke, osvjetljenja i složenosti kognitivno-motoričkih zadataka na avT-MIN, avT-MAX i MDN-T.....	40
Zaključak.....	43
Popis literature.....	46
Prilozi.....	49

## Uvod

Kognitivne sposobnosti pojedinca ključna su odrednica njegove izvedbe u zadacima koji zahtijevaju kognitivni napor, a koja se može objektivno mjeriti. Takvi zadaci uključuju različite kognitivne procese, čije trajanje pri rješavanju pripadnih zadataka, mjereno vremenom reakcije (VR), čini jedan od glavnih interesa istraživača u području kognitivne psihologije, a koji datira od samih početaka kronometrijskih istraživanja. Upravo ta su istraživanja uvelike doprinijela razvoju diferencijalne i eksperimentalne psihologije, u čijim su okvirima započeta značajnija izučavanja intra- i inter-individualnih razlika u VR, kao i istraživanja učinaka različitih vanjskih čimbenika na isto. Budući da se u kronometrijskom pristupu VR smatra mjerom brzine i efikasnosti kognitivne obrade podataka (Jensen, 2006), očito je kako razlike u duljini VR reflektiraju razlike u brzini izvedbe elementarnih kognitivnih procesa kroz postojeće kognitivne zadatke perceptivno-motoričkog sadržaja (Žebec, 2004). Pritom je priroda tih razlika, osim individualnim karakteristikama pojedinca, nerijetko određena i djelovanjem brojnih vanjskih čimbenika, počevši od karakteristika i složenosti samog perceptivno-motoričkog zadatka pa sve do različitih okolinskih uvjeta, koji mogu negativno i promjenjivo djelovati na kognitivne procese pojedinca, odnosno na izvedbu u pripadnim zadacima. Ipak, čini se kako se još uvijek manje pažnje poklanja interakcijskim učincima različitih vanjskih čimbenika na kognitivnu izvedbu, iako je njihov teorijski i praktični značaj već 70-ih godina prošlog stoljeća prepoznat u okvirima ergonomije i kognitivne znanosti (Broadbent, 1963; Kallman i Isaac, 1977).

Još od ranih istraživanja VR, kao vremena koje protekne od trenutka zadavanja osjetnog podražaja do vidljive ponašajne reakcije na isti (Jensen, 2006), poznato je kako ono uvelike ovisi o karakteristikama samog podražaja te složenosti kognitivno-motoričkog zadatka. Premda je upravo složenost kognitivnih zadataka česta varijabla ne samo kronometrijskih, već i brojnih drugih područja istraživanja kognitivne izvedbe, još uvijek ne postoji općeprihvaćena definicija tog konstrukta. Ipak, Jensen (2006) navodi kako se složenost kognitivnih zadataka, unutar različitih paradigmi mjerenja VR, obično odnosi na informacijsko opterećenje pripadnog perceptivno-motoričkog zadatka, bilo da se ono opisuje u terminima karakteristika podražaja, karakteristika odgovora ili pak njihovim međuodnosom. Pritom rezultati ranijih istraživanja ukazuju kako se čak i male razlike u složenosti kronometrijskih zadataka očituju na različitim mjerama VR, budući da povećanje složenosti zadatka obično podrazumijeva i veću količinu podataka koju je potrebno kognitivno obraditi (Henry i Rogers, 1960; Jensen, 2006; Laszlo i Livesey, 1977). Štoviše, prema Hick-ovoj paradigmi (Hick, 1952, prema Drenovac, 2009), kada



pojedinaac mora brzo reagirati na pojavu svjetlosnog podražaja, VR raste proporcionalno  $\log(N)$ , pri čemu  $N$  označava broj prikazanih podražaja. Sukladno tome, Jensen (2006) ističe kako postoji prosječna razlika od 40 do 50 ms između jednostavnog VR na svjetlosni signal prikazan uvijek na istoj lokaciji i izbornog VR na 2 podražaja, kada se svjetlosni signal po slučaju prikazuje na jednoj od dvije moguće lokacije. Također, usporedbom jednostavnog i izbornih vremena reakcije na 2, 4 i 8 podražaja, Ng i Chan (2012) pronalaze kako VR raste u funkciji povećanja broja podražaja, od najkraćeg kod jednostavnog VR, do najdužeg kod izbornog VR na 8 podražaja. Takve nalaze potvrđuju i nalazi brojnih drugih istraživanja (Danthiir, Wilhelm, Schulze i Roberts, 2005; Klapp, 1996; Laszlo i Livesey, 1977; Pins i Bonnet, 1996), pri čemu se isto objašnjava time što veći broj podražaja, odnosno veći broj mogućih odgovora, iziskuje dodatnu obradu, odabir prikladnog odgovora te kognitivno programiranje istog (Henry i Rogers, 1960; Jensen, 2006; Klapp, 1996). Međutim, VR nije samo funkcija informacijske kompleksnosti podražaja, već i prirode motoričkog odgovora, obzirom da vrijeme kognitivne obrade podataka ne može biti izravno i objektivno izmjereno bez fizičkog odgovora, niti vrijeme motoričkog odgovora može biti u potpunosti uklonjeno iz ukupnog VR (Green, 2000; Jensen, 2006). Ipak, istraživači se slažu kako vrijeme motoričkog odgovora ostaje konstantno u kronometrijskim zadacima koji uključuju od 1 do 8 mogućih odgovora te se stoga povećanje VR s povećanjem složenosti motoričkog pokreta smatra dijelom kognitivne obrade podataka, a koji se specifično pripisuje procesima odabira i programiranja motoričkog odgovora (Jensen, 2006; Miller i Low, 2001).

Osim složenosti kognitivnih zadataka, postoje i brojni drugi vanjski čimbenici koji mogu izravno ili posredno djelovati na kognitivnu izvedbu. Neki od tih čimbenika svakako su buka i osvjetljenje, čiji su akutni i kronični učinci na kognitivnu izvedbu predmet brojnih dosadašnjih istraživanja (Hygge i Knez, 2001; Kroemer i Grandjean, 1999; Smolders, de Kort i Cluitmans, 2012; Trimmel i Poelzl, 2006). Pritom se osvjetljenje, izraženo u luxima, definira kao količina svjetla koja iz prirodnog ili umjetnog izvora pada na određenu površinu, dok se bukom smatra svaki neželjeni zvuk koji u određenom trenutku iritira ili uznemiruje, bilo da dolazi iz vanjskog ili unutarnjeg izvora (Kroemer i Grandjean, 1999). Istraživanje djelovanja buke na izvedbu ima dugačku povijest, pri čemu se općenito naglašavaju negativni učinci iste, kako na izvedbu, tako i na kognitivne procese u podlozi. Tako Smith (1989) navodi kako se negativni učinci buke očituju u lošijoj kognitivnoj izvedbi i većem broju pogrešaka u pripadnim zadacima, a slično zaključuje i Chraif (2012), ističući kako izlaganje buci od 75 dB(A), u razdoblju od 20 do 60 minuta, nepovoljno djeluje na prosječno VR u različitim kognitivnim i

motoričkim zadacima. Dulje VR u uvjetima prometne buke (72.9 dB(A)) pronalaze Alimohammadi, Zokaei i Sandrock (2015), dok Trimmel i Poelzl (2006) ističu kako pozadinska buka od 60 dB(A) povećava VR inhibirajući dijelove moždane kore. Ipak, neki istraživači zaključuju kako djelovanje buke na kognitivnu izvedbu ovisi o vrsti i karakteristikama buke, ali i karakteristikama same osobe izložene takvim uvjetima, poput njenih osobina ličnosti (Alimohammadi i sur, 2015; Belojević, Jakovljević i Slepčević, 2003) te osjetljivosti na buku (Belojević i sur, 2003). Međutim, još je iz ranih istraživanja djelovanja buke na kognitivnu izvedbu poznato kako priroda tih učinaka ovisi i o vrsti i složenosti zadatka koji se obavlja (Loewen i Suedfeld, 1992; Nagar i Pandey, 1987, Smith, 1989, Suter, 1989), pri čemu se općenito smatra kako se negativni učinci buke primarno očituju u složenijim zadacima, dok su učinci iste na izvedbu jednostavnijih zadataka slabi i neznčajni (Dudek i sur, 1991; Grether, 1971; Nagar i Pandey, 1987). Štoviše, Smucny, Rojas, Eichman i Tregellas (2013) pronalaze deaktivaciju lijevog dorso-lateralnog pre-frontalnog korteksa, fusiformne vijuge, stražnjeg cingularnog korteksa i pre-suplementarnog motoričkog korteksa pri rješavanju jednostavnog zadatka pozornosti u uvjetima buke, dok, s druge strane, pri rješavanju složenog zadatka pozornosti u uvjetima buke pronalaze aktivaciju fusiformne vijuge i stražnjeg cingularnog korteksa. Shodno tome, istraživači zaključuju kako pri rješavanju jednostavnijih zadataka buka može smanjiti aktivaciju kortikalnih područja povezanih s procesima pažnje, ali i povećati usmjerenost na zadatak, dok prisutnost buke pri rješavanju složenijih zadataka može povećati aktivaciju kortikalnih područja povezanih s prekidima procesa pažnje ili pak područja uključenih u obradu vizualnih podataka. Takvi nalazi mogu objasniti i rezultate nekih ranijih istraživanja (Smith, 1989; Suter, 1989) u kojima je dobiveno kako buka može i pozitivno djelovati na izvedbu, i to specifično u slučaju monotonih i ponavljajućih zadataka. Tako Harrison i Kelly (1989, prema Dalton i Behm, 2007) pronalaze kako pozadinska buka od 80 dB(A), u odnosu na buku intenziteta 52 dB(A), poboljšava izvedbu na jednostavnom zadatku zbrajanja, dok Helton, Matthews i Warm (2009) ističu pozitivne učinke buke na prosječno VR u jednostavnom zadatku pozornosti. Ipak, premda nalazi ranijih istraživanja ukazuju na promjenjive i različite učinke buke na kognitivnu izvedbu, čini se kako postoji opće slaganje među istraživačima da buka ima vrlo neznatne učinke na motoričku izvedbu, ali i na osnovne senzorne funkcije, kao što su adaptacija na tamu, oštrina vida te osjetljivost na kontrast (Matthews, Davies, Stammers i Westerman, 2000).

S druge strane, spomenute senzorne funkcije, iako neosjetljive na nepovoljne učinke buke, direktno su povezane s osvjetljenjem, budući da promjene u osvjetljenju ne samo da

zahtijevaju te funkcije, već i različito djeluju na iste. Naime, povećanje ili smanjenje osvjetljenja rezultira povećanjem ili smanjenjem količine reflektiranog svjetla s okolnih površina, što se, uz pripadne promjene u kontrastu, može negativno odraziti na vidnu oštrinu, a time i na izvedbu zadataka koji uključuju vidnu percepciju (Tidbury, Czanner i Newsham, 2016). Štoviše, prema rezultatima istraživanja provedenog u velikim uredskim prostorijama, razine osvjetljenja iznad 1000 lx povećavaju rizik od neugodnih refleksija, bliještanja, oštrih sjena i prevelikih kontrasta (Nemecek i Grandjean, 1971, prema Kroemer i Grandjean, 1999), pri čemu je očito kako se takvi nepovoljni učinci na procese vidne percepcije mogu očitovati i u izvedbi kognitivnih zadataka, ukoliko ista zahtijeva aktivaciju tih procesa. Također, i niske razine osvjetljenja mogu nepovoljno djelovati na kognitivnu izvedbu, budući da u takvim uvjetima, kako navode Plainis i Murray (2002), vidnom percepcijom dominira kontrast između reflektiranog svjetla okolnih površina, a koji, ukoliko smanjuje vidljivost podražaja, vodi duljem VR na isti. Pritom Green (2000), koristeći isto objašnjenje, zaključuje kako se smanjenje osvjetljenja može pozitivno odraziti na VR na svjetlosne podražaje, obzirom da tada podražaj ima veći kontrast u odnosu na okolinu, a time i bolju vidljivost. Štoviše, Jensen (2006) ukazuje na osjetljivost VR na vidno-perceptivne uvjete, pri čemu bolja uočljivost podražaja vodi bržoj kognitivnoj obradi, odnosno bržem ukupnom VR. Međutim, neki istraživači smatraju kako osvjetljenje može i posredno djelovati na kognitivnu izvedbu, povećavajući ili snižavajući pobuđenost organizma. Boyce (2014) pritom ističe kako smanjenje osvjetljenja rezultira povećanjem pospanosti, odnosno smanjenjem pobuđenosti, što se pak očituje duljim VR u kognitivnim zadacima. S druge strane, nalazi nekih istraživanja ukazuju kako visoke razine osvjetljenja rezultiraju nižim VR, budući da popratnim povećanjem pobuđenosti doprinose kognitivnoj izvedbi (Phipps-Nelson, Redman, Dijk i Rajaratnam, 2003; Smolders i de Kort, 2014; Smolders i sur, 2012). Pritom Smolders i de Kort (2014) dodaju kako se djelovanje osvjetljenja na kognitivnu izvedbu ipak razlikuje kod jednostavnih i složenih zadataka, i to na način da povećanje osvjetljenja s 200 na 1000 lx, te popratno povećanje pobuđenosti, smanjuje VR u jednostavnom zadatku pozornosti, dok suprotan učinak ima na složenije zadatke radnog pamćenja i izvršnih funkcija.

Ipak, premda je očito kako osvjetljenje, baš kao i buka, može različito i promjenjivo djelovati na kognitivnu izvedbu, postoji tek mali broj istraživanja u kojima se promatrao njihov interakcijski učinak. Sukladno tome, Veitch (1990), istraživanjem djelovanja triju razina osvjetljenja (200, 400 i 600 lx) te isprekidane uredske buke (50 i 70 dB(A)) na izvedbu u zadatku čitanja s razumijevanjem, ne pronalazi značajne glavne učinke, kao ni interakciju dvaju

izučavanih čimbenika. S druge strane, nalazi istraživanja kojeg su proveli Hygge i Knez (2001) ukazuju kako je, u uvjetima snižene buke, izvedba na zadatku slobodnog dosjećanja bolja pri višoj razini osvjetljenja (1500 lx), nego pri nižoj (300 lx), dok se razlike u izvedbi s promjenom osvjetljenja nisu pokazale u uvjetima povećane buke (58 dB(A)). Značajan interakcijski učinak buke i osvjetljenja na prosječno VR na taktilni podražaj pronalaze Kallman i Isaac (1977), pri čemu je, u uvjetu osvjetljenja od 270 lx, VR dulje kod povišene buke (70 dB(A)), nego kod snižene buke (40 dB(A)), dok u uvjetima sniženog osvjetljenja (10 lx) razlike nisu pronađene. Sukladno tome, istraživači zaključuju kako su ovakvi nalazi rezultat posrednih djelovanja izučavanih čimbenika, pri čemu se isti, uzeti zajedno, očituju prevelikim povećanjem pobuđenosti organizma te tako rezultiraju učinkom većim od učinaka svakog čimbenika zasebno.

Premda je nalaze navedenih istraživanja gotovo nemoguće uspoređivati, očito je kako je za cjelovitije objašnjenje djelovanja buke i osvjetljenja na kognitivno-motoričku izvedbu u obzir potrebno uzeti vrstu i složenost kognitivnih zadataka, u čijoj se izvedbi pronalaze višestruke razlike pod djelovanjem dvaju izučavanih čimbenika. Iako se u nekim ranijim istraživanjima promatralo djelovanje buke i osvjetljenja na kognitivnu izvedbu u zadacima koji su se razlikovali u terminima relativnih zahtjeva na perceptivne, kognitivne i motoričke sposobnosti pojedinca (Hygge i Knez, 2001; Knez i Hygge, 2002; Xiong i sur, 2018), gotovo je nemoguće donošenje preciznih zaključaka o razlikama u složenosti tih zadataka te s time povezana precizna usporedba dobivenih nalaza. Štoviše, kada je riječ o buci i osvjetljenju, isti se u postojećim istraživanjima razlikuju s obzirom na intenzitet, vrijeme i trajanje izlaganja, a nerijetko i s obzirom na vrstu buke, odnosno osvjetljenja, što se može različito očitovati u izvedbi pripadnih kognitivnih zadataka. Pritom su najčešće korišteni pokazatelji izvedbe, odnosno uspjeha u kognitivnim zadacima, prosječni pokazatelji brzine ili točnosti rješavanja, čija se osjetljivost za cjeloviti opis funkcioniranja kognitivnih procesa u podlozi sve češće dovodi u pitanje. Štoviše, neki istraživači navode kako se opisivanjem samo jednog parametra izvedbe ne može u potpunosti obuhvatiti kompleksnost kognitivno-motoričkog funkcioniranja te ističu važnost usmjeravanja i na druga obilježja, kao što su potencijal (Žebec, Budimir, Merkaš i Živičnjak, 2014; Živičnjak i sur, 2001) ili pak najgora izvedba, odnosno otpornost kognitivnog sustava djelovanju nepovoljnih čimbenika (Žebec i sur, 2014). Pritom je potencijal, koji ukazuje na pokretljivost mehanizama u osnovi kognitivne obrade podataka, moguće izraziti trajanjem najbržeg točnog odgovora, dok je trajanje najsporijeg točnog odgovora pokazatelj otpornosti kognitivnog sustava. Obzirom da navedeni pokazatelji predstavljaju ekstremne

vrijednosti raspodjele VR, prosjekom triju najbržih, odnosno triju najsporijih točnih odgovora moguće je povećati pouzdanost istih. Iako Jensen (2006) navodi kako se nepovoljni učinak složenosti zadatka više očituje na sporijim nego na bržim VR, ne postoje istraživanja koja razmatraju učinke drugih vanjskih čimbenika na dva spomenuta pokazatelja kognitivne izvedbe. Međutim, ukoliko postoje razlike u prosječnim pokazateljima brzine rješavanja kognitivnih zadataka pod djelovanjem vanjskih čimbenika, spoznaje o dijelu distribucije čije se promjene mogu odraziti prosječnim promjenama, svakako bi pružile cjelovitiji uvid u prirodu tih razlika. Naime, različito djelovanje relevantnih čimbenika na različite segmente intra-individualne raspodjele VR pri izvedbi kognitivno-motoričkih zadataka nije nepoznata pojava i može se, primjerice, argumentirati različitim djelovanjem dobi i spola na prosječne i ekstremne vrijednosti pojedinčeve raspodjele VR u razvojnim istraživanjima brzine obrade podataka (Žebec i sur, 2014). Pritom se, za razliku od tradicionalnog pristupa u kojem se prava vrijednost mjerenja izražava isključivo prosjekom, u suvremenom pristupu promatraju i drugi segmenti raspodjele VR, budući da se smatra kako isti ne predstavljaju mjeru pogreške, već mjeru nekih drugih funkcionalnih osobina kognitivno-motoričkog sustava. Shodno tome, kako bi se dobio sveobuhvatniji uvid u funkcioniranje mehanizama pomoću kojih se ostvaruju kognitivne aktivnosti pri rješavanju kognitivno-motoričkih zadataka različite složenosti, a pod djelovanjem buke i osvjetljenja, u ovom istraživanju razmatrat će se jedan prosječni (medijan vremena točnih odgovora) te dva ne prosječna (prosjeck triju najbržih te prosjeck triju najsporijih vremena točnih odgovora) pokazatelja kognitivno-motoričke izvedbe.

## Cilj i problemi

Cilj istraživanja je ispitati djelovanje različitog stupnja osvjetljenja (40, 280 i 3400 lx) i buke (0% i 50% akumulirane doze buke) na tri pokazatelja uspjeha u kognitivno-motoričkim zadacima izvedenim iz željezničkih upravljačkih sučelja – prosjek triju najbržih točnih odgovora (avT-MIN), prosjek triju najsporijih točnih odgovora (avT-MAX) te medijan vremena točnih odgovora (MDN-T) – uzimajući pri tom u obzir radi li se o jednostavnijim ili složenijim kognitivno-motoričkim zadacima.

Problem 1: Ispitati postoje li zasebni učinci buke, stupnja osvjetljenja i složenosti kognitivno-motoričkog zadatka na avT-MIN, avT-MAX i MDN-T te kakvi su?

1. Hipoteza: Kod tri različita vremenska pokazatelja izvedbe – avT-MIN, avT-MAX i MDN-T - postoji statistički značajna razlika između skupina testiranih u uvjetima sa i bez buke, neovisno o stupnju osvjetljenja i složenosti kognitivno-motoričkog zadatka, i to na način da pokazatelji izvedbe postižu više vrijednosti u uvjetu povišene buke.
2. Hipoteza: Kod tri različita vremenska pokazatelja izvedbe – avT-MIN, avT-MAX i MDN-T - postoji statistički značajna razlika između skupina testiranih u uvjetima optimalne, smanjene i povećane razine osvjetljenja, neovisno o razini akumulirane buke i složenosti kognitivno-motoričkog zadatka, i to na način da pokazatelji izvedbe postižu više vrijednosti u neoptimalnim uvjetima osvjetljenja.
3. Hipoteza: Kod tri različita vremenska pokazatelja izvedbe – avT-MIN, avT-MAX i MDN-T - postoji statistički značajna razlika između jednostavnijeg i složenijeg kognitivno-motoričkog testa, neovisno o stupnju osvjetljenja i buci, i to na način da pokazatelji izvedbe pokazuju više vrijednosti kod složenijeg testa.

Problem 2: Ispitati postoje li učinci dvostrukih interakcija razine osvjetljenja, buke i složenosti kognitivno-motoričkog zadatka na avT-MIN, avT-MAX i MDN-T te kakvi su?

1. Hipoteza: Kod tri različita vremenska pokazatelja izvedbe – avT-MIN, avT-MAX i MDN-T – postoji različito djelovanje buke kod jednostavnih i složenih kognitivno-motoričkih zadataka, a koje ne ovisi o razini osvjetljenja. Točnije, porast vrijednosti triju pokazatelja izvedbe s povećanjem buke, veći je kod složenijeg nego kod jednostavnijeg testa.

2. Hipoteza: Kod tri različita vremenska pokazatelja izvedbe – avT-MIN, avT-MAX i MDN-T – postoji različito djelovanje razine osvjetljenja kod jednostavnih i složenih kognitivno-motoričkih zadataka, a koje ne ovisi o akumuliranoj dozi buke. Točnije, porast vrijednosti triju pokazatelja izvedbe s odmakom od optimalne razine osvjetljenja, veći je kod složenijeg nego kod jednostavnijeg testa.
3. Hipoteza: Kod tri različita vremenska pokazatelja izvedbe – avT-MIN, avT-MAX i MDN-T – postoji različito djelovanje razine osvjetljenja u uvjetima sa i bez buke, a koje ne ovisi o složenosti kognitivno-motoričkih zadataka. Točnije, porast vrijednosti triju pokazatelja izvedbe s odmakom od optimalne razine osvjetljenja, veći je u uvjetima buke, nego u uvjetima bez buke.

Problem 3: Ispitati postoje li učinci trostruke interakcije razine osvjetljenja, buke i složenosti kognitivno-motoričkog zadatka na avT-MIN, avT-MAX i MDN-T te kakvi su?

1. Hipoteza: Kod tri različita vremenska pokazatelja izvedbe – avT-MIN, avT-MAX i MDN-T – postoji različito djelovanje razine osvjetljenja u uvjetima sa i bez buke, a koje je različito kod jednostavnih i složenih kognitivno-motoričkih zadataka.

## **Metoda**

### *Sudionici*

Podaci korišteni u ovom istraživanju prikupljeni su u okviru Programa potpore za uspostavu istraživačkih aktivnosti i skupina PROM–PRO 995-12 pod nazivom „Čimbenici izvedbe vozača“ Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, voditelja izv. prof., dr. sc. Davora Sumpora, a temeljem Sporazuma o suradnji Fakulteta prometnih znanosti i Hrvatskih studija Sveučilišta u Zagrebu. Istraživanjem je obuhvaćen prigodni uzorak od ukupno 83 sudionika (45 ženskog i 38 muškog spola), u rasponu od 20 do 30 godina starosti ( $M_{dob} = 22,13$ ,  $SD_{dob} = 1,36$ ), koji je sadržavao 41 studenta treće godine preddiplomskog studija psihologije na Hrvatskim studijima (HS) Sveučilišta u Zagrebu (36 ženskog spola) i 42 studenta treće godine preddiplomskog studija Fakulteta prometnih znanosti (FPZ) Sveučilišta u Zagrebu (33 muškog spola).

## Nacrt

U istraživanju je korišten složeni kvazi-eksperimentalni nacrt ponovljenih mjerenja s dodatnim nezavisnim varijablama (NV) između skupina. Složenost kognitivno-motoričkih zadataka predstavlja NV unutar sudionika s dvije razine, dok akumulirana doza buke i razina osvjetljenja predstavljaju NV između skupina s dvije, odnosno tri razine (tim redom). Dakle, riječ je o nacrtu 2x2x3, pri čemu su sudionici po istraživačkim uvjetima nacrtu raspoređeni na sljedeći način:

Tablica 1. *Shematski nacrt istraživanja djelovanja akumulirane doze buke, razine osvjetljenja i složenosti kognitivno-motoričkih zadataka na uspjeh u njihovoj izvedbi*

		Razina osvjetljenja (B)	Složenost kognitivno-motoričkog zadatka (C)	
			CRD445 (C1)	CRD412 (C2)
Akumulirana doza buke (A)	0% (A1)	40 luxa (B1)	A1B1C1	A1B1C2
		280 luxa (B2)	A1B2C1	A1B2C2
		3400 luxa (B3)	A1B3C1	A1B3C2
	50% (A2)	40 luxa (B1)	A2B1C1	A2B1C2
		280 luxa (B2)	A2B2C1	A2B2C2
		3400 luxa (B3)	A2B3C1	A2B3C2

Riječ je o složenom kvazi-eksperimentalnom nacrtu jer dio sudionika s FPZ-a iz organizacijskih razloga nije bio slučajno raspoređen po 6 različitih istraživačkih uvjeta akumulirane doze buke i razine osvjetljenja.

Akumulirana doza buke, kvantitativna varijabla izražena na omjernoj skali, operacionalizirana je kao postotak primljene buke u danom vremenu s obzirom na graničnu vrijednost, a manipulacija se temelji na dvjema razinama – 0% i 50% preporučene dnevne doze buke D. Pritom je ista, prema NIOSH-standardu (National Institute for Occupational Safety and Health, 1998), podudarna s gornjom dnevnom upozoravajućom granicom izloženosti  $L_{ex,8h}=85$  dB(A) unutar nominalne smjene od 8h. Buka je proizvedena puštanjem snimke propelerskog motora letjelice tipa CESSNA, a mjerena je standardnim bukomjerom ekvivalentnih razina buke. Akumulirana doza buke od 50% mjerena je prema preporukama NIOSH-a, i to na način da je razina buke od 90 - 95 dB(A) sudionicima puštana 60 - 65 minuta.



Razina osvjetljenja radnog prostora izražena u lux-ima predstavlja kvantitativnu NV mjerenu na omjernoj skali. Manipulacija istom počiva na trima razinama – 40, 280 i 3400 luxa - analognim niskom, srednjem i visokom stupnju osvjetljenja radnog prostora.

Složenost kognitivno–motoričkih zadataka kategorijalna je NV izražena na nominalnoj skali, a obuhvaća dvije kategorije – CRD4-45 test i CRD4-12 test. Pritom test CRD4-45 predstavlja skup od 35 jednostavnijih kognitivno-motoričkih zadataka kojima se mjeri izborno vrijeme reakcije na 2 različita podražaja, dok test CRD4-12 predstavlja skup od 35 složenijih kognitivno-motoričkih zadataka namijenjenih mjerenju izbornog vremena reakcije na 8 različitih podražaja.

Uspjeh u izvedbi kognitivno-motoričkih zadataka zavisna je varijabla (ZV) ovog istraživanja. Riječ je o kvantitativnoj varijabli izraženoj na omjernoj skali, a operacionalizirana je s jednim prosječnim i dva ne prosječna pokazatelja uratka na 35 točno riješenih zadataka: kao medijan svih točnih odgovora te kao prosječno vrijeme triju najbržih točnih odgovora i prosječno vrijeme triju najsporijih točnih odgovora na testovima CRD4-12 i CRD4-45. Koncept odabranih pokazatelja uradaka u korištenim CRD-testovima pojašnjen je nakon opisa Instrumenta.

### *Instrumenti*

**Upitnik psihofizičke spremnosti** konstruirao je doc. dr. sc. Mislav Stjepan Žebec za potrebe mjerenja trenutne psihofizičke spremnosti za testiranje vremena reakcije. Sastoji se od 10 pitanja na koje sudionik odgovara samoprocjenama na skali od 1 do 5 (vidi Prilog 1). Pritom se odgovori ponderiraju različito, i to na način da odgovor 1. pitanja ima ponder 0.2, odgovori na pitanja 2, 4, 8 i 9 ponder 0.1, odgovori 3 i 5 ponder 0.3, odgovori 6 i 10 ponder -0.2 te odgovor na pitanje 7 ponder 0.05. Ukupni rezultat čini diferencijalno ponderirana linearna kombinacija svih 10 odgovora, pri čemu veći rezultat ukazuje na manju psihofizičku spremnost za testiranje vremena reakcije. Rezultat 1 predstavlja maksimalnu psihofizičku spremnost, dok rezultat 7.6 predstavlja minimalnu psihofizičku spremnost sudionika.

**CRD serija psihodijagnostičkih testova** (*Complex Reactionmeter Drenovac*; Drenovac, 1971) skup je elektronički koncipiranih i računalno kontroliranih kronometrijskih testova namijenjenih ispitivanju perceptivnih sposobnosti, mišljenja, pamćenja te različitih oblika psihomotoričkih reakcija. Za razliku od klasičnih psihologijskih testova, pružaju informaciju o dinamičkim osobinama mjerenih kognitivnih funkcija, njihovim sastavnicama i međusobnim odnosima, osiguravajući stvarnu i objektivnu metriku korištenjem vremenske

mjerne skale u izražavanju efikasnosti kognitivnog funkcioniranja (Drenovac, 2009). Serija obuhvaća 41 standardizirani test, a svaki se od njih može izvesti na jednom od 4 elektronička instrumenta tipa reakciometra (CRD1, CRD2, CRD3 i CRD4), s ukupno 54 signalno-komandna (S-R) sklopa i pripadajućom opremom (pedale, slušalice, zvučnici). Pritom svaki instrument CRD serije sadrži testove za mjerenje različitih i različito složenih kognitivnih funkcija.

Za potrebe ovog istraživanja korišten je instrument CRD4, koji, osim svjetlosnih, sadrži i zvučne signale te jedini uključuje testove u kojima se odgovara uz pomoć gornjih i donjih ekstremiteta. Sastoji se od jedinstvene signalno-komandne ploče, na kojoj se nalaze 3 polja (A, B i C) signalnih lampica (vidi Sliku 1). U polju A smještene su četiri, u dva B polja osam, a u polju C jedna signalna lampica. Također, na ploči se nalaze i dvije veće tipke za reakcije rukama te jedna manja za reakcije prstom dominantne ruke, a u postolje su ugrađene i dvije pedale za reakcije nogama.



*Slika 1.* Instrument (signalno-komandna ploča) CRD4 iz CRD serije psihodijagnostičkih testova (Sumpor, 2013, str. 1)

Od 8 standardiziranih testova CRD4 instrumenta, u ovom su ispitivanju korišteni testovi CRD4-12 i CRD4-45, pri čemu svaki obuhvaća 35 zadataka.

**Test CRD4-12** primarno mjeri sposobnost brzog i točnog operativnog mišljenja pri identifikaciji svjetlosnih signala. Signalni sklop CRD4-12 testa su dva B polja, u čijim su uglovima ukupno smještene četiri para signalnih lampica, analogna ljudskim ekstremitetima. Po jedna lampica svakog para emitira zeleno, dok druga emitira crveno svjetlo. U svakom zadatku istovremeno se pale četiri signalne lampice, odnosno po jedna lampica iz para - ili

crvena ili zelena, pri čemu zelena boja signala upućuje kojim ekstremitetom treba, dok crvena boja upućuje kojim ekstremitetom ne treba reagirati. Kako bi se prešlo na sljedeći zadatak, potrebno je istovremeno brzo i točno reagirati, bilo samo gornjim, samo donjim ili i gornjim i donjim ekstremitetima, na sve zelene signale koji se pojave. Pritisak tipke/pedale analogne crvenom signalu označava netočan odgovor, koji blokira generiranje novog zadatka sve dok se trenutačni ne riješi točno.

**Test CRD4-45** mjeri brzinu i točnost razlikovanja svjetlosnih signala, odnosno vrijeme disjunktivne reakcije na svjetlosne signale. Polje C predstavlja signalni sklop CRD4-45 testa, a sadrži jednu signalnu lampicu koja u određenom trenutku emitira ili zeleno ili crveno svjetlo. Pritom je zadatak ispitanika da na pojavu zelenog signala dominantnom rukom brzo reagira pritiskom tipke u polju C, potom brzo otpusti tipku i pričeka novi svjetlosni signal. Pritiskanje tipke u polju C na pojavu crvenog signala, ili pak prije pojave crvenog ili zelenog signala, predstavlja netočan odgovor.

Budući da je u navedenim testovima potrebno pružiti točan odgovor u najkraćem mogućem vremenu, vrijeme i točnost odgovora na svaki zadatak predstavljaju neposredan rezultat u testu. Iz dobivenog se potom automatski izračunava niz izvedenih rezultata koji predstavljaju pokazatelje dinamike kognitivnih procesa u osnovi rješavanja testa, kao što su ukupno vrijeme rješavanja, minimalno, maksimalno i prosječno vrijeme točnog odgovora na zadatak, ukupno i prosječno vrijeme pogreške, ukupni balast i brojni drugi.

Metrijska obilježja CRD serije testova ispitana su na velikom broju uzoraka učenika, studenata, djelatnika različitih struka i različitih obrazovnih razina te specifično ispitanika iz populacije željezničkih djelatnika. Navedenim ispitivanjima utvrđene su zadovoljavajuća simptomatska, dijagnostička i prognostička valjanost CRD serije testova. Naime, faktorskom analizom simptomatske valjanosti pojedinih testova CRD serije te analizom njihove kongruentnosti s klasičnim testovima mentalnih sposobnosti poznate simptomatske valjanosti dobiveno je kako pojedini CRD testovi mjere različite aspekte mentalnog procesiranja, uz značajne umjerene do visoke korelacije s pripadnim testovima općih i specifičnih mentalnih sposobnosti (Drenovac, 1994). Ispitivanjem dijagnostičke valjanosti na skupini strojovođa na željeznici i trima skupinama autobusnih vozača dobivene su značajne umjerene korelacije između dvaju kriterija uspješnosti u djelatnosti i pokazatelja učinka i funkcionalnih značajki rješavanja CRD testova. Pritom su najviši koeficijenti korelacije utvrđeni između praktičnih kriterija uspješnosti i ukupnih rezultata u CRD testovima konvergentnog i operativnog mišljenja (Drenovac, 1973, prema Drenovac, 1994). Istraživanjem prognostičke valjanosti na

uzorcima srednjih gimnazijskih i strukovnih škola dobivene su umjerene do visoke multiple korelacije između rezultata u CRD testovima i školskog uspjeha kroz tri godine školovanja (Drenovac, 1994). Također, utvrđena je i zadovoljavajuća pouzdanost CRD testova, pri čemu koeficijenti pouzdanosti tipa test-retest i unutarnje konzistencije iznose 0.8 i više (Drenovac, 1994). Osjetljivost i objektivnost također su visoke, budući da se vremena kognitivne obrade podataka izražavaju u tisućim dijelovima sekunde, a mjerenje vremena ne omogućava subjektivnost (Drenovac, 1994).

#### *Pokazatelji uratka u testovima CRD4-12 i CRD4-45*

Osim bilježenja vremena reakcije i točnosti pri rješavanju svakog zadatka u testu, CRD automatski izračunava i niz izvedenih rezultata, od kojih su u ovom istraživanju korišteni prosječno vrijeme triju najbržih točnih odgovora (avT-MIN), prosječno vrijeme triju najsporijih točnih odgovora (avT-MAX) te medijan točnih odgovora (MDN-T).

avT-MIN – mjera je potencijala, odnosno maksimalne brzine kognitivne obrade podataka i senzorno-motoričkih procesa tijekom rješavanja testa. Pokazatelj je optimalnog funkcioniranja dijelova kognitivno-motoričkog sustava relevantnih za zadatak, pri čemu prosjek triju najbržih točnih odgovora, za razliku od najbržeg točnog odgovora, minimizira učinak predviđanja pojave signala te s time povezanih ekstremno brzih odgovora.

avT-MAX – pokazatelj je funkcionalnih smetnji u kognitivnoj obradi podataka, odnosno neoptimalnog funkcioniranja dijelova kognitivno-motoričkog sustava relevantnih za zadatak. Reprezentira učinak nepovoljnog djelovanja različitih unutarnjih čimbenika, ali i manjim dijelom vanjskih čimbenika, na brzinu ostvarivanja određene kognitivno-motoričke aktivnosti. Korištenje prosjeka triju najsporijih točnih odgovora u ovom slučaju povećava pouzdanost indikatora na način da minimizira nepovoljni učinak vanjskih čimbenika. MDN-T – prosječni je pokazatelj brzine kognitivne obrade podataka, ali i pouzdanosti funkcioniranja mehanizama pomoću kojih se ostvaruju pojedine kognitivne aktivnosti. Riječ je o prikladnom prosječnom pokazatelju obzirom na pozitivnu asimetričnost raspodjela vremena reakcije.

#### **Postupak**

Dio sudionika (studenti HS-a) je slučajnim raspoređivanjem, uz pomoć tablice slučajnih brojeva, najprije podijeljen u 2 skupine, nakon čega su slučajnim izborom bez povrata iz svake skupine izvedene po 3 podskupine. Na taj je način formirano 6 skupina od 7 do 8 studenata, određenih sa 6 istraživačkih uvjeta akumulirane doze buke i razine osvjetljenja. Drugi dio sudionika (studenti FPZ-a) iz organizacijskih razloga nije bio slučajno raspoređen po 6

spomenutih istraživačkih uvjeta akumulirane doze buke i razine osvjetljenja, već prigodno – prema zahtjevima rasporeda studijskih obveza. U konačnici, dobiven je podjednak broj sudionika u svim uvjetima doze buke (min. 40, max. 43 u skupini) i u svim uvjetima razine osvjetljenja (min. 26, max. 29 u skupini). Raspored testiranja unaprijed je određen te su sudionici prije ispitivanja dobili obavijest o terminima predviđenima za svakog od njih, na razini preciznosti od 15 minuta. U slučaju obje skupine studenata (HS i FPZ), prvi dan provedena su mjerenja triju skupina u uvjetima povećane doze buke, dok su drugi dan provedena mjerenja triju skupina bez buke. Pri tome je otprilike 50% skupina ispitano u srednjem dijelu dana, od 11 do 17h, 25% u priepodnevnom terminu, od 09 do 11h, te 25% u predvečernjem terminu, od 17 do 19h.

Ispitivanje je provedeno u dvije odvojene prostorije Laboratorija za primijenjenu ergonomiju FPZ-a, od kojih je jedna namijenjena mjerenju antropometrijskih obilježja, a druga mjerenju kognitivno-motoričkih sposobnosti CRD serijom testova. U predsoblju spomenutih prostorija sudionicima je dodijeljen identifikacijski broj, zatraženi su opći identifikacijski podaci (datum rođenja i dominantna strana tijela) te su im izmjerene masa  $m$  i visina  $h$ . Svakom sudioniku uručena su dva dokumenta u pisanoj formi - *Uputa voditelja istraživanja o postupku istraživanja* (vidi Prilog 2) te *Uputa za sudjelovanje na CRD4-12 i CRD4-45 testovima* (vidi Prilog 3), čiji su autori izv. prof., dr. sc. Davor Sumpor i doc. dr. sc. Mislav Stjepan Žebec. Dodatno, sudionicima testiranim u uvjetima povećane buke uručena je i *Izjava o svojevolum pristanku sudjelovanja u istraživanju* (vidi Prilog 4), koju su potom svi dobrovoljno i potpisali.

Sudionici koji su testirani u uvjetima povećane buke individualno su ulazili u prostoriju za mjerenje kognitivno-motoričkih sposobnosti, gdje su čitali dobivene upute, dok su sudionici testirani u uvjetima bez buke ulazili skupno (u skupinama od 7 do 8 sudionika) te su im upute prezentirane oralno od strane voditelja istraživanja izv. prof., dr. sc. Davora Sumpora. Na ovaj način svaki je sudionik sat vremena bivao izložen pripadnom eksperimentalnom uvjetu doze buke i razine osvjetljenja. Sudionici su zatim odlazili u prostoriju za mjerenje antropometrijskih obilježja, gdje su im, u uvjetima minimalne komunikacije i buke, izmjerene 4 dodatne antropomjere. Po povratku u prethodnu prostoriju svaki je sudionik najprije zatražen da na računalu ispuni *Upitnik psihofizičke spremnosti*, nakon čega bi pristupio CRD4 instrumentu. Pomoćnik eksperimentatora zatražio bi sudionika da se udobno smjesti te samostalno prilagodi udaljenost stolice od instrumenta, kako bi mu položaj s rukama i nogama smještenima na za to odgovarajućim tipkama bio optimalan. Redoslijed primjene testova CRD4-12 i CRD4-45 rotiran je od sudionika do sudionika, a prije svakog testiranja sudioniku je pružena kratka uputa vezana uz pripadni test i način odgovaranja. U oba slučaja, nakon probnih 20 zadataka uslijedilo

je testiranje u trajanju od približno 4 minute, a sastojalo se od 35 uzastopnih svjetlosnih podražaja. Nakon što je sudionik riješio oba testa, u tišini bi napustio prostoriju, a isti bi se postupak ponovio sa svakim sljedećim sudionikom.

## **Rezultati**

U okviru ovog poglavlja prikazani su rezultati deskriptivne analize podataka o uspjehu u kognitivno-motoričkim zadacima izraženom kao avT-MIN, avT-MAX i MDN-T, a ovisno o eksperimentalnom uvjetu određenom složenošću testa te razinama buke i osvjetljenja. Osim toga, s ciljem empirijske provjere djelovanja razine osvjetljenja, buke i složenosti kognitivno-motoričkih zadataka na tri gore spomenuta pokazatelja uspjeha u istima, provedene su tri zasebne mješovite analize varijance (ANOVA-e) s jednom nezavisnom varijablom unutar sudionika te dvije nezavisne varijable između skupina, čiji su rezultati također prikazani u nastavku. U svrhu statističke obrade podataka, korišten je standardni statistički paket SPSS, verzija 23.0 (IBM Corporation, New York, USA).

Tablica 2. Deskriptivni podaci avT-MIN, avT-MAX i MDN-T s obzirom na složenost kognitivno-motoričkih zadataka, buku i osvjetljenje

		avT-MIN				avT-MAX			MDN-T			
Osvjetljenje		<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>min-max</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>min-max</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>min-max</i>	
CRD 4-45	Bez buke	40 luxa	14	252,4	39,64	201,33 - 330,00	390,3	46,86	332,33 - 484,67	312,5	41,45	249,50 - 407,00
		280 luxa	15	275,3	57,28	198,00 - 377,66	429,2	77,31	268,67 - 551,67	341,1	67,14	229,00 - 472,00
		3400 luxa	14	236,4	19,82	203,67 - 273,33	421,5	76,40	312,67 - 594,00	297,3	29,85	241,50 - 360,50
	Buka	40 luxa	14	253,6	28,00	201,67 - 300,33	422,3	48,83	340,33 - 501,33	327,1	44,64	259,50 - 411,00
		280 luxa	14	231,0	42,18	184,00 - 331,67	401,4	56,01	320,33 - 549,67	305,0	48,86	239,50 - 410,00
		3400 luxa	12	311,3	111,71	215,33 - 601,67	477,8	106,98	349,33 - 714,33	347,4	66,24	269,00 - 495,50
Osvjetljenje		<i>N</i>	<i>M</i>	<i>sd</i>	min-max	<i>M</i>	<i>sd</i>	min-max	<i>M</i>	<i>sd</i>	min-max	
CRD 4-12	Bez buke	40 luxa	14	485,8	66,61	394,33 - 606,67	1318,4	393,75	778,67 - 2143,00	605,9	86,32	494,00 - 829,50
		280 luxa	15	485,5	120,53	288,33 - 697,00	1589,0	495,86	770,67 - 2404,33	672,0	121,79	464,50 - 897,00
		3400 luxa	14	528,7	75,01	434,67 - 658,67	1394,7	427,84	804,00 - 2395,00	676,4	100,78	515,50 - 840,50
	Buka	40 luxa	14	558,0	81,60	455,00 - 721,00	1599,8	387,77	1065,33 - 2193,00	733,3	99,47	620,50 - 956,00
		280 luxa	14	550,2	138,95	393,33 - 849,33	1692,8	469,28	1108,67 - 2591,33	705,6	164,74	491,00 - 1030,00
		3400 luxa	12	619,5	51,00	542,33 - 728,33	1631,1	569,52	953,00 - 2772,67	822,4	144,38	581,50 - 1134,00

Tablica 3. Dodatni deskriptivni podaci avT-MIN, avT-MAX te MDN-T s obzirom na složenost kognitivno-motoričkih zadataka, buku i osvjetljenje

		avT-MIN					avT-MAX				MDN-T			
		Osvjetljenje	<i>C</i>	<i>IQR</i>	<i>CV</i>	<i>z<sub>skew</sub></i>	<i>C</i>	<i>IQR</i>	<i>CV</i>	<i>z<sub>skew</sub></i>	<i>C</i>	<i>IQR</i>	<i>CV</i>	<i>z<sub>skew</sub></i>
CRD 4-45	Bez buke	40 luxa	241,7	65,25	15,71	1,37	379,0	72,75	12,01	1,74	298,8	42,10	13,27	1,76
		280 luxa	265,0	92,67	20,81	0,82	421,0	81,33	18,01	-0,64	354,0	117,50	19,68	0,32
		3400 luxa	235,0	26,25	8,38	-0,09	410,5	90,58	18,13	1,45	304,5	38,00	10,04	0,04
	Buka	40 luxa	253,2	34,42	11,04	0,06	421,0	81,08	11,56	-0,21	339,8	66,10	13,65	-0,05
		280 luxa	218,8	70,83	18,26	1,77	398,7	58,33	13,96	2,11*	303,8	80,50	16,02	0,77
		3400 luxa	266,8	141,75	35,88	2,74*	475,7	151,40	22,39	1,33	323,8	94,80	19,07	1,54
		Osvjetljenje	<i>C</i>	<i>IQR</i>	<i>CV</i>	<i>z<sub>skew</sub></i>	<i>C</i>	<i>IQR</i>	<i>CV</i>	<i>z<sub>skew</sub></i>	<i>C</i>	<i>IQR</i>	<i>CV</i>	<i>z<sub>skew</sub></i>
CRD 4-12	Bez buke	40 luxa	484,2	115,08	13,71	0,49	1255,7	565,83	29,87	1,09	597,3	119,90	14,25	2,14*
		280 luxa	463,0	130,00	24,83	0,88	1542,3	750,00	31,21	0,26	642,0	198,00	18,12	0,64
		3400 luxa	540,8	112,83	14,19	0,53	1271,3	624,92	30,68	1,74	662,5	173,00	14,90	0,21
	Buka	40 luxa	550,3	104,50	14,62	1,45	1447,8	699,17	24,24	0,80	704,8	145,10	13,56	1,66
		280 luxa	513,0	189,67	25,25	1,69	1722,8	710,08	27,72	0,77	697,0	231,00	23,35	1,06
		3400 luxa	604,0	54,93	8,23	1,21	1537,3	474,25	34,92	1,87	816,0	127,30	17,56	1,14

Napomena: *C* - medijan (ms); *IQR* - interkvartilni raspon (ms); *CV* - koeficijent varijabilnosti (%); *z<sub>skew</sub>* - omjer koeficijenta asimetrije i standardne pogreške



U Tablici 2 prikazani su temeljni deskriptivni pokazatelji triju mjera uspjeha u kognitivno-motoričkim zadacima s obzirom na složenost kognitivno-motoričkog testa, razine buke te tri razine osvjetljenja. Usporedbom aritmetičkih sredina triju pokazatelja uspjeha vidljivo je kako se iste kreću od najnižih kod avT-MIN preko MDN-T do najviših kod avT-MAX, što je i očekivano budući da avT-MIN i avT-MAX predstavljaju prosjek triju najbržih odnosno triju najsporijih odgovora, dok je MDN-T prosječni pokazatelj uspjeha u svim kognitivno-motoričkim zadacima pripadnih CRD testova. Najniže prosječne vrijednosti avT-MIN, avT-MAX i MDN-T dobivene su za jednostavniji kognitivno-motorički test, dok se pripadni uvjeti buke i osvjetljenja razlikuju za sva tri pokazatelja. Tako su za avT-MIN najniže prosječne vrijednosti dobivene kod jednostavnijeg testa u uvjetima buke i srednje razine osvjetljenja, za avT-MAX kod jednostavnijeg testa u uvjetima snižene buke i niske razine osvjetljenja, dok su za MDN-T najniže prosječne vrijednosti dobivene kod jednostavnijeg testa u uvjetima snižene buke i visoke razine osvjetljenja. S druge strane, najviše prosječne vrijednosti za avT-MIN i MDN-T dobivene su kod složenijeg testa u uvjetima buke i visoke razine osvjetljenja, dok su za avT-MAX najviše prosječne vrijednosti dobivene kod složenijeg testa u uvjetima buke i srednje razine osvjetljenja. Ovakvi nalazi ukazuju da je od sva tri promatrana čimbenika jedino djelovanje složenosti kognitivno-motoričkog zadatka bilo očekivano i jednostavno te da je potrebno istražiti njihove interakcije. Međutim, iz rezultata je vidljivo kako je u posljednjem slučaju (avT-MAX kod složenijeg testa u uvjetima buke i srednje razine osvjetljenja) nešto veći varijabilitet, pri čemu je isti posljedica visokih rezultata triju sudionika u odnosu na rezultate ostalih sudionika te skupine. Važno je napomenuti kako su iz podataka cijelog istraživanja uklonjene ekstremne vrijednosti, ukupno njih 5, na način da su, sukladno metodi koju predlaže Tukey (1977), podaci standardizirani u z-vrijednosti te su svi veći, odnosno manji, od +/- 2,68 zamijenjeni s pripadnom aritmetičkom sredinom skupine, određenom razinom buke i osvjetljenja. Iako je na taj način sužen varijabilitet u nekim skupinama, vrijednosti koeficijenata varijabilnosti (specifično one iznad 30%) ukazuju kako za nekoliko skupina aritmetička sredina nije najprikladnija mjera centralne tendencije, pri čemu se za iste sugeriraju medijan i pripadni interkvartilni raspon, čije su vrijednosti prikazane u Tablici 3. Općenito, varijabilitet raspodjela avT-MIN razlikuje se od skupine do skupine te nije homogen niti u slučaju jednostavnijeg ( $F(5,77) = 6,388; p < ,001$ ), ni složenijeg ( $F(5,77) = 3,244; p = 0,001$ ) CRD testa. S druge strane, iako se varijabiliteti raspodjela avT-MAX kod jednostavnijeg testa ponešto razlikuju te razlike nisu statistički značajne ( $F(5,77) = 2,111; p = 0,073$ ). Kod složenijeg testa, raspodjele avT-MAX pokazuju povećan varijabilitet, ali je isti i dalje homogen na svim skupinama ( $F(5,77) = 0,371; p = 0,867$ ). Kada je pak riječ o MDN-T,

razlike u varijabilitetima kod jednostavnijeg testa statistički su značajne ( $F(5,77) = 2,686; p = 0,027$ ), dok je u slučaju složenijeg testa varijabilitet između skupina homogen ( $F(5,77) = 1,165; p = 0,334$ ).

S obzirom na prikazane deskriptivne pokazatelje može se zaključiti kako su zadovoljeni određeni preduvjeti za provedbu mješovite ANOVE. Naime, sva tri pokazatelja uspjeha u kognitivno-motoričkim zadacima, avT-MIN, avT-MAX te MDN-T, izražena su na omjernoj ljestvici, skupine su međusobno nezavisne te su rezultati unutar svake skupine međusobno nezavisni. Također, ostvaren je podjednak broj rezultata unutar svake skupine određene razinama buke i osvjetljenja te je broj rezultata na sva tri pokazatelja uspjeha u kognitivno-motoričkim zadacima veći od 5 za obje razine složenosti testa. Međutim, budući da je dio sudionika u skupine raspoređen neprobabilistički, preduvjet slučajnog odabira sudionika u skupine nije zadovoljen. Nadalje, gore navedeni rezultati Leven-ovih testova ukazuju kako je dijelom narušen i preduvjet homogenosti varijanci avT-MIN, avT-MAX i MDN-T dvaju ponovljenih mjerenja, a između skupina određenih razinama buke i osvjetljenja, i to prvenstveno u slučaju uspjeha mjerenog preko avT-MIN i MDN-T. Štoviše, rezultati Box-ovog testa ukazuju kako je preduvjet jednakosti matrice kovarijanci između skupina narušen u slučaju avT-MIN ( $F(15, 30507,25) = 4,551; p < ,001$ ) te MDN-T ( $F(15, 30507,25) = 1,976; p = ,013$ ), dok su u slučaju avT-MAX varijance homogene ( $F(15, 30507,25) = 1,343; p = ,167$ ). Iz tih razloga nije moguće valjano (bez pristranosti) izračunati prosječnu matricu varijance-kovarijance i na njoj valjano procijeniti zadovoljenost uvjeta sfericiteta, tako da nalaze izračunatih ANOVA treba tumačiti s oprezom. Obzirom da složenost testa ima samo dvije razine, preduvjet vezane simetrije prosječne matrice kovarijanci, ili u širem smislu preduvjet sfericiteta, nije moguće testirati dostupnim statističkim testom.

Tablica 4. Rezultati Shapiro-Wilk testa normalnosti raspodjela avT-MIN, avT-MAX i MDN-T s obzirom na složenost kognitivno-motoričkih zadataka, buke i osvjetljenje

		avT-MIN			avT-MAX			MDN-T			
		Osvjetljenje	Statistik	df	p	Statistik	df	p	Statistik	df	p
CRD 4-45	Bez buke	40 luxa	0,906	14	0,139	0,868	14	0,040*	0,885	14	0,068
		280 luxa	0,942	15	0,414	0,948	15	0,498	0,982	15	0,980
		3400 luxa	0,969	14	0,857	0,941	14	0,435	0,959	14	0,708
	Buka	40 luxa	0,978	14	0,963	0,966	14	0,817	0,948	14	0,528
		280 luxa	0,895	14	0,095	0,914	14	0,178	0,941	14	0,435
		3400 luxa	0,811	12	0,013*	0,929	12	0,367	0,906	12	0,192
CRD 4-12	Bez buke	40 luxa	0,960	14	0,731	0,953	14	0,601	0,912	14	0,167
		280 luxa	0,939	15	0,370	0,971	15	0,873	0,948	15	0,490
		3400 luxa	0,882	14	0,063	0,902	14	0,120	0,952	14	0,589
	Buka	40 luxa	0,916	14	0,190	0,889	14	0,079	0,899	14	0,109
		280 luxa	0,889	14	0,079	0,923	14	0,243	0,941	14	0,430
		3400 luxa	0,932	12	0,406	0,857	12	0,045*	0,944	12	0,547

Napomena: \*  $p < .05$

Jedan od preduvjeta provedbe mješovite ANOVA-e je i normalnost raspodjela avT-MIN, avT-MAX i MDN-T po skupinama određenim složenošću testa te razinama buke i osvjetljenja. Zbog malog broja ispitanika po skupinama, isti je testiran Shapiro-Wilk-ovim testom, čiji su rezultati prikazani u Tablici 4, a ukazuju kako statistički značajna odstupanja postoje kod svega 3 od ukupno 36 raspodjela (od čega se dva odstupanja odnose na avT-MAX). Ipak, uvidom u omjere koeficijenata asimetrije i pripadne standardne pogreške (vidi  $z_{skew}$  u Tablici 3) može se uočiti kako sva značajna odstupanja raspodjela idu u smjeru pozitivne asimetrije te se, budući da je riječ o jednako asimetričnim raspodjelama, može provesti mješovita ANOVA.

Tablica 5. Rezultati složenih analiza varijance avT-MIN, avT-MAX i MDN-T u ovisnosti o složenosti kognitivno-motoričkih zadataka, buci i osvjetljenju

Izvor varijabiliteta	avT-MIN						
	SS	df	MS	F	$\eta^2$	$\pi$	
Između sudionika	750833,1	82					
Buka	77405,86	1	77405,86	10,159**	0,117	0,882	
Osvjetljenje	50165,53	2	25082,76	3,292*	0,079	0,609	
Buka * Osvjetljenje	36581,88	2	18290,94	2,401	0,059	0,471	
Pogreška	586679,9	77	7619,219				
Unutar sudionika	3616331	83					
Složenost testa	3191553	1	3191553	690,801**	0,900	1,000	
Složenost testa * Buka	44096,22	1	44096,22	9,544**	0,110	0,862	
Složenost testa * Osvjetljenje	10061,06	2	5030,531	1,089	0,028	0,235	
Složenost testa * Buka * Osvjetljenje	14874,54	2	7437,271	1,610	0,040	0,331	
Pogreška	355746,1	77	4620,079				
			avT-MAX				
Između sudionika	9431624	82					
Buka	534064,1	1	534064,1	4,829*	0,059	0,583	
Osvjetljenje	259059,1	2	129529,5	1,171	0,030	0,250	
Buka * Osvjetljenje	122631,7	2	61315,86	0,554	0,014	0,139	
Pogreška	8515869	77	110595,7				
Unutar sudionika	60003537	83					
Složenost testa	51258759	1	51258759	487,714**	0,864	1,000	
Složenost testa * Buka	361319	1	361319	3,438	0,043	0,449	
Složenost testa * Osvjetljenje	265858,4	2	132929,2	1,265	0,032	0,267	
Složenost testa * Buka * Osvjetljenje	24891,41	2	12445,71	0,118	0,003	0,068	
Pogreška	8092709	77	105100,1				
			MDN-T				
Između sudionika	1117724	82					
Buka	129232	1	129232	11,479**	0,130	0,917	
Osvjetljenje	48238,17	2	24119,08	2,142	0,053	0,426	
Buka * Osvjetljenje	73341,85	2	36670,92	3,257*	0,078	0,604	
Pogreška	866912,3	77	11258,6				
Unutar sudionika	6611424	83					
Složenost testa	5992327	1	5992327	956,003**	0,925	1,000	
Složenost testa * Buka	88886,94	1	88886,94	14,181**	0,156	0,961	
Složenost testa * Osvjetljenje	44214,72	2	22107,36	3,527*	0,084	0,641	
Složenost testa * Buka * Osvjetljenje	3350,707	2	1675,354	0,267	0,007	0,091	
Pogreška	482644	77	6268,103				

Napomena: \*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$

SS – suma kvadrata;

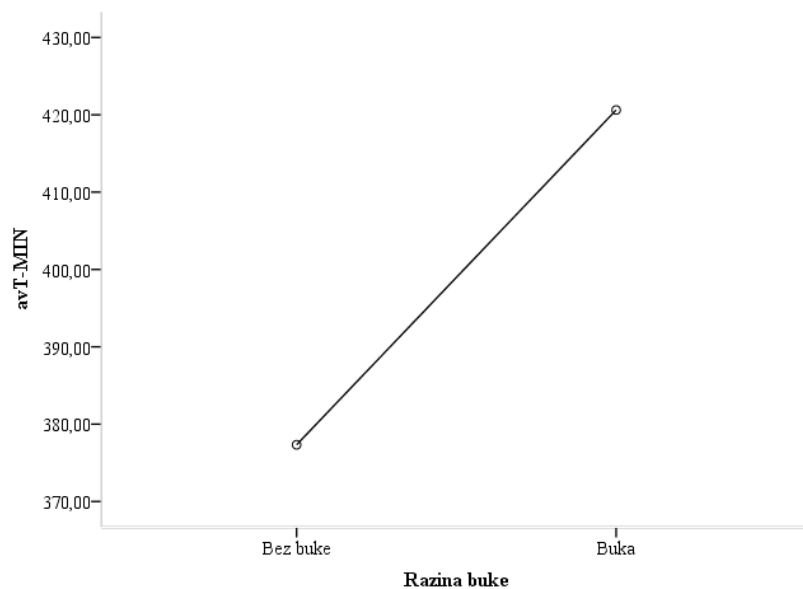
MS – prosječni kvadrat;

$\eta^2$  – parcijalni eta kvadrat;

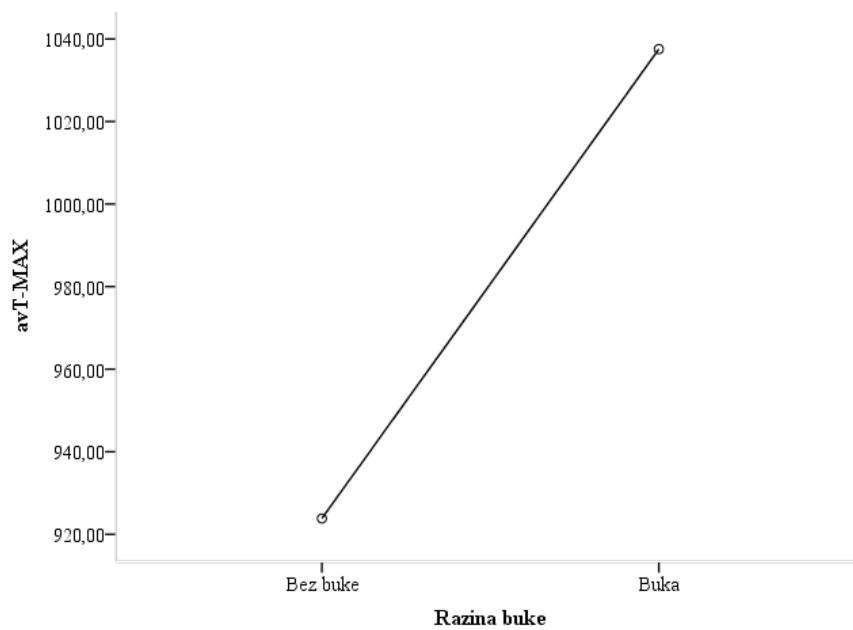
$\pi$  – statistička snaga.

U svrhu preglednosti i lakšeg praćenja rezultata triju složenih ANOVA djelovanja razine osvjetljenja, buke i složenosti kognitivno-motoričkih zadataka na uspjeh u istima mjeren prosjekom triju najbržih vremena (avT-MIN), prosjekom triju najsporijih vremena (avT-MAX) te medijanom točnih odgovora (MDN-T), u nastavku će se značajni učinci prikazati komparativno za tri navedene mjere uspjeha u kognitivno-motoričkim zadacima, i to najprije za glavne, a potom za interakcijske učinke.

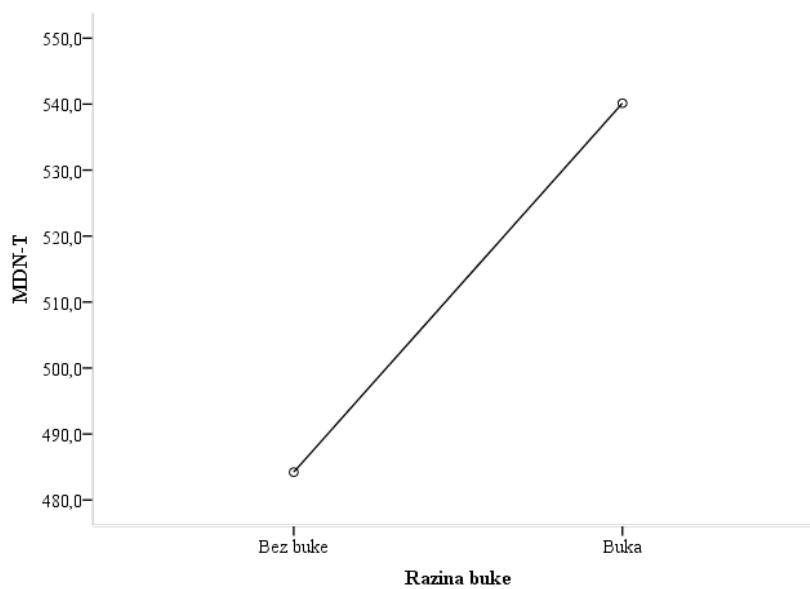
Obzirom na prvi istraživački problem ovog istraživanja, iz rezultata prikazanih u Tablici 5, vidljivo je kako su dobivena tri statistički značajna glavna učinka kod avT-MIN te po dva glavna učinka u slučaju avT-MAX i MDN-T. Shodno tome, rezultati ukazuju na statistički značajan glavni učinak buke na uspjeh u kognitivno-motoričkim zadacima, kod sva tri pokazatelja – avT-MIN ( $p = ,002$ ), avT-MAX ( $p = ,031$ ) i MDN-T ( $p = ,001$ ). Dakle, postoje statistički značajne razlike u sva tri pokazatelja uspjeha u kognitivno-motoričkim zadacima između skupina koje su ispitivane u uvjetima sa i bez akumulirane doze buke, a neovisno o razini osvjetljenja i složenosti kognitivno-motoričkih zadataka.



Slika 2. Prosjek triju najkraćih vremena (avT-MIN) s obzirom da dvije razine buke



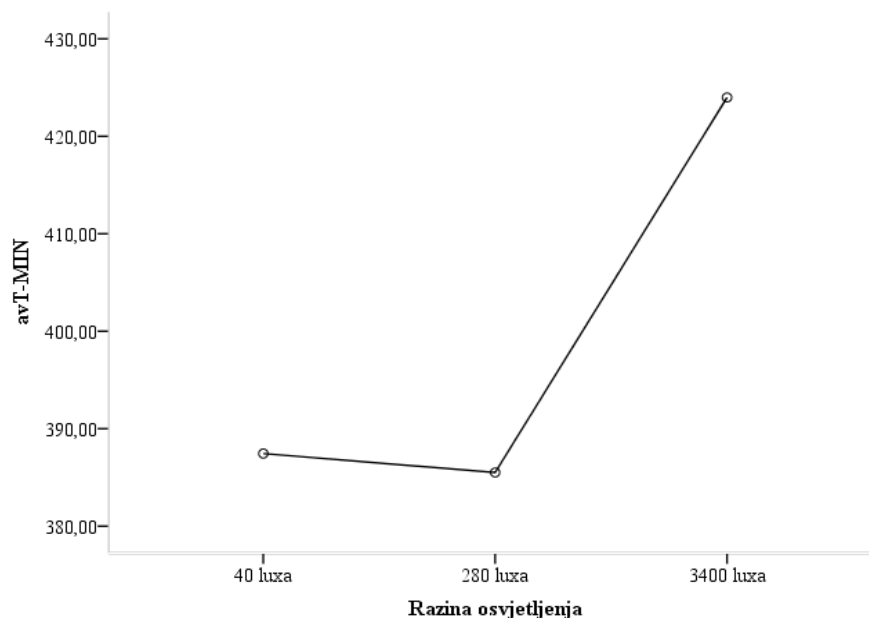
Slika 3. Prosjek triju najsporijih vremena (avT-MAX) s obzirom na dvije razine buke



Slika 4. Medijan vremena točnih odgovora (MDN-T) s obzirom na dvije razine buke

Kao što se može uočiti iz pripadnih grafičkih prikaza (vidi Sliku 2, Sliku 3 i Sliku 4) u sva tri je slučaja uspjeh lošiji, odnosno pokazatelj reagiranja dulji, u uvjetima buke, nego u uvjetima bez buke. Ipak, iako su dobivene veličine učinka buke na avT-MIN i MDN-T osrednje te male kod avT-MAX, pokazatelji statističke snage ukazuju kako su vjerojatnosti da ovakve razlike postoje i u populaciji visoke do vrlo visoke.

S druge strane, statistički značajan glavni učinak osvjetljenja na uspjeh u kognitivno-motoričkim zadacima dobiven je samo u slučaju kada je uspjeh mjeran kao avT-MIN ( $p = ,042$ ), dok se nije pokazao značajnim kod avT-MAX i MDN-T.



Slika 5. Prosjek triju najkraćih vremena (avT-MIN) s obzirom na tri razine osvjetljenja

Iz grafičkog prikaza (vidi Sliku 5) vidljivo je kako se avT-MIN blago povećava s promjenom osvjetljenja od srednje prema nižoj razini, dok promjenu osvjetljenja od srednje prema višoj razini prati nagli porast avT-MIN. Kako bi se stoga provjerilo između kojih skupina određenih razinama osvjetljenja postoje statistički značajne razlike u avT-MIN provedeni su Scheffe i Fisher LSD post hoc testovi.

Tablica 6. Rezultati Scheffe i Fisher LSD post-hoc testova djelovanja razine osvjetljenja na prosjek triju najkraćih vremena u kognitivno-motoričkim zadacima (avT-MIN)

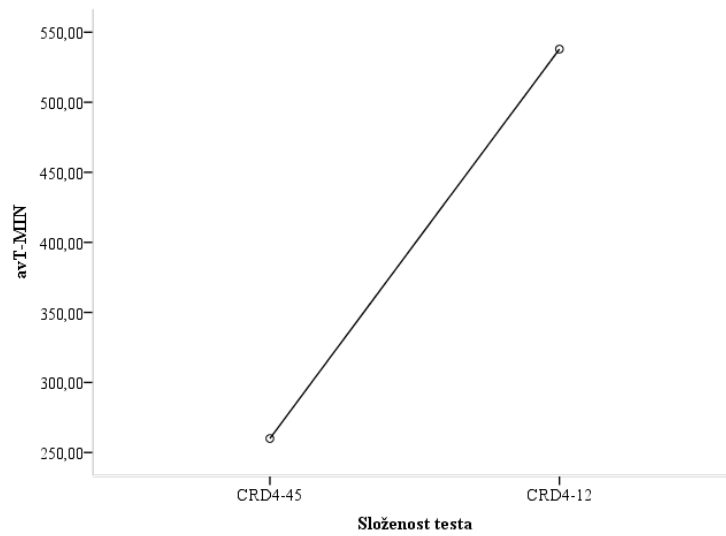
	Razina osvjetljenja (i)	Razina osvjetljenja (j)	$M_i - M_j$	Standardna pogreška	$p$
Scheffe	40 luxa	280 luxa	2,119	16,353	0,992
		3400 luxa	-33,345	16,810	0,147
	280 luxa	40 luxa	-2,119	16,353	0,992
		3400 luxa	-35,464	16,670	0,111
Fisher LSD	40 luxa	280 luxa	2,119	16,353	0,897
		3400 luxa	-33,345	16,810	0,051
	280 luxa	40 luxa	-2,119	16,353	0,897
		3400 luxa	-35,464	16,670	0,037*

Napomena: \*  $p < .05$

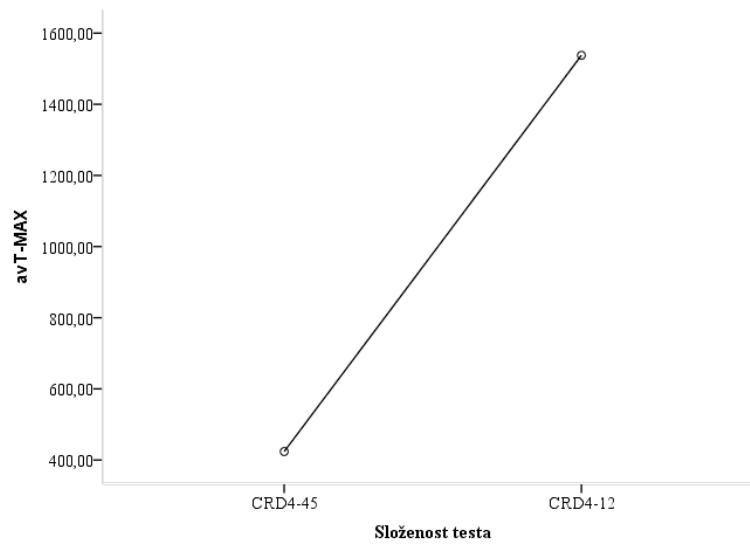
Sukladno tome, iz rezultata prikazanih u Tablici 6, može se uočiti kako Scheffe, kao stroži test, ne ukazuje na postojanje značajnih razlika među aritmetičkim sredinama skupina te tako sve skupine svrstava u isti homogeni podskup, dok Fisher LSD ukazuje kako značajan glavni učinak osvjetljenja prvenstveno odražava prosječni porast avT-MIN s povećanjem razine osvjetljenja s 280 na 3400 luxa, obzirom da statistički značajne razlike u avT-MIN postoje samo između tih dviju skupina. Dakle, skupine testirane u uvjetima snižene i srednje razine osvjetljenja ne razlikuju se s obzirom na avT-MIN, dok taj pokazatelj značajno raste kako se osvjetljenje povećava od srednje ka višoj razini. Budući da proporcija stupnja osvjetljenja koja je odgovorna za razlikovanje aritmetičkih sredina skupina testiranih u različitim uvjetima osvjetljenja iznosi 7,9%, primjetno je kako, unatoč statističkoj značajnosti, dobiveni učinak osvjetljenja nije velik i ne pokazuje veće praktično značenje. Međutim, pokazatelj statističke snage ukazuje kako je vjerojatnost da dobivene razlike zaista postoje i na populacijskoj razini gotovo 61% (vidi pripadne  $\eta^2$  i  $\pi$  u Tablici 5).

Kada je riječ o složenosti kognitivno-motoričkih zadataka, dobiven je značajan glavni učinak kod svih triju pokazatelja uspješnosti te se može zaključiti kako postoje značajne razlike u avT-MIN ( $p < ,001$ ), avT-MAX ( $p < ,001$ ) i MED-T ( $p < ,001$ ) s obzirom na složenost testa, a neovisno o razini osvjetljenja i buke. Pritom je uspjeh lošiji, odnosno avT-MIN, avT-MAX i MED-T veći, kod složenijeg testa, nego kod jednostavnijeg testa, kao što i prikazuju Slike 6, 7 i 8.

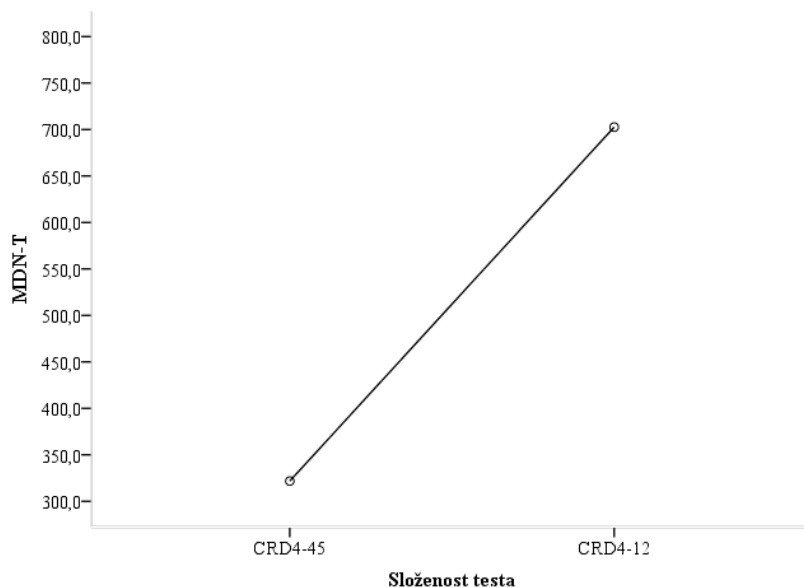




Slika 6. Prosjek triju najkraćih vremena (avT-MIN) s obzirom na dvije razine složenosti testa



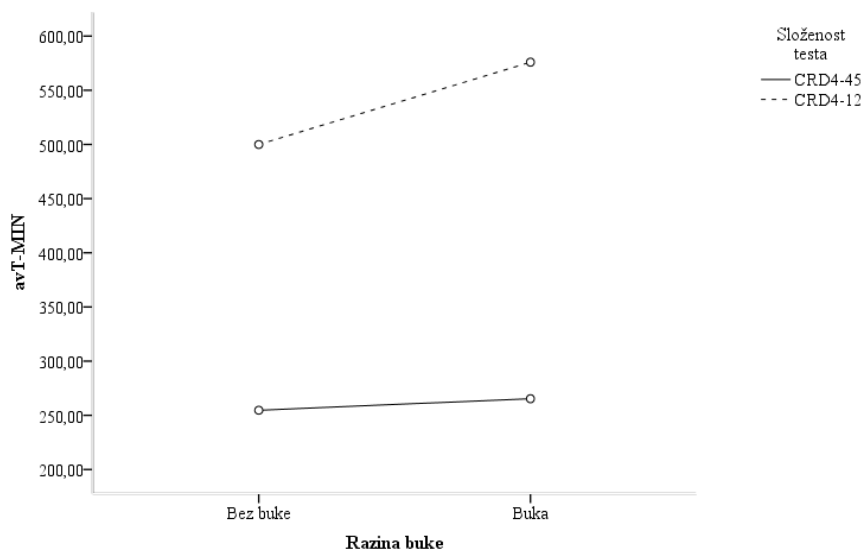
Slika 7. Prosjek triju najdužih vremena (avT-MAX) s obzirom na dvije razine složenosti testa



Slika 8. Medijan vremena točnih odgovora (MDN-T) s obzirom na dvije razine složenosti testa

Proporcije složenosti testa koje su odgovorne za razlikovanje aritmetičkih sredina dvaju mjerenja vrlo su visoke za sva tri pokazatelja uspjeha (vidi  $\eta^2$  u Tablici 5) te ukazuju kako razlike ne samo da postoje, već su i velike. Dakle, postoji značajno i iznimno veliko djelovanje složenosti testa na uspjeh u kognitivno-motoričkim zadacima izražen preko avT-MIN, avT-MAX i MDN-T te, prema pokazateljima statističke snage, vjerojatnost da takav rezultat zaista postoji i u populaciji iznosi 100%.

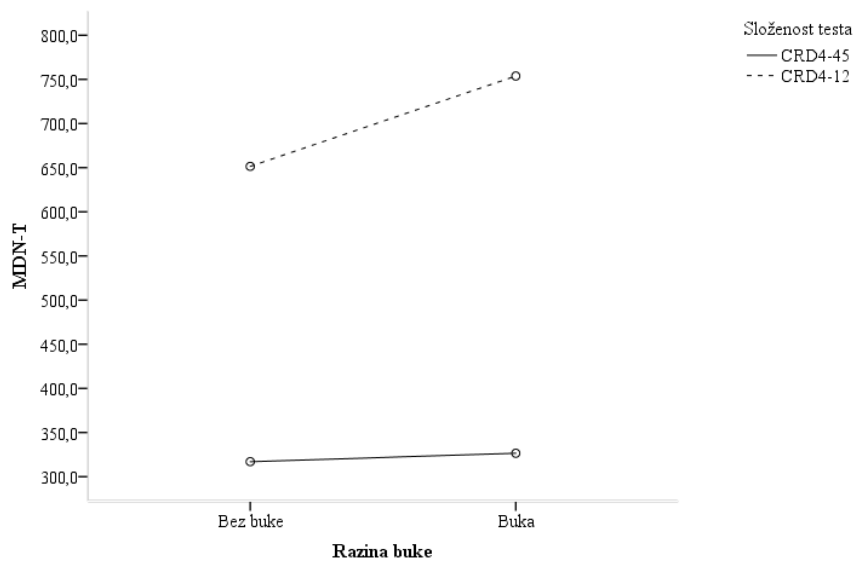
Kao odgovor na drugi istraživački problem, dobiveni rezultati ukazuju kako postoje četiri značajne dvostruke interakcije, dok se niti jedna trostruka interakcija nije pokazala statistički značajnom. Pritom su značajni interakcijski učinci dobiveni kada je uspjeh u izvedbi kognitivno-motoričkih zadataka mjeren kao avT-MIN i MDN-T, dok niti jedan interakcijski učinak nije statistički značajan u slučaju uspjeha mjenog preko avT-MAX (vidi Tablicu 5). Shodno navedenom, kada je uspjeh mjen kao avT-MIN, dobivena je značajna interakcija buke i složenosti testa ( $p = ,003$ ) koja govori kako je djelovanje buke na avT-MIN različito kod jednostavnog i složenog testa, a neovisno o razini osvjetljenja.



Slika 9. Prosjek triju najkraćih vremena (avT-MIN) s obzirom na dvije razine buke i dvije razine složenosti testa

Kao što je vidljivo na Slici 9, kod jednostavnijeg testa povećanje buke prati blagi, gotovo neznan, prosječni porast avT-MIN, dok je kod složenijeg testa taj porast nešto veći. Međutim, iako interakcijski učinak buke i složenosti testa određuje mali dio ukupne varijance avT-MIN (vidi pripadni  $\eta^2$  u Tablici 5), pokazatelj statističke snage ukazuje kako je vjerojatnost da ovakav rezultat zaista postoji i u populaciji vrlo velika.

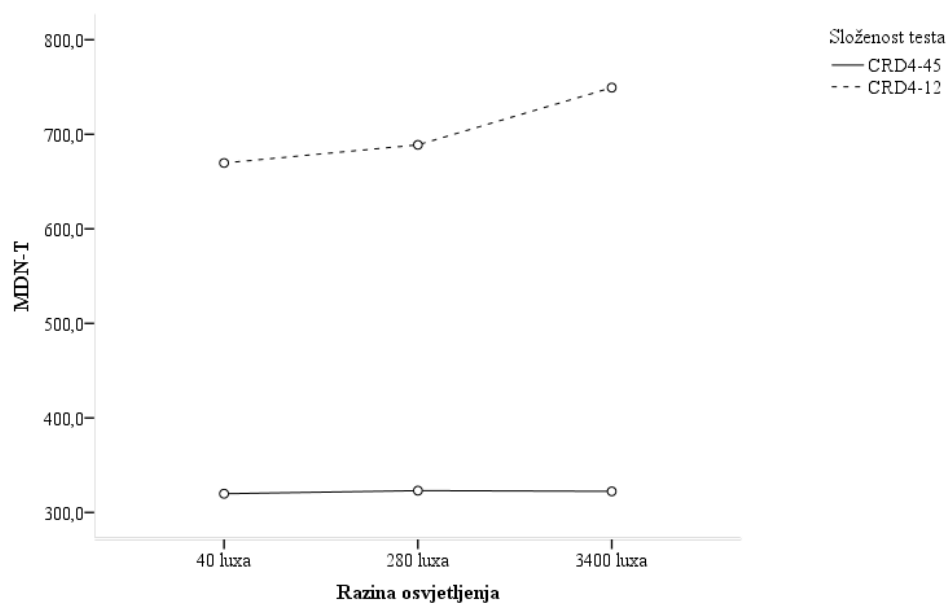
Nadalje, značajan interakcijski učinak buke i složenosti testa dobiven je i kod MDN-T ( $p < ,001$ ), što ukazuje kako je, neovisno o razini osvjetljenja, učinak buke na prosječno vrijeme točnih odgovora različit kod jednostavnog i složenog CRD testa.



Slika 10. Medijan vremena točnih odgovora (MDN-T) s obzirom na dvije razine buke i dvije razine složenosti testa

Kao i kod avT-MIN, povećanje buke prati prosječni porast MDN-T u slučaju složenijeg testa, dok je u slučaju jednostavnijeg testa taj porast vrlo blag. Pritom vrijednosti pripadnih  $\eta^2$  i  $\pi$ , prikazane u Tablici 5, ukazuju kako je riječ o srednjoj veličini učinka te kako je vjerojatnost da su dobivene razlike prisutne i na populacijskoj razini vrlo visoka.

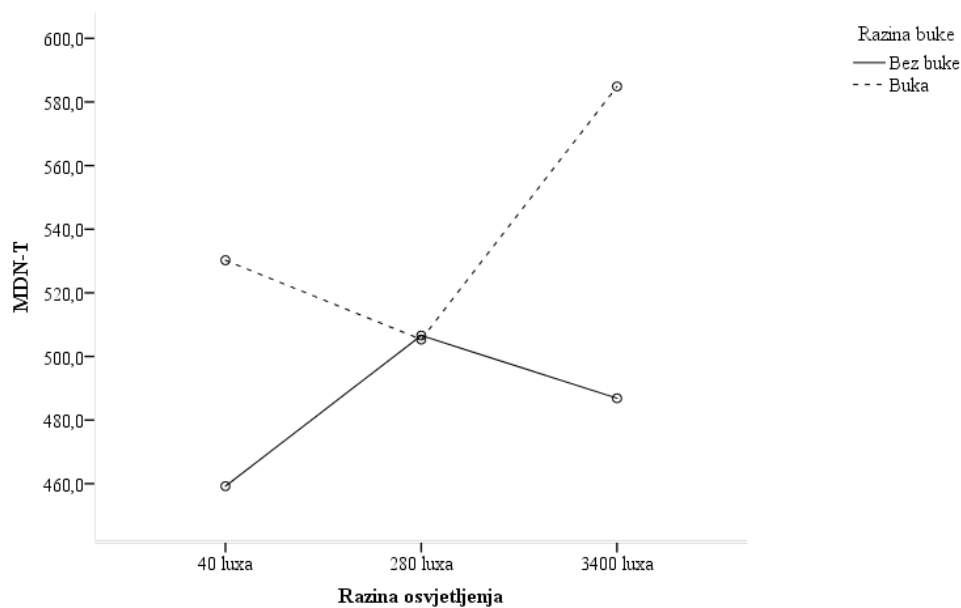
Kada je kao pokazatelj uspjeha korištena prosječna mjera, MDN-T, dobiven je i značajan interakcijski učinak osvjetljenja i složenosti testa ( $p = ,034$ ), prema kojem se prosječne promjene u MDN-T pod djelovanjem osvjetljenja razlikuju kod jednostavnog i složenog kognitivno-motoričkog testa, a neovisno o akumuliranoj dozi buke.



Slika 11. Medijan vremena točnih odgovora (MDN-T) s obzirom na tri razine osvjetljenja i dvije razine složenosti kognitivno-motoričkog testa

Kod jednostavnijeg testa, kako prikazuje Slika 11, nema većih promjena u MDN-T u uvjetima niskog, srednjeg i visokog osvjetljenja, dok kod složenijeg testa s povećanjem stupnja osvjetljenja MDN-T pokazuje sustavan rast. Dok mala vrijednost veličine učinka ne sugerira značajnije praktično značenje dobivenog nalaza, veličina statističke snage ponovno ukazuje kako postoji relativno velika vjerojatnost da su dobivene razlike zaista prisutne i na populacijskoj razini (vidi pripadne  $\eta^2$  i  $\pi$  u Tablici 5).

U slučaju uspjeha u kognitivno-motoričkim zadacima mjenog preko MDN-T dobiven je i statistički značajan interakcijski učinak buke i razine osvjetljenja ( $p = ,044$ ), koji ukazuje kako je učinak osvjetljenja na prosječno vrijeme odgovora različit u uvjetima sa i bez buke, neovisno o složenosti kognitivno-motoričkog testa.



Slika 12. Medijan vremena točnih odgovora (MDN-T) s obzirom na tri razine osvjetljenja i dvije razine buke

Naime, u uvjetima snižene buke, s porastom osvjetljenja ka srednjoj vrijednosti MDN-T u prosjeku raste te zatim pada kako se osvjetljenje povećava, dok u uvjetima povišene buke pokazuje prvotni pad te zatim rast prema najvišoj razini osvjetljenja (vidi Sliku 12). Proporcija varijance MDN-T objašnjena ovim interakcijskim učinkom nešto je niža od one koju objašnjava interakcijski učinak osvjetljenja i složenosti testa, no i u ovom slučaju statistička snaga ukazuje kako vjerojatnost da se dobivene razlike nalaze i u populaciji nije zanemariva (vidi pripadne  $\eta^2$  i  $\pi$  u Tablici 5).

Premda narušene pretpostavke ANOVA-e ponovljenih mjerenja s nezavisnom varijablom između skupina (neprobabilistički uzorak, heterogene varijance između skupina, nemogućnost valjanog izračuna prosječne matrice varijance-kovarijance i pripadnog sfericiteta) traže da se dobiveni nalazi tretiraju s dozom statističkog opreza, razvidno je kako se od 7 mogućih glavnih i interakcijskih učinaka, svega dva sustavno pojavljuju kod sva tri pokazatelja izvedbe (glavni efekt buke i složenosti testa). Iz navedenog se stoga može zaključiti kako različiti indikatori izvedbe različito reagiraju na promatrane učinke te je, u tom smislu, bilo opravdano uvesti ne samo prosječnu mjeru pojedinčevog rezultata (MDN-T), već i dvije neprosječne mjere (avT-MIN, avT-MAX).

## Rasprava

Iako nalazi mnogih istraživanja ukazuju kako vanjski čimbenici, kao što su buka, osvjetljenje te složenost kognitivno-motoričkih zadataka, mogu imati različite i promjenjive učinke na kognitivnu izvedbu, malo je onih u kojima se promatrao njihov interakcijski učinak, dok su nedostupni oni u kojima su se svi ti učinci na uspjeh u izvedbi razmatrali ne-prosječnim pokazateljima brzine rješavanja testa. Upravo iz tog razloga, u ovom se istraživanju izučavalo djelovanje triju spomenutih čimbenika na uspjeh u kognitivno-motoričkim zadacima, izražen preko jednog prosječnog i dva ne-prosječna pokazatelja, pri čemu su dobiveni nalazi, s ciljem bolje preglednosti, u nastavku raspravljani s obzirom na postavljene istraživačke probleme.

*Glavni učinci akumulirane doze buke, osvjetljenja i složenosti kognitivno-motoričkih zadataka na avT-MIN, avT-MAX i MDN-T*

Testiranjem glavnih učinaka akumulirane doze buke na kognitivno-motoričku izvedbu, dobiveno je statistički značajno povećanje MDN-T s povećanjem buke, a neovisno o osvjetljenju i složenosti kognitivno-motoričkih zadataka. Takvi nalazi u suglasnosti su s početnim očekivanjima, temeljenima na istraživanjima koja ukazuju na negativne učinke buke na prosječne pokazatelje VR u kognitivnim zadacima (Alimohammadi i sur, 2015; Chraif, 2012; Trimmel i Poelzl, 2006). Hockey (1997) pritom navodi kako vanjski stresori, kao što je buka, uzrokuju strukturalne promjene osnovnih komponenti kognitivne obrade podataka, koje se primjerice mogu očitovati u obliku sužene pažnje, što se pak negativno odražava na izvedbu pripadnih zadataka. Štoviše, time se mogu objasniti i dobivena značajna djelovanja buke na avT-MIN, koji pritom, sukladno očekivanjima, pokazuje isti obrazac promjena kao i MDN-T, a koji ukazuje kako buka smanjuje maksimalnu brzinu obrade podataka i senzorno-motoričkih procesa u podlozi rješavanja pripadnih kognitivno-motoričkih zadataka. Također, dobiveni značajan porast avT-MAX u uvjetima buke potvrđuje početna očekivanja te ukazuje na negativne učinke buke na otpornost kognitivnog sustava djelovanju nepovoljnih unutarnjih čimbenika, a koji se mogu manifestirati kao različite emocionalne i funkcionalne smetnje. Upravo na funkcionalne smetnje koje se mogu javiti u uvjetima povećane buke ukazuje Broadbent (1958, prema Matthews, Davies, Westerman i Stammers, 2000) te predlaže objašnjenje temeljeno na ometajućim osobinama buke, koja pri tom interferira s odabirom podataka relevantnih za zadatak i/ili odabirom prikladnog odgovora. Naime, buka povećava broj nevoljnih prekida procesa prikupljanja podataka, rezultirajući tako kratkim periodima perceptivne neefikasnosti, a koji povećavaju vjerojatnost pogrešaka i dugih vremena odgovora.

Upravo nedostatak istraživanja u kojima se kao pokazatelj funkcionalnih smetnji pod djelovanjem buke koristilo trajanje najduljeg odgovora, dovodi u pitanje zaključak meta-analitičke studije (Szalma i Hancock, 2011) o tome kako je točnost rješavanja osjetljiviji indikator nepovoljnih učinaka buke, nego što je to brzina rješavanja zadataka. Naime, u većini istraživanja u kojima je kao izlazni rezultat korištena brzina rješavanja, zapravo je riječ o prosječnim pokazateljima iste, u kojima se funkcionalne smetnje mogu i ne moraju očitovati. S druge strane, ne-prosječni vremenski pokazatelji, poput trajanja najlošijeg odgovora, osjetljivi su na funkcionalne smetnje (Drenovac, 2009; Žebec, Crnko, Palavra i Sumpor, 2017), na čiju prisutnost pod djelovanjem buke ukazuje i statistički značajan porast avT-MAX, dobiven u ovom istraživanju. Osim toga, različiti oblici privremene dezorganizacije pri rješavanju kognitivnih zadataka mogu se javiti i zbog emocionalnih smetnji koje nastaju pri duljem izlaganju buci, budući da neki istraživači navode kako buka može predstavljati izvor frustracije (Belojević, Jakovljević i Slepčević, 2003; Ouis, 2001; Szalma i Hancock, 2011), a koja se posebno očituje kod osoba s višim rezultatima na ljestvici emocionalne nestabilnosti (Beheshti i sur, 2018; Belojević i sur, 2003). Takve emocionalne smetnje primarno se iskazuju izrazito dugim vremenima rješavanja zadatka, a koji mogu i ne moraju biti popraćeni vidljivim manifestacijama tog emocionalnog uzbuđenja (Drenovac, 2009) pa je, stoga, sudeći po porastu avT-MAX, moguće kako u takvim uvjetima djelovanja nepovoljnih osobina ličnosti više dolaze do izražaja.

Sljedeći važan nalaz ovog istraživanja je statistički značajan glavni učinak osvjetljenja na kognitivno-motoričku izvedbu, ali samo kada je ista izražena preko avT-MIN. Ipak, dobiveni nalaz nije u potpunosti sukladan početnim očekivanjima, budući da promjene u avT-MIN pod djelovanjem osvjetljenja samo jednim dijelom pokazuju očekivani trend. Naime, dobivena je najbolja izvedba pri srednjoj razini osvjetljenja, dok se ista u prosjeku pogoršava s povećanjem, ali ne i sa smanjenjem osvjetljenja, na što ukazuju značajne razlike u avT-MIN dobivene samo između skupina testiranih u uvjetima srednjeg i povećanog osvjetljenja. Takve razlike, ali i nepostojanje razlika između skupina testiranih u uvjetima srednjeg i sniženog osvjetljenja, mogu se objasniti izravnim učincima osvjetljenja na vidni sustav, budući da je riječ o zadacima koji zahtijevaju vidnu percepciju. Štoviše, CRD testovi korišteni u ovom istraživanju zahtijevaju percepciju svjetlosnih signala, pri čemu promjene u osvjetljenju direktno djeluju na vidno-perceptivne uvjete, mijenjajući kontrast luminanci podražaja i okoline. Naime, luminanca je količina svjetlosne energije na koju reagiraju fotoreceptori u ljudskom oku, a, kako navode Kroemer i Grandjean (1999), predstavlja količinu svjetla koju reflektira ili emitira



neka površina. Pritom se luminanca mijenja s promjenom osvjetljenja, budući da je određena jačinom osvjetljenja neke površine te njenom reflektivnosti, koja je pak konstantna jer ovisi o fizičkim atributima predmeta (Rebić, 2008). Obzirom da je luminanca svjetlosnih podražaja upravo onolika koliko svjetla oni emitiraju, promjene u osvjetljenju okolnih površina, a time i promjene njihovih luminanci, smanjuju ili povećavaju kontrast između podražaja i okoline te tako otežavaju ili olakšavaju njegovu uočljivost. U kontekstu nalaza ovog istraživanja može se stoga zaključiti kako povećanje, ali ne i smanjenje osvjetljenja od srednje razine, negativno djeluje na maksimalnu brzinu obrade podataka, budući da je u tom slučaju teže uočiti svjetlosne podražaje, koji su pak u zamračenim uvjetima dobro vidljivi. Dakle, izravni učinci povećanog stupnja osvjetljenja, u vidu smanjenog kontrasta luminanci podražaja i njegove pozadine, a time i smanjene uočljivosti podražaja, povećavaju zahtjeve na procese detekcije podražaja, što se pak odražava prosječnim povećanjem avT-MIN. Također, prostor u kojem se vršilo testiranje sadržavao je uglavnom svijetle površine, a poznato je kako takve površine reflektiraju velike količine svjetla koje na njih pada te tako izazivaju neugodne refleksije i blještavilo u uvjetima povećanog osvjetljenja (Kroemer i Grandjean, 1999). Međutim, nameće se pitanje zašto onda avT-MIN, koji predstavlja maksimalnu brzinu obrade podataka i senzorno-motoričkih procesa tijekom rješavanja testa, nije najniži u uvjetima sniženog osvjetljenja, budući da takvi uvjeti vjerojatno omogućavaju najbolju uočljivost svjetlosnih podražaja? Iako u ovom istraživanju nedostaje precizan podatak o luminancama podražajnih signala i okolnih površina, odgovor na to pitanje možda se može pronaći u istraživanju kojeg je proveo Guth (1958, prema Kroemer i Grandjean, 1999), a u kojem je dobiveno opadanje osjetljivosti za kontrast te povećanje frekvencije treptanja očima kada je centralni dio vidnog polja pet puta svjetliji od okolnog prostora. Dakle, i preveliko povećanje kontrasta luminanci podražaja i pozadine, upravo kao i njegovo smanjenje, može smanjiti vidnu udobnost i vidljivost te se tako negativno odraziti na kognitivnoj izvedbi. Osim toga, negativni učinci sniženog osvjetljenja mogu se očitovati i u motoričkoj izvedbi, budući da smanjena vidna percepcija pokreta smanjuje stabilnost koordinacije ekstremiteta, tim više što su zahtjevi za koordinacijom veći (Cortis, Pesce i Capranica, 2018). Ipak, u ovom istraživanju nije dobiveno značajno povećanje avT-MIN sa smanjenjem osvjetljenja od srednje ka nižoj razini, što ne samo da upućuje na zaključak kako je razlika među tim razinama nedovoljna da bi se uočile eventualne razlike u maksimalnoj brzini kognitivne obrade podataka, već i na to da je optimalna razina osvjetljenja u samom nacrtu istraživanja pogrešno postavljena te da bi ista, kada je riječ o dvama korištenim zadacima, trebala biti osjetno niža od 280 lx.

S druge strane, u slučaju izvedbe mjerene preko avT-MAX, razlike među skupinama testiranima u različitim uvjetima osvjetljenja nisu se pokazale statistički značajnima, što je suprotno početnim očekivanjima. Dakle, dobiveni nalazi ukazuju kako promjene u osvjetljenju ne djeluju značajno na otpornost kognitivnog sustava, odnosno podložnost istog različitim funkcionalnim i emocionalnim smetnjama. Osim metodološkim ograničenjima ovog istraživanja, koja se primarno odnose na nemogućnost slučajnog raspoređivanja dijela sudionika u skupine, te nezadovoljenim pretpostavkama mješovite ANOVA-e, poput pristranosti uzorka koji nije slučajno izvučen iz populacije studenata, ovakve je nalaze teško objasniti. Štoviše, u istraživanju kojeg su proveli Smolders i suradnici (2012), dobivene su niže vrijednosti 10% najduljih vremena reakcije u uvjetima osvjetljenja od 1000 lx, u odnosu na osvjetljenje od 200 lx, što nije u skladu s početnim očekivanjima u ovom diplomskom radu, kao niti s dobivenim nalazima. Zanimljivo, u navedenom istraživanju učinak promatranog povećanja osvjetljenja s 200 na 1000 lx na 10% najkraćih vremena nije se pokazao statistički značajnim, što je također suprotno nalazima ovog diplomskog rada. Međutim, važno je naglasiti kako je u tom istraživanju korišten jednostavni slušni zadatak pozornosti, pri čemu se nije zahtijevala vidna percepcija podražaja, budući da je namjera istraživača bila ispitati posredne učinke povećanja osvjetljenja na kognitivnu izvedbu, a koji se, prema istima, očituju povećanjem pobuđenosti.

U svakom slučaju, nalazi dobiveni u ovom diplomskom radu, a koji upućuju na povećanje avT-MIN s povećanjem osvjetljenja od srednje ka višoj razini, ukazuju kako taj neprosječni indikator može registrirati djelovanja osvjetljenja koja se, suprotno očekivanjima, nisu pokazala na uvriježeno korištenom prosječnom pokazatelju brzine kognitivne izvedbe. Međutim, dobiveni nalazi jednim dijelom pojašnjavaju zašto se učinci osvjetljenja nisu pokazali na MDN-T. Naime, MDN-T uključuje avT-MIN i avT-MAX, koji, s obzirom na pripadne aritmetičke sredine prikazane u Tablici 2, ukazuju na suprotne obrasce promjena pod djelovanjem osvjetljenja (iako neznčajne u slučaju avT-MAX), a koji se u određenoj mjeri međusobno poništavaju unutar prosječnog pokazatelja.

Treći važan nalaz ovog istraživanja je statistički značajan glavni učinak složenosti testa na kognitivno-motoričku izvedbu. Pritom dobiveni rezultati ukazuju na značajna prosječna povećanja avT-MIN, avT-MAX i MDN-T s povećanjem složenosti testa, a neovisno o osvjetljenju i akumuliranoj dozi buke, čime su potvrđena početna očekivanja. Takvi nalazi sukladni su nalazima brojnih ranijih istraživanja, u kojima je dobiveno povećanje prosječnog vremena reakcije (Danthiir i sur, 2005; Jensen, 2006; Klapp, 1996; Laszlo i Livesey, 1977; Ng

i Chan, 2012; Pins i Bonnet, 1996) ili pak vremena najkraćeg odgovora (Živičnjak i sur, 2001) u funkciji povećanja složenosti kognitivnog zadatka. Dakle, obzirom da, u ovom slučaju, složeniji CRD test obuhvaća veći broj podražaja te veći broj mogućnosti odgovora, pripadno povećanje informacijskog opterećenja povećava zahtjeve na procese kognitivne obrade podataka, što se pak iskazuje duljim vrijednostima avT-MIN te MDN-T. Međutim, osim po broju podražaja, odnosno broju kombinacija podražaja i pripadnih odgovora, korišteni kognitivno-motorički zadaci razlikuju se i s obzirom na način pružanja odgovora. Naime, jednostavniji test zahtijevao je pritisak tipke dominantnom rukom, dok je pri rješavanju složenijeg testa zahtijevana aktivacija i gornjih i donjih ekstremiteta pa se stoga može zaključiti kako su povećanja vrijednosti triju pokazatelja jednim dijelom rezultat i povećanja složenosti motoričkog pokreta. Pritom nalazi ranijih istraživanja gotovo jednoznačno ukazuju kako povećanje složenosti pokreta, odnosno pripadno povećanje zahtjeva na kognitivne procese odabira i pripreme motoričkog odgovora, rezultira duljim vremenima reakcije (Boisgontier, Wittenberg, Fujiyama, Levin i Swinnen, 2014; Jensen, 2006; Laszlo i Livesey, 1977). Tako Boisgontier i suradnici (2014), variranjem broja ekstremiteta uključenih u rješavanje zadatka te prirode njihove koordinacije, pronalaze kako povećanje broja ekstremiteta povećava izbornu VR te kako pritom istovremenu aktivaciju gornjih i donjih ekstremiteta prati najmanje povećanje vremena odabira odgovora, aktivaciju samo jednog ekstremiteta prati srednje povećanje, dok aktivacija dijagonalnih ekstremiteta zahtijeva najdulje vrijeme odabira. Štoviše, vrijeme izborne reakcije kraće je u zadacima koji zahtijevaju odgovore gornjim ekstremitetima, nego u zadacima u kojima se odgovara uz pomoć donjih ekstremiteta, budući da je u prvom slučaju vrijeme odabira odgovora kraće. Sukladno tome, očito je kako zadaci složenijeg CRD testa ne samo da su zahtjevniji u vidu detekcije i percepcije podražaja, već i u vidu odabira odgovora te kognitivnog programiranja istog, što se očituje u duljim vrijednostima korištenih pokazatelja izvedbe, u odnosu na jednostavniji CRD test.

Također, kada je riječ o avT-MAX, dobiveni nalazi ukazuju kako se, u usporedbi s jednostavnijim testom, pri rješavanju složenijeg CRD testa više očituju različite funkcionalne i emocionalne smetnje, poput podložnosti ometajućim čimbenicima, djelovanja nepovoljnih osobina ličnosti, anksioznosti te zamora kognitivnog sustava. Međutim, iako je uputa bila jednako usmjerena i na brzinu i na točnost rješavanja, veća pobuđenost, kao rezultat povećanja složenosti testa, mogla je djelovati na odabir strategije brzog rješavanja uz žrtvovanje točnosti, što pak rezultira većim brojem pogrešaka. Pritom, kako navodi Jensen (2006), pogrešni odgovori vode sporijem vremenu reakcije na zadatak koji slijedi ili čak, u nešto manjoj mjeri,

na nekoliko sljedećih zadataka, za što se pretpostavlja da je rezultat povećane opreznosti. Budući da su takvi učinci mogući samo u zadacima koji pružaju povratnu informaciju o tome je li odgovor na određeni zadatak točan ili ne, a što je karakteristika dvaju CRD testova korištenih u ovom istraživanju, moguće je kako je barem dio avT-MAX složenijeg testa rezultat povećane opreznosti (zbog mogućeg većeg broja pogrešaka), a ne nužno različitih funkcionalnih i emocionalnih smetnji.

*Učinci dvostrukih interakcija akumulirane doze buke, osvjetljenja i složenosti kognitivno-motoričkih zadataka na avT-MIN, avT-MAX i MDN-T*

Kada se djelovanja buke na kognitivno-motoričku izvedbu sagledaju u ovisnosti o složenosti CRD testa, a neovisno o razini osvjetljenja, može se uočiti kako ranije raspravljeni glavni učinci buke na kognitivno-motoričku izvedbu primarno odražavaju negativne učinke iste na izvedbu složenijeg CRD testa. Štoviše, mnogi istraživači ukazuju na važnost razmatranja djelovanja buke kod zadataka različite složenosti, budući da nalazi nekih ranijih istraživanja ukazuju na različita djelovanja buke kod jednostavnih i složenih kognitivnih zadataka (Dudek i sur, 1991; Grether, 1971; Nagar i Pandey, 1987). Takve učinke potvrđuju i nalazi ovog istraživanja, u kojem je, sukladno očekivanjima, dobiveno kako povećanje buke u prosjeku povećava avT-MIN te MDN-T u složenijim kognitivnim zadacima, dok se negativni učinci iste u izvedbi jednostavnih zadataka očituju vrlo blagim povećanjem tih pokazatelja. Iz navedenog se tako može zaključiti kako buka, kao vanjski izvor nelagode i zamora, nije značajno naštetila izvedbi jednostavnog testa, što pak nije slučaj kod složenijeg testa, kojeg niti u normalnim uvjetima nije jednostavno riješiti. U literaturi se mogu pronaći različita objašnjenja takvih nalaza, pri čemu se isti primarno odnose na ometajuće učinke buke, koja pritom interferira s procesima ili pak kapacitetom kognitivne obrade podataka. Tako Finkelman i Glass (1970, prema Baldwin, 2012) ističu kako izvedba na nekom zadatku nije narušena ukoliko zahtjevi zadatka i konkurentnog okolinskog stresora ne prelaze pojedinčev kapacitet obrade podataka, pri čemu buku smatraju stresorom koji nepovoljno djeluje na kognitivnu izvedbu upravo sužavajući taj kapacitet. S druge strane, neki istraživači (Broadbent, 1978, prema Staal, 2004) smatraju kako buka primarno negativno djeluje na procese pažnje, i to na način da potiče usmjerenost na centralne podražaje uz zanemarivanje perifernih, pri čemu pogreške i dulja vremena odgovora postaju izgledniji. Iz navedenog se stoga može zaključiti kako se takvi učinci više očituju pri rješavanju složenijih zadataka ovog istraživanja, budući da isti sadrže veći broj podražaja na koje se potrebno usmjeriti.

Međutim, iznenađuje nepostojanje učinka dvostruke interakcije buke i složenosti testa na avT-MAX, što, suprotno očekivanjima, ukazuje kako su promjene u otpornosti kognitivnog sustava s povećanjem buke jednake kod jednostavnijeg i složenijeg CRD testa. Ipak, iz pripadnih aritmetičkih sredina (vidi Tablicu 2) može se uočiti kako postoji tendencija ka interakciji, budući da avT-MAX s povećanjem buke kod jednostavnih i složenih zadataka pokazuje isti trend prosječnih promjena kao i avT-MIN te MDN-T, ali je ta razlika očito premala da bi se pokazala statistički značajnom. Iako je, zbog nedostatka ranijih istraživanja učinaka buke na otpornost kognitivnog sustava kod zadataka različite složenosti, ovakav nalaz teško interpretirati, moguće je kako je isti posljedica djelovanja slučajnih faktora koje se nije moglo u potpunosti kontrolirati uslijed ne-slučajnog raspoređivanja dijela sudionika u skupine, ili pak ranije istaknutih nezadovoljenih pretpostavki mješovite ANOVA-e.

Nadalje, dobiveni nalazi vezani uz interakcijski učinak osvjetljenja i složenosti kognitivno-motoričkih zadataka, neovisno o akumuliranoj dozi buke, ukazuju kako je isti značajan kod MDN-T, ali ne i kod avT-MIN te avT-MAX. Pritom prosječne promjene MDN-T s promjenama osvjetljenja ne pokazuju očekivani trend niti kod jednostavnijeg ni kod složenijeg CRD testa. Naime, prema dobivenim rezultatima, kod složenijeg testa MDN-T pokazuje nelinearan porast s povećanjem osvjetljenja od najniže prema najvišoj razini, pri čemu se u prosjeku najprije blago povećava, a potom slijedi nešto nagliji rast od srednjeg ka višem stupnju osvjetljenja. S druge strane, kod jednostavnijeg testa promjene osvjetljenja od srednje razine prate tek vrlo blaga smanjenja prosječnih vrijednosti MDN-T. Drugim riječima, povećanje osvjetljenja od najniže prema najvišoj razini kod složenijeg testa smanjuje prosječnu brzinu kognitivne obrade podataka, dok se učinci osvjetljenja gotovo i ne očituju kod jednostavnog CRD testa. Iz takvih nalaza ponovno se može zaključiti kako je za kognitivno-motoričke zadatke korištene u ovom istraživanju, i to posebno za složeniji CRD test, optimalna razina osvjetljenja osjetno niža od pretpostavljenih 280 lx. Shodno tome, očito je kako testiranje nepovoljnih učinaka sniženog osvjetljenja na avT-MIN, avT-MAX i MDN-T zahtijeva uvjete u kojima je moguće varirati jako niskim stupnjevima osvjetljenja (znatno nižima od 40 lx), a u kojima bi slaba vidljivost već počela ograničavati koordinaciju pokreta pri odgovaranju, što pak nije slučaj u ovom istraživanju.

Statistički značajne promjene MDN-T dobivene su i testiranjem interakcijskih djelovanja buke i osvjetljenja na kognitivno-motoričku izvedbu, a neovisno o složenosti kognitivno-motoričkog testa. Takvi nalazi samo su dijelom sukladni početnim očekivanjima, budući da učinci dvostruke interakcije buke i osvjetljenja nisu dobiveni kod avT-MIN i avT-

MAX. Pritom je i obrazac prosječnih promjena MDN-T samo dijelom u skladu s očekivanjima, obzirom da se vrijednosti MDN-T s odmakom stupnja osvjetljenja od srednje razine povećavaju u uvjetima buke, dok se smanjuju u uvjetima bez buke. Budući da je prosječni pokazatelj kognitivne obrade podataka u uvjetima buke najniži kod srednje razine osvjetljenja te najviši kod najviše razine osvjetljenja, očito je kako loša uočljivost podražaja te neugodno blještavilo u kombinaciji s ometajućim i zamarajućim učincima buke dovode do povećanja prosječne brzine kognitivne obrade podataka i senzorno-motoričkih procesa koji se nalaze u podlozi rješavanja dvaju korištenih testova. Nešto blaži porast MDN-T s promjenom osvjetljenja od srednje ka nižoj razini u uvjetima buke upućuje na zaključak kako je lošija izvedba u tim uvjetima uglavnom rezultat ometajućih djelovanja buke, obzirom da se ranije pokazalo da su uvjeti sniženog osvjetljenja povoljniji za izvedbu korištenih CRD testova. Štoviše, na takav zaključak ukazuju i vrijednosti MDN-T u uvjetima bez buke, koje su najmanje upravo kod niske razine osvjetljenja. Međutim, precizan uvid u (ne)postojanje statistički značajne razlike u MDN-T u uvjetima sniženog osvjetljenja sa i bez buke pružilo bi testiranje jednostavnih učinaka, koji u okvirima ovog istraživanja nisu promatrani. S druge strane, obrasci promjena avT-MIN i avT-MAX s promjenama u osvjetljenju nisu se razlikovali u uvjetima sa i bez buke, iako se kod oba pokazatelja može uočiti tendencija ka interakciji (vidi pripadne *M* u Tablici 2). Iz tog razloga, moguće je kako su neznačajni učinci dvostrukih interakcija buke i osvjetljenja kod dvaju ne-prosječnih pokazatelja rezultat narušenih pretpostavki mješovite ANOVA-e, poput ne-probabilističkog uzorka, ne-slučajnog raspoređivanja sudionika u skupine te nemogućnosti valjane provjere pretpostavke sfericiteta, čija narušenost povećava vjerojatnost dobivanja neznačajnih učinaka kada oni u stvarnosti nisu točni.

*Učinci trostrukih interakcija akumulirane doze buke, osvjetljenja i složenosti kognitivno-motoričkih zadataka na avT-MIN, avT-MAX i MDN-T*

Nalazi dobiveni testiranjem trostrukih interakcija akumulirane doze buke, osvjetljenja i složenosti kognitivno-motoričkih zadataka, suprotno početnim očekivanjima, ukazuju kako su iste statistički neznačajne kod svih triju korištenih pokazatelja izvedbe. Pritom se značajna trostruka interakcija nije niti mogla iskazati kod avT-MAX, obzirom da se na tom indikatoru nije pokazala niti jedna dvostruka interakcija izučavanih čimbenika. Premda je kod avT-MIN dobivena dvostruka interakcija buke i složenosti kognitivno-motoričkog testa, ona ipak ima statistički neznačajno različit oblik kod svih triju razina osvjetljenja. Konačno, sve tri statistički značajne dvostruke interakcije – buke i složenosti kognitivno-motoričkog testa, osvjetljenja i složenosti kognitivno-motoričkog testa te buke i osvjetljenja – dobivene kod MDN-T, ukazuju

na statistički neznačajno različit oblik promjena kod treće promatrane varijable. Nedostatak ranijih istraživanja u kojima se promatrao učinak triju izučavanih čimbenika na kognitivno-motoričku izvedbu svakako otežava dublju interpretaciju dobivenih nalaza, no, ipak, postoji mogućnost kako su isti rezultat ranije pojašnjenih metodoloških ograničenja ovog istraživanja te nezadovoljenih pretpostavki korištene metode statističke obrade podataka.

Kada se sagledaju svi značajni glavni i interakcijski učinci dobiveni u ovom istraživanju, može se zaključiti kako se MDN-T pokazao najosjetljivijim na nepovoljne učinke izučavanih vanjskih čimbenika, premda nije registrirao djelovanje osvjetljenja neovisno o buci i složenosti testa – koje je registrirano kod avT-MIN. Pri tome treba uzeti u obzir kako MDN-T u sebi sadrži avT-MIN i avT-MAX i da njegova osjetljivost na djelovanje određene NV ovisi o tome kako su na isto djelovanje reagirala ta dva pokazatelja (potencijal i otpornost kognitivno-motoričkog sustava). Naime, ako je djelovanje određene NV na oba ta pokazatelja bilo slično, ali neznačajno, za očekivati je da će djelovanje NV na MDN-T biti statistički značajno jer superpozicija dva neznačajna efekta u istom smjeru može dati značajni efekt u tom smjeru – što se i dogodilo kod interakcija *osvjetljenje X složenost* i *osvjetljenje X buka*. No, u situaciji kad je djelovanje određene NV na avT-MIN i avT-MAX suprotnog oblika (neznačajnog, a posebice značajnog), za očekivati je da će djelovanje NV na MDN-T biti statistički neznačajno jer superpozicija dva efekta suprotnog smjera dovodi do poništavanja zbroja – što se upravo dogodilo kod glavnog efekta osvjetljenja. Međutim, obzirom da je MDN-T prosječni pokazatelj vremena rješavanja zadataka, isti je, kako navodi Drenovac (2009), osim djelovanjem sustavnih čimbenika, opterećen i izgubljenim vremenom zbog djelovanja slučajnih čimbenika na brzinu izvođenja određene kognitivne aktivnosti. To je jedan od dodatnih razloga zašto je u ovo istraživanje, kao pokazatelj potencijala, odnosno maksimalne brzine kognitivne obrade podataka i senzorno motoričkih procesa tijekom rješavanja testa, uveden avT-MIN, a koji se pritom pokazao osjetljivim na nepovoljne učinke buke, osvjetljenja i složenosti kognitivno-motoričkih zadataka. S druge strane, prosječne promjene avT-MAX, koji je uveden kao pokazatelj funkcionalnih smetnji u kognitivnoj obradi podataka, pokazale su se značajnima kod glavnih učinaka buke i složenosti testa, ali ne i kod glavnih učinaka osvjetljenja ili pak interakcijskih učinaka izučavanih čimbenika. Međutim, obzirom na uočavanje tendencija ka značajnosti određenih glavnih i interakcijskih učinaka, moguće je kako je neznačajnost istih rezultat više puta spomenutih metodoloških ograničenja ovog istraživanja.

Premda je određene dobivene nalaze teško komentirati zbog nedostatka komparabilnih istraživanja, uvođenje ne-prosječnih vremenskih pokazatelja izvedbe svakako je doprinos ovog

istraživanja sve širem području izučavanja djelovanja vanjskih čimbenika na kognitivnu izvedbu. Naime, uvođenje dvaju novih vremenskih pokazatelja izvedbe, uz uvriježeni prosječni pokazatelj, pruža sveobuhvatniji uvid u dinamiku funkcioniranja kognitivno-motoričkih procesa pod djelovanjem izučavanih čimbenika, a čini se kako jedino takav pristup može rasvijetliti nehomogene nalaze koji karakteriziraju ovo područje istraživanja. Ipak, potrebne su ponešto opsežnije studije, u kojima bi se u bolje kontroliranim uvjetima i s većom dozom preciznosti izbjegla ograničenja ovog diplomskog rada, kako bi se nalazi istih mogli poopćiti i primijeniti u vidu intervencija ublažavanja i zaštite od nepovoljnih učinaka vanjskih stresora. U tom smislu, uzorak osoba čiji svakodnevni privatni ili radni uvjeti uključuju izloženost buci ili posebnim zahtjevima osvjetljenja te specifično osoba s oštećenjima kognitivno-motoričkog sustava, kao i uvođenje dodatnih varijabli, poput osjetljivosti na djelovanje izučavanih vanjskih čimbenika te različitih osobina ličnosti, svakako su preporuka budućim istraživanjima.



## Zaključak

Djelovanja čimbenika, kao što su buka i osvjetljenje, na kognitivnu i motoričku izvedbu predmet su brojnih dosadašnjih istraživanja, no nehomogenost nalaza, koja se posebno uočava kada se u obzir uzme i složenost pripadnih kognitivno-motoričkih zadataka, ukazuje na potrebu za dodatnim istraživanjima, koja bi, prvenstveno preciznijim operacionalizacijama složenosti kognitivnog zadatka, ali i uvođenjem suvremenijih pristupa izučavanju mozga i ponašanja, omogućila sveobuhvatniji uvid u funkcioniranje kognitivno-motoričkih mehanizama u podlozi pripadne izvedbe. Iz tog razloga u ovo su istraživanje, osim osvjetljenja i akumulirane doze buke, uključeni i kognitivno-motorički zadaci dviju razina složenosti, dok su kao pokazatelji izvedbe, uz uvriježeno korišteni prosječni pokazatelj vremena rješavanja (MDN-T), uvedena i dva ne-prosječna pokazatelja – prosjek triju najduljih (avT-MAX) i prosjek triju najkraćih (avT-MIN) točnih odgovora.

Premda metodološka ograničenja ovog istraživanja upućuju na oprez pri interpretaciji dobivenih nalaza, očito je kako se samo dva statistički značajna učinka, i to glavni učinci buke i složenosti kognitivno-motoričkog zadatka, sustavno pojavljuju kod svih triju korištenih pokazatelja. Sukladno tome, avT-MIN, avT-MAX i MDN-T u prosjeku rastu s povećanjem složenosti zadatka – neovisno o buci i osvjetljenju, odnosno s povećanjem buke – neovisno o složenosti i osvjetljenju, čime su u potpunosti potvrđene prva i treća hipoteza 1. istraživačkog problema. Dakle, dobiveni nalazi ukazuju kako se povećanje broja podražaja, ali i broja motoričkih pokreta te, s druge strane, zamor i nelagoda pod djelovanjem buke, nepovoljno očituju na prosječnoj mjeri izvedbe, ali i na mjerama potencijala te otpornosti dijelova kognitivnog sustava koji se nalaze u podlozi rješavanja dvaju korištenih zadataka.

S druge strane, statistički značajan glavni učinak osvjetljenja dobiven je samo kod avT-MIN, pri čemu rezultati post-hoc testa ukazuju kako je potencijal manji, odnosno vrijednost pripadnog pokazatelja veća, u uvjetima visoke razine osvjetljenja, nego u uvjetima srednje razine osvjetljenja. Takvi nalazi upućuju kako smanjenje kontrasta između podražaja i okoline te neugodno blještavilo koje se javlja u uvjetima povećanog osvjetljenja, nepovoljno djeluju na potencijal kognitivno-motoričkog sustava uključenog u izvedbu pripadnih zadataka. S druge strane, nepostojanje razlika između skupina testiranih u uvjetima snižene i srednje razine osvjetljenja jasno ukazuje kako su razlike među tim dvjema razinama premale kako bi se uočile eventualne razlike u maksimalnoj brzini obrade podataka, ali i kako je optimalna razina osvjetljenja za izvedbu dvaju korištenih testova znatno niža od pretpostavljenih 280 lx. Ovakvi

nalazi samo dijelom potvrđuju početna očekivanja, pri čemu, dodatno, nepostojanje značajnih glavnih učinaka osvjetljenja na avT-MAX i MDN-T upućuje na zaključak kako je druga hipoteza 1. problema većim dijelom odbačena.

Analiza učinaka dvostrukih interakcija izučavanih čimbenika na kognitivno-motoričku izvedbu, razmatrana u okvirima drugog istraživačkog problema, ukazuje na značajne interakcijske učinke buke i složenosti testa, a neovisno o stupnju osvjetljenja, u slučaju izvedbe mjerene kao MDN-T i avT-MIN. Pritom, u oba slučaja, kod jednostavnijeg testa povećanje buke vodi vrlo blagom prosječnom porastu pokazatelja, dok je kod složenijeg testa taj porast veći. Dakle, prva hipoteza 2. problema većim je dijelom potvrđena, budući da nalazi ukazuju kako nelagoda i ometajući učinci buke vrlo malo štete izvedbi trivijalno jednostavnih kognitivno-motoričkih zadataka, dok se ti učinci znatno nepovoljnije očituju u izvedbi složenijih zadataka, koje niti u normalnim uvjetima nije jednostavno riješiti.

Kada je pak riječ o interakcijskom učinku osvjetljenja i složenosti testa, a neovisno o akumuliranoj dozi buke, isti je dobiven samo kod prosječnog pokazatelja brzine kognitivne obrade, pri čemu kod jednostavnijeg testa nema većih promjena MDN-T u uvjetima niskog, srednjeg i visokog osvjetljenja, dok kod složenijeg testa s povećanjem stupnja osvjetljenja MDN-T pokazuje najprije blaži, a potom nešto nagliji porast. Dakle, niska razina osvjetljenja i u ovom se slučaju pokazala optimalnijom za izvedbu korištenih CRD testova od pretpostavljene srednje razine, iz čega se može zaključiti kako bi detekcija potencijalnih negativnih učinaka sniženog osvjetljenja trebala uključivati razine osjetno niže od 40 lx, kod kojih bi nedostatak vizualne povratne informacije mogao rezultirati lošijom koordinacijom pokreta te tako i duljim vremenima reakcije. U tom slučaju možda bi i neka od dvostrukih interakcija složenosti testa i razine osvjetljenja kod avT-MIN ili avT-MAX postala značajna, što pak nije potvrđeno ovim istraživanjem te je tako druga hipoteza 2. problema većinom odbačena.

Nadalje, kod prosječnog pokazatelja brzine izvedbe dobiven je značajan interakcijski učinak buke i osvjetljenja, neovisno o složenosti kognitivno-motoričkog testa, a isti upućuje kako u uvjetima nepostojanja buke, s porastom osvjetljenja ka srednjoj vrijednosti MDN-T u prosjeku raste te zatim pada kako se osvjetljenje dalje povećava, dok u uvjetima povišene buke pokazuje suprotno - prvotni pad te zatim rast prema najvišoj razini osvjetljenja. Shodno tome, očito je kako buka, kao vanjski izvor nelagode i zamora, te slaba uočljivost podražaja i neugodno blještavilo zbog povećanog osvjetljenja, dovode do smanjenja prosječnog funkcioniranja dijelova kognitivno-motoričkog sustava u podlozi rješavanja dvaju korištenih

testova. Vrijednosti MDN-T pritom su najniže u uvjetima bez buke i snižene razine osvjetljenja, što ponovno upućuje na zaključak da je pretpostavljena optimalna razina osvjetljenja pogrešno postavljena za ovu vrstu kognitivno-motoričkog zadatka te da osjetno niža razina od iste osigurava optimalniju izvedbu korištenih zadataka. Ovakav interakcijski efekt buke i osvjetljenja na MDN-T i nepostojanje tog efekta na avT-MIN i avT-MAX uglavnom odbacuje treću hipotezu 2. problema.

Konačno, jedina hipoteza 3. problema ovog istraživanja također je odbačena za sva tri pokazatelja izvedbe u promatranim kognitivno-motoričkim zadacima jer interakcije buke i osvjetljenja na avT-MIN i avT-MAX nisu postojale neovisno o složenosti testa, a značajna interakcija buke i osvjetljenja na MDN-T nije se statistički značajno razlikovala za jednostavni (CRD4-45) i složeni (CRD4-12) test.

Dakle, sukladno dobivenim nalazima, može se zaključiti kako različiti indikatori različito reagiraju na glavna i interakcijska djelovanja složenosti kognitivno-motoričkih zadataka, razine osvjetljenja te akumulirane doze buke, čime se opravdava njihova korist u ovom istraživanju. Iako avT-MAX pokazuje samo značajne glavne učinke buke i složenosti testa, tendencije ka značajnosti pod djelovanjem određenih interakcijskih učinaka izučavanih čimbenika ukazuju kako neznačajnost istih može biti rezultat slučajnih faktora ili pak metodoloških ograničenja ovog istraživanja, primarno vezanih uz narušene pretpostavke korištene statističke analize.

## Popis literature

- Alimohammadi, I., Zokaei, M. i Sandrock, S. (2015). The effect of road traffic noise on reaction time. *Health Promotion Perspectives*, 5(3), 207-214.
- Baldwin, C. L. . (2012). *Auditory cognition and human performance: Research and Application*. . Boca Raton: CRC Press.
- Beheshti, M. H., Hajizadeh, R., Jebeli, M. B., Tajpoor, A., Zia, G. i Damyar, N. (2018). The role of individual and personality traits in noise annoyance. *Annals of Medical and Health Sciences Research*, 8, 133-138.
- Belojević, G., Jakovljević, B. i Slepčević, V. (2003). Noise and mental performance: personality attributes and noise sensitivity. *Noise and Health*, 6(21), 77-89.
- Belojević, G., Jakovljević, B. i Slepčević, V. (2003). Noise and mental performance: personality attributes and noise sensitivity. *Noise and Health*, 6(21), 77-89.
- Boisgontier, M. P., Wittenberg, G. F., Fujiyama, H., Levin, O. i Swinnen, S. P. (2014). Complexity of central processing in simple and choice multilimb reaction-time tasks. *Plos One*, 9(2), 1-13.
- Boyce, P. R. (2014). *Human factors in lighting*. New York: CRC Press.
- Broadbent, D. E. (1963). Differences and interactions between stresses. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 15(3), 205-211.
- Cortis, C., Pesce, C. i Capranca, L. (2018). Inter-limb coordination dynamics: Effects of visual constraints and age. *Kinesiology*, 50(1), 133-139.
- Craif, M. (2012). The effects of radio noise in multiple time reaction tasks for young students. *Social and Behavioral Science*, 33, 1057-1062.
- Dalton, B. H. i Behm, D. G. (2007). Effects of noise and music on human and task performance: A systematic review. *Occupational Ergonomics*, 7, 143-152.
- Danthiir, V., Wilhelm, O., Schulze, R. i Roberts, R. D. (2005). Factor structure and validity of paper-and-pencil measures of mental speed: Evidence for a higher-order model. *Intelligence*, 33, 491-514.
- Drenovac, M. (1994). *CRD-serija psihodijagnostičkih testova*. Zagreb: AKD.
- Drenovac, M. (2009). *Kronometrija dinamike mentalnog procesiranja*. Osijek: Filozofski fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera.
- Dudek, B., Marszal-Wišniewska, M., Merecz-Kot, D., Sulkowski, W. i Bortkiewicz, A. (1991). Effects of noise on cognitive processes of individuals in a laboratory experiment. *Polish Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 4(3), 269-279.
- Green, M. (2000). How long does it take to stop? Methodological analysis of driver perception-brake times. *Transportation Human Factors*, 2(3), 195-216.
- Grether, W. F. (1971). *Noise and human performance*. Dayton: Aerospace Medical Research Laboratory.

- Helton, W. S., Matthews, G. i Warm, J. S. (2009). Stress state mediation between environmental variables and performance: The case of noise and vigilance. *Acta Psychologica*, 130(3), 204-213.
- Henry, F. M. i Rogers, D. E. (1960). Increased latency for complicated movements and a "memory drum" theory of neuromotor reaction. *Research Quarterly*, 31, 448-458.
- Hockey, R. J. (1997). ). Compensatory control in the regulation of human performance under stress and high workload: A cognitive energetical framework. *Biological Psychology*, 45(1-3), 73-93.
- Hygge, S. i Knez, I. (2001). Effects of noise, heat and indoor lighting on cognitive performance and self-reported affect. *Journal of Environmental Psychology*, 21, 291-299.
- Jensen, A. R. (2006). *Clocking the mind: Mental chronometry and individual differences*. Oxford: Elsevier Ltd.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Kallman, W. M. i Isaac, W. (1977). Alerting arousal in humans by varying ambient sensory conditions. *Perceptual and Motor Skills*, 44, 19-22.
- Klapp, S. T. (1996). Reaction time analysis of central motor control. U N. Zelaznik, *Advances in motor learning and control* (str. 13-36). Champaign: Human Kinetics.
- Knez, I. i Hygge, S. (2002). Irrelevant speech and indoor lighting: Effects on cognitive performance and self-reported affect. *Applied Cognitive Psychology*, 16, 709-718.
- Kroemer, K. H. E. i Grandjean, E. (1999). *Prilagođavanje rada čovjeku: Ergonomijski priručnik*. Jastrebarsko: Naklada Slap.
- Laszlo, J. I. i Livesey, J. P. (1977). Task complexity, accuracy and reaction time. *Journal of Motor Behavior*, 9(2), 171-177.
- Loewen, L. J. i Suedfeld, P. (1992). Cognitive and arousal effects of masking office noise. *Environment and Behavior*, 24(3), 381-395.
- Matthews, G., Davies, D. R., Westerman, S. J. i Stammers, R. B. (2000). *Human performance: Cognition, stress and individual differences*. Hove: Psychology Press.
- Miller, J. i Low, K. (2001). Motor processes in simple, Go/No-Go, and choice reaction time tasks: A psychophysiological analysis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 27(2), 266-289.
- Nagar, D. i Pandey, J. (1987). Affect and performance as s function of crowding and noise. *Journal of Applied Social Psychology*, 17(2), 147-157.
- National Institute for Occupational Safety and Health. (1998). *Occupational noise exposure: Criteria for a recommended standard*. Cincinnati: U.S. Department of Health and Human Services.
- Ng, A. N. Y. i Chan, A. H. S. (2012). Finger response times to visual, auditory and tactile modality stimuli. *Lecture Notes in Engineering and Computer Science* (str. 1449-1454). Hong Kong: Newswood Limited.

- Ouis, D. (2001). Annoyance from road traffic noise: A review. *Journal of Environmental Psychology*, 21, 101-120.
- Phipps-Nelson, J., Redman, J. R., Dijk, D. J. i Rajaratnam, S. M. W. (2003). Daytime exposure to bright light, as compared to dim light, decreases sleepiness and improves psychomotor vigilance performance. *Sleep*, 26(6), 695-700.
- Pins, D. i Bonnet, C. (1996). On the realtion between stimulus intensity and processing time: Pieron's law and choice reaction time. *Perception & Psychophysics*, 58(3), 390-400.
- Plainis, S. i Murray, J. (2002). Reaction times as an index of visual conspicuity when driving at night. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 22, 409-415.
- Rebić, V. (2008). Teorije i modeli percepcije svjetline. *Suvremena psihologija*, 11(2), 241-260.
- Smith, A. P. (1989). A review of the effects of noise on human performance. *Scandinavian Journal of Psychology*, 30, 185-206.
- Smolders, K. C. H. J. i de Kort, Y. A. W. (2014). Bright light and mental fatigue: Effects on alertness, vitality, performance and physiological arousal. *Journal od Environmental Psychology*, 39, 77-91.
- Smolders, K. C. H. J., de Kort, Y. A. W. i Cluitmans, P. J. M. (2012). A higher illuminance induces alertness even during office hours: Findings on subjective measures, task performance and heart rate measures. *Physiology and Behavior*, 107, 7-16.
- Smucny, J., Rojas, D. C., Eichman, L. C. i Tregellas, J. R. (2013). Neuronal effects of auditory distraction on visual attention. *Brain and Cognition*, 81(2), 263-270.
- Staal, M. A. . (2004). *Stress, cognition and human performance: A literature review and conceptual framework*. Moffet Field: Ames Research Center.
- Sumpor, D. (2013). *Laboratory equipment catalogue of Laboratory for Applied Ergonomics in Traffic and Transport*. Pribavljeno 21. 05. 2019. s adrese <http://static.fpz.hr/FPZWeb/files/katalog-laboratorijske-opreme/Laboratorij-za-primjenjenu-ergonomiju-u-prometu.pdf>
- Suter, A. H. (1989). *The effects of noise on performance*. Maryland: Human Engineering Laboratory.
- Szalma, J. L. i Hancock, P. A. (2011). Noise effects on human performance: A meta-analytic synthesis. *Psychological Bulletin*, 137(4), 682-707.
- Tidbury, L. P., Czanner, G. i Newsham, D. (2016). Fiat lux: The effect of illuminance on acuity testing. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 254, 1091-1097.
- Trimmel, M. i Poelzl, G. (2006). Impact of background noise on reaction time and brain DC potential changes of VDT-based spatial attention. *Ergonomics*, 49(2), 202-208.
- Tukey, J. W. (1977). *Exploratory data analysis*. Boston: Addison-Wesley Inc.
- Veitch, J. (1990). Office noise and illumination effects on reading comprehension. *Journal of Environmental Psychology*, 10, 209-217.

- Xiong, L., Huang, X., Li, J., Mao, P., Wang, X., Wang, R. i Tang, M. (2018). Impact of indoor physical environment on learning efficiency in different types of tasks: A 3x4x3 full factorial design analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(6), 1256-1272.
- Žebec, M. S. (2004). A contribution to the analysis of human speed of information processing: Developmental and differential arguments. *Društvena istraživanja*, 1-2(69-70), 267-292.
- Žebec, M. S., Budimir, S., Merkaš, M., Szirovica, L. i Živičnjak, M. (2014). Sex-specific age-related changes of information processing rate indicators during childhood and adolescence. *Collegium Antropologicum*, 38(2), 397-408.
- Žebec, M. S., Crnko, I., Palavra, V. i Sumpor, D. (2017). Pokazatelji dinamike funkcioniranja selektivne pažnje hrvatskih strojovođa i njihove dobne razlike. *Sigurnost*, 59(4), 331-354.
- Živičnjak, M., Žebec, M. S., Franke, D., Filler, G., Szirovica, L., Haffner, D., Querfeld, U., Ehrich, J. H. H. i Rudan, P. (2001). Analysis of cognitive and motor functioning during pubertal development: A new approach. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, 20(2), 111-118.

## Prilozi

### Prilog 1. Upitnik psihofizičke spremnosti za testiranje vremena reakcije

1. Koliko ste pospani?

Uopće ne				Jako
1	2	3	4	5

2. Osjećate li umor, posebice u rukama i nogama?

Uopće ne				Jako
1	2	3	4	5

3. Osjećate li se bolesno?

Uopće ne				Jako
1	2	3	4	5

4. Uzimate li unatrag dan-dva kakve lijekove?

Uopće ne	Nadoknada vitamina i minerala	Protiv upale	Protiv alergije	Za umirenje
1	2	3	4	5

5. U kojoj količini ste konzumirali alkohol unatrag 2 sata?

Uopće ne				Znatna količina koja bitno utječe na moju spremnost
1	2	3	4	5



6. Jeste li unatrag 2 sata pili:

Ništa energizirajuće	Coca colu ili zeleni čaj	Energizirajuća pića (Red bull i slično)	Kavu	Više navedenih napitaka
1	2	3	4	5

7. Jeste li gladni, žedni, morate na toalet, ili nešto slično?

Uopće ne				Jako
1	2	3	4	5

8. Jeste li rastreseni, tj. ljuti, tužni, zabrinuti, zamišljeni, nešto Vas muči trenutno?

Uopće ne				Jako
1	2	3	4	5

9. Jeste li nervozni, ili se iz bilo kojih razloga bojite testiranja?

Uopće ne				Jako
1	2	3	4	5

10. Jeste li natjecateljski raspoloženi za testiranje?

Uopće ne				Jako
1	2	3	4	5

## *Prilog 2. Uputa voditelja istraživanja o postupku istraživanja*

*„Poštovani studenti psihologije, ja sam doc. dr. sc. Davor Sumpor, nastavnik FPZ-a i voditelj ovoga laboratorija. Dobro došli na mjerni dio nastave Praktikuma iz istraživačkih metoda u Laboratoriju za primijenjenu ergonomiju u prometu, u kojem ćete sudjelovati u mjerenjima potrebnim prvenstveno za usvajanje gradiva iz područja složenog eksperimentalnog nacrtu te kvazi-eksperimentalnog istraživačkog nacrtu u različitim istraživačkim uvjetima. Ispitivanje se sastoji se od određivanja antropomjera i mjerenja kognitivnih funkcija na reakciometru iz CRD serije (model CRD4) – psihologijskog instrumenta s kojim ćete se sustavnije upoznati u terminu vježbi u kojem ćete obrađivati te dvije istraživačke metode.*

*Istraživanje će zajedno provoditi demonstratori HS-a i FPZ-a. Istraživanje je anonimno, a rezultati će biti korišteni prvenstveno za svrhe Praktikuma iz istraživačkih metoda, i to u skupnom obliku bez pojedinačnih identifikatora koji se mogu povezati s pojedinačnim osobama, te će se rezultati spajati s podacima nekih drugih CRD ispitivanja na drugim uzorcima (studenti FPZ-a, strojovođe iz RH, vozači tramvaja u Gradu Zagrebu).*

*Algoritam događanja tijekom cijelog testiranja je sljedeći: Prvo će poslušati grupnu instruktazu za postupak testiranja na reakciometru CRD4 za dva testa, zatim ćete svi zajedno otići u Nastavničku prostoriju gdje će vam demonstratori izmjeriti sve antropomjere i uzeti preostale opće identifikacijske podatke. Tijekom mjerenja antropomjera potrebno je skinuti cipele i težu odjeću poput jakni zbog dobivanja što točnijih iznosa mase  $m$  i visine  $h$ . Tijekom mjerenja antropomjera dolaziti će do neophodnog fizičkog kontakta između demonstratora i studenata, na način da je zbog točnosti mjerenja potrebno napipati antropometrijske točke na segmentima tijela (to su obično zglobovi). Pokazati ću vam o čemu se radi, molim jednog demonstratora da sa mnom izvede kratku demonstraciju (demonstracija).*

*Nakon toga ćete se, prema napatku demonstratora, pojedinačno ili po dvoje vratiti u ovaj dio Predavaonice gdje ćete prvo ocijeniti svoju trenutačnu psihofizičku spremnost za testiranje po ponuđenim kategorijama ocjenama od 1 do 5 u Excelu (1 za uopće ne, a 5 za jako).*

*Zatim će vas kolege demonstratori upisati u bazu ispitanika u programu reakciometra CRD, a nakon toga ćete pristupiti testiranju na dva testa. Prije mjerenja pristupiti ćete po jednom probnom testiranju za svaki test radi upoznavanja s zadatkom. Nakon završetka mjerenja na reakciometru izaći ćete u tišini iz laboratorija da ne ometate ostale studente tijekom ispitivanja.*

*Prvo da vam objasnim upute za provođenja dva različita testa na reakciometru... (slijedi grupna edukacija uz prezentaciju pisanih uputa na dijaprojektoru - na ekranu dijaprojektora su upute za provođenje testiranja na reakciometru CRD 4 za testove 412 i 445, a ispred svih studenata također isprintane iste upute).*

*Sada vas molim da se svi zaputite u Nastavničku prostoriju na mjerenja nekoliko antropomjera“.*


### Uputa za ispitanike

#### Uvodna interakcija:

Udobno sjednite, probajte spustiti ruke na tipke i noge na pedale za posluživanje. Provjerite da li vam udaljenost stolice od instrumenta odgovara (ne stvara nelagodu, umor).

Spustite noge na pedale za posluživanje i provjerite da li vam taj položaj odgovara (ne stvara nelagodu, umor), ili vam eventualno klize stopala zajedno s pedalama.

Procijenite li da ste zauzeli optimalan položaj s obzirom na potrebu posluživanja velikih plavih tipki rukom i pedala nogama.

Test <b>CRD4-12</b>	
<p>Pred vama se nalazi jedan jednostavan, ali koristan psihologijski instrument koji mjeri točnost i brzinu odgovaranja na različite svjetlosne signale. Test traje vrlo kratko (cca 4 minute) i sastoji od 35 zadataka tj. svjetlosnih podražaja na koje trebate odgovoriti sukladno ovim uputama, i to što brže i što točnije.</p>	
Opis podražaja	<p><i>Podražaj:</i> 8 mogućih signala na 8 lampica; 4 signala zeleno svjetlo + 4 signala (ometajućeg) crvenog svjetla.</p> <p><i>Opis:</i> U uglovima polja B na signalno komadnoj ploči instrumenta smještene su četiri para signalnih lampica.</p> <p>Svaki par čini po jedna signalna lampica koja može emitirati zeleno i jedna lampica koja može emitirati crveno svjetlo.</p> <p>U svakom zadatku istovremeno se pale četiri signalne lampice, po jedna lampica iz para (ili crvena ili zelena).</p> 
	<p><b>Zelena svjetla su signali na koje je potrebno</b> istovremeno <b>reagirati</b> pritiskom ruku na velike plave tipke ispod polja B i/ili pritiskom nogama na nožne pedale, a za odgovor jednim ili</p>


<p>Opis reakcije ispitanika</p>	<p>sinkroniziranom kombinacijom maksimalno tri ekstremiteta (ruku i nogu).</p> <p><b>Na crvena svjetla se ne daju odgovori.</b></p> <p><i>Npr. 1.</i> Ako se samo upali zeleno svjetlo u gornjem uglu lijevog polja B, a u ostala tri ugla crvena svjetla, treba reagirati pritiskom lijeve ruke na lijevu veliku plavu tipku za odgovor.</p> <p><i>Npr. 2.</i> Ako se upali istovremeno zeleno svjetlo u donjem uglu desnog polja B i u gornjem uglu lijevog polja B, a u ostala dva ugla crvena svjetla, treba reagirati istovremeno pritiskom desne noge na desnu nožnu pedalu i pritiskom lijeve ruke na veliku lijevu plavu tipku.</p> <p><i>Npr. 3.</i> Ako se upale oba donja zelena svjetla u oba polja B i zeleno svjetlo u gornjem uglu desnog polja B, a u gornjem uglu lijevog polja B crveno svjetlo, potrebno je reagirati istovremenim pritiskom nogama na obje nožne pedale i pritiskom desne ruke na desnu veliku plavu tipku.</p>
<p>Napomene za rješavanje</p>	<p>Potrebno je obratiti pažnju istovremeno na <b>brzinu i točnost</b> upravljanja sinkroniziranim radom ruku i nogu.</p> <p>Nakon točno riješenog zadatka odmah se pojavljuje novi zadatak – dakle bez vremenskog odmaka!</p> <p>S druge strane, ako sudionik pogriješi, instrument neće generirati novi zadatak sve dok ispitanik točno ne riješi trenutačni zadatak.</p>

### Uvodna interakcija:

Udobno sjednite, probajte spustiti dominantnu ruku na tipku za posluživanje u polju C. Provjerite da li vam ta udaljenost od instrumenta odgovara (ne stvara nelagodu, umor). Procijenite da li da ste zauzeli optimalan položaj s obzirom na potrebu pritiskanja tipke.

### Test CRD4-45

Pred vama se nalazi jedan jednostavan, ali koristan psihologijski instrument koji mjeri točnost i brzinu reagiranja na različite svjetlosne signale. Mjerenje traje vrlo kratko (cca 4 minute). Sastoji od 35 testova tj. svjetlosnih podražaja na koje vi trebate odgovoriti sukladno ovim uputama, i to što brže i što točnije.

<p>Opis podražaja</p>	<p><i>Podražaj:</i> 2 različita svjetlosna signala (s pauzom između) na 1 lampici u polju C - crveno svjetlo (ometajuće) ili zeleno svjetlo.</p> 
<p>Opis reakcije ispitanika</p>	<p><i>Reakcija:</i> pritisak tipke u polju C dominantnom rukom na zeleno svjetlo.</p> <p><i>Opis:</i> Na signalnoj lampici u polju C može se pojaviti crveni ili zeleni signal. <b>Trebate odgovoriti pritiskom na tipku u polju C dominantnom rukom samo kod pojave ZELENOG signala.</b> Kod pojave crvenog signala ne smijete pritisnuti tipku u polju C.</p>
<p>Napomene za rješavanje</p>	<p>Potrebno je obratiti pažnju istovremeno na <b>brzinu pritiskanja tipke C i točnost razlikovanja svjetlosnih signala.</b></p> <p>Čim ste reagirali pritiskanjem tipke u polju C dominantnom rukom brzo je otpustite i pričekajte pojavu novog svjetlosnog signala.</p> <p>Pripazite, ako pritisnete tipku u polju C prije pojave crvenog ili zelenog svjetla učiniti ćete pogrešku.</p>

*Prilog 4. Izjava o svojevolumnom pristanku na sudjelovanje u istraživanju*

Predmet: Istraživanje i metodološki praktikum „Složeni istraživački nacrt u Laboratoriju za primijenjenu ergonomiju u Prometu“ (u daljnjem tekstu: Istraživanje).

Voditelji istraživanja: Davor Sumpor, OIB: 67365375725 (u daljnjem tekstu: Istraživač).

**IZJAVA**

kojom ja, \_\_\_\_\_

Ime i prezime, datum rođenja  
(u daljnjem tekstu: Sudionik),

izjavljujem da svojevolumno pristajem sudjelovati u navedenom istraživanju i da sam upoznat/a sa sljedećim:

- Istraživanje u „Laboratoriju za primijenjenu ergonomiju u prometu“ (u daljnjem tekstu Lab. za PEuP) u sklopu mjernog dijela nastave iz kolegija „Praktikum istraživačkih metoda“ Odsjeka za psihologiju Hrvatskih studija (u daljnjem tekstu Praktikum) provodi se tijekom ponedjeljka, 6. ožujka 2017. i utorka, 7. ožujka 2017.;
- Istraživač jamči da će analizu rezultata provoditi na podacima iz kojih će biti uklonjeni svi osobni identifikatori (svim Sudionicima Istraživanja će biti dodijeljen interni identifikacijski broj istraživanja);
- Istraživač jamči da identitet Sudionika (pojedinačne identifikatore) neće koristiti u formalnim ili neformalnim komunikacijama, u pisanom, zvučnom ili video formatu;
- Istraživač jamči da predviđeni uvjeti istraživanja kod zdravih osoba starijih od 18 godina ne proizvode nikakve zdravstvene smetnje;
- Sudionik prihvaća sudjelovanje u specifičnim uvjetima istraživanja, posebice glede izlaganja zrakoplovnoj kabinskoj buci tijekom postupka „akumulacije buke“ u postotnom udjelu manjem od maksimalno preporučene dnevne doze D prema preporuci NIOSH (USA), koja je podudarna sa Gornjom dnevnom upozoravajućom granicom izloženosti Lex,8h=85 dB(A) unutar nominalnog vremenskog perioda od 8h sukladno Pravilniku o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (RH, NN 46/2008);
- Sudionik ima pravo odustati od istraživanja u bilo kojem trenutku istraživanja, bez navođenja razloga;
- Sudionik se obvezuje savjesno izvršavati zadatke tijekom mjerenja s motivacijom usmjerenom maksimalnom uratku;
- Sudionik se obvezuje da podacima o svom iskustvu ispitivanja neće utjecati na ostale sudionike istraživanja jer može stvoriti kriva očekivanja (s obzirom na to da uvjeti ispitivanja sustavno variraju među skupinama sudionika), što može promijeniti rezultate;

Ova izjava je sastavljena u 2 istovjetna primjerka od kojih jedan dobiva Sudionik, a drugi Istraživač.

\_\_\_\_\_

(Sudionik)

Voditelj istraživanja

Doc. dr. sc. Davor Sumpor