

ANDREA LEDIĆ\*

## Utjecaj alkohola na dah, krv i rukopis sudionika istraživanja

### Sažetak

Pisanje je složena kognitivno-motorička aktivnost koja zahtijeva sinkroniziran rad više neuroloških sustava, uključujući čeonu, tjemenu i sljepoočnu režanj mozga koji upravljaju planiranjem pokreta, prostornom orijentacijom i vizualnom obradom (Garnacho-Castaño i sur., 2020). Zbog različitih čimbenika, preciznost rukopisnih značajki može biti podložna varijacijama, uključujući emocionalno stanje, umor, bolesti ili farmakološke utjecaje poput alkohola. Jedan od ključnih unutarnjih čimbenika koji može znatno utjecati na rukopis jest konzumacija alkohola. Alkohol djeluje kao depresor središnjeg živčanog sustava, ponajprije pojačanom aktivacijom inhibicijskog neurotransmitera  $\gamma$ -aminomaslačne kiseline (GABA), što dovodi do smanjene motoričke kontrole i usporenih refleksa (Caligiuri i Mohammed, 2012). Povećanjem razine alkohola inhibicija se širi na mali mozak koji je ključan za preciznu kontrolu pokreta, što rezultira promjenama u rukopisu, uključujući nestabilne linije, tremor, varijacije u nagibu slova i smanjenu dosljednost veličine slova (Asicioglu i Turan, 2003). Iako je u prijašnjim istraživanjima skrenuta pozornost na promjene u rukopisu pod utjecajem alkohola, u većini njih oslanjalo se na kvalitativne metode analize. Cilj je ovog istraživanja kvantificirati promjene u rukopisu interdisciplinarnim pristupom koji povezuje toksikološku i forenzičku analizu rukopisa. Korištenjem plinske kromatografije s detektorom plamene ionizacije (HS-GC-FID) za određivanje koncentracije alkohola u biološkim uzorcima te analizom rukopisnih značajki u različitim stupnjevima alkoholiziranosti, istraživanjem će se omogućiti preciznija identifikacija karakterističnih rukopisnih promjena. Rezultati ovog istraživanja mogu imati znatne implikacije u forenzičkom vještačenju rukopisa, pravnoj praksi i prometnoj sigurnosti. Poboljšanjem metoda analize rukopisa u kontekstu alkoholiziranosti moguće je unaprijediti procese identifikacije autora rukopisa, što može imati važnu ulogu u sudskim postupcima i istragama kaznenih djela.

**Ključne riječi:** forenzička analiza rukopisa, toksikološka analiza, alkohol.

---

\* Andrea Ledić, načelnica Centra za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja „Ivan Vučetić”, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, Hrvatska; doktorandica Sveučilišta u Zagrebu.

## 1. UVOD

### 1.1. Forenzička analiza rukopisa

Forenzička analiza rukopisa temelji se na dva postulata. Prvi je da je svaki rukopis jedinstven i odražava osobne identifikacijske karakteristike svog autora. Prema drugom postulatu ne postoje dvije osobe s identičnim rukopisima u svim općim i posebnim rukopisnim značajkama (Huber i Headrick, 1999; Mršić i sur., 2014).

Iz tih činjenica proizlazi da, bez obzira na grafomotoričke sposobnosti osobe koja pokušava imitirati nečiji rukopis, nije moguće vjerno reproducirati sve rukopisne značajke do te mjere da se izbjegne prepoznavanje razlika. Čak kada je imitacija iznimno vješta, stručnom forenzičkom analizom mogu se otkriti suptilne nepravilnosti i odstupanja, karakteristična za pokušaj krivotvorenja.

Pisanje je svjesna i stečena ljudska aktivnost. Za razliku od jezika koji nam je urođen, pisanje učimo iskustvom. Stoga vještak koji provodi forenzičku analizu rukopisa radi identifikacije autora mora posjedovati širok spektar stručnih znanja i vještina. Osim temeljitog poznavanja metodologije forenzičke analize rukopisa, on mora razumjeti opće i posebne rukopisne značajke u spornim i nespornim uzorcima, osnove analize dokumenata, tehniku fotokopiranja te mogućnosti primjene računalne tehnologije. Također, ključno je razumijevanje vještačenja u slučajevima namjernog iskrivljavanja rukopisa te prepoznavanje utjecaja vanjskih čimbenika (poput položaja pri pisanju, vrste sredstava za pisanje, podloge) i unutarnjih čimbenika (alkohol, droge, neurodegenerativne i psihičke bolesti) na izgled rukopisa (Mršić i sur., 2014).

Vještaci za rukopise i dokumente često se suočavaju s izazovima analize rukopisa osoba kod kojih su se dogodile promjene u rukopisnim značajkama pod utjecajem različitih unutarnjih i vanjskih čimbenika. U tom kontekstu važno je razumjeti složenost samog čina pisanja.

Prema Garnacho-Castañu i sur. (2020), pisanje je jedan od najsloženijih zadataka koje ljudska bića mogu obavljati. Ta tvrdnja proizlazi iz činjenice da pisanje zahtijeva visokokoordiniran i sinkroniziran rad različitih kognitivnih, motoričkih i perceptivnih sustava. Proces pisanja uključuje aktivaciju više regija mozga – primarno u frontalnom, parijetalnom i temporalnom režnju – koje upravljaju planiranjem pokreta, prostornom orijentacijom i obradom vizualnih informacija.

Osim toga, tijekom pisanja dolazi do istodobne integracije finih motoričkih pokreta ruku i prstiju, vizualne percepcije slova i riječi te semantičkog procesuiranja jezika. Fina motorika potrebna za precizne pokrete pisanja oslanja se na složenu mrežu živčanih impulsa između korteksa i mišića ruke, pri čemu je potrebno održavati pravilan pritisak olovke, konzistentnost nagiba slova i koordinaciju brzine pisanja.

Nadalje, pisanje nije samo motorički čin, nego i izraz individualnog kognitivnog i emocionalnog stanja. Na njega mogu utjecati umor, stres, emocionalna nestabilnost i neurološke bolesti. Osobe koje boluju od Parkinsonove bolesti, multipla skleroze ili Alzheimerove bolesti često pokazuju znakovite promjene u rukopisu, poput mikrografije (smanjenje veličine slova), tremora ili nepravilnog ritma pisanja. S druge strane, vanjski čimbenici poput vrste papira, kvalitete olovke ili položaja tijela tijekom pisanja također mogu ostaviti prepoznatljive tragove u rukopisnim značajkama (Caligiuri i Mohammed, 2012; Mršić i sur., 2014).

S obzirom na složenost procesa pisanja, jasno je zašto je forenzička analiza rukopisa iznimno zahtjevna disciplina. Forenzički stručnjaci moraju ne samo prepoznati i klasificira-

ti rukopisne značajke, nego i razumjeti njihovu promjenjivost u različitim uvjetima. Samo kombinacijom stručnog znanja, iskustva i suvremenih analitičkih metoda moguće je postići visoku razinu preciznosti u identifikaciji autora rukopisa.

Alkohol je jedan od najčešćih unutarnjih čimbenika koji utječu na rukopis. Riječ je o toksičnoj tvari koja djeluje kao depresor središnjeg živčanog sustava (CNS) te posredno utječe na ljudsko ponašanje, motoričke sposobnosti i kognitivne funkcije. Etanol, aktivni sastojak alkoholnih pića, u organizmu djeluje slično anestetima poput etera i kloroforma, remeteći normalnu neurološku funkciju (Fryre i Breese, 1982; Hanchar i sur., 2005).

Farmakološki učinak alkohola temelji se na pojačanoj aktivaciji inhibicijskog neurotransmitera  $\gamma$ -aminomaslačne kiseline (GABA), što rezultira općom inhibicijom središnjeg živčanog sustava. Taj se učinak posebno odražava na granularne neurone malog mozga (*cerebellum*), regije ključne za preciznu kontrolu pokreta i koordinaciju. Posljedice takve inhibicije jesu smanjena motorička kontrola i usporeni refleksi, što može izravno utjecati na rukopis s obzirom na to da pisanje zahtijeva visoku razinu vremenske preciznosti i sinkronizaciju višezglobnih pokreta (Caligiuri i Mohammed, 2012).

Prema Asicioglu i Turanu (2003), prvi učinci alkohola vidljivi su u čeonom režnju, uključujući područje odgovorno za donošenje odluka, kontrolu impulsa i regulaciju ponašanja (*superego*). Povećanjem razine alkohola inhibicija se širi na *cerebellum*, što dovodi do pogoršanja motoričkih funkcija, uključujući grafomotoričke sposobnosti.

Istraživanja pokazuju da alkohol može prouzročiti promjene u obilježjima rukopisa i među osobama koje ne konzumiraju alkohol redovito. Kod takvih se osoba uočavaju nestabilne linije, povećana nesigurnost u pokretima, varijacije u nagibu slova te problemi s dosljednošću veličine i oblika znakova. S druge strane, rukopis kroničnih alkoholičara može pokazivati tremor i druge poremećaje i u stanjima kada nisu pod izravnim utjecajem alkohola, što upućuje na dugoročne neurološke posljedice zlouporabe alkohola (Mršić i sur., 2014).

Dosadašnja istraživanja većinom su se fokusirala na kvalitativne promjene u rukopisu i potpisima osoba pod utjecajem alkohola, ali su rijetko uključivala precizna statistička mjerenja (Patil i Mulimani, 2020; Yadav i sur., 2018; Caligiuri i Mohammed, 2012; Asicioglu i Turan, 2003). Ova studija stoga donosi dodatnu vrijednost jer će omogućiti poboljšanje metodologije forenzičkih analiza rukopisa te unaprijediti svakodnevnu praksu vještaka u području vještačenja dokumenata i rukopisa.

## 1.2. Toksikološka vještačenja

Toksikološka vještačenja obuhvaćaju analizu i interpretaciju rezultata u slučajevima sumnjivih smrti, trovanja te zlouporabe droga i lijekova. U Republici Hrvatskoj primarna metoda provjere prisutnosti alkohola kod vozača i osoba osumnjičenih za prekršaje i kaznena djela pod utjecajem alkohola jest analiza daha s pomoću **Dräger breath alcohol analizatora**.

Metoda se temelji na činjenici da otprilike 5% konzumiranog alkohola prolazi iz krvotoka u pluća, gdje difuzijom ulazi u izdahnuti zrak. Koncentracija alkohola u dahu (BrAC) može se izraziti u mg/L, g/kg ili ‰, pri čemu postoji teorijska korelacija između koncentracije alkohola u dahu i u krvi (BAC).

Također, nakon analize daha u postupku vještačenja provodi se **kognitivno određivanje etanola u biološkim uzorcima metodom GC-FID**. Ta metoda omogućuje precizno mjerenje koncentracije etanola u krvi, mokraći, očnoj vodi i/ili staklovinu s pomoću plinske kromatografije s detektorom plamene ionizacije (HS-GC-FID).

Dosad provedena istraživanja o preciznosti Dräger analizatora (Jurič i sur., 2018) pokazala su da su rezultati pouzdani kada se uređaj koristi prema uputama proizvođača. Međutim, do sada nije provedena interdisciplinarna studija u kojoj bi se rukopisna obilježja sudionika analizirala u odnosu na izmjerene koncentracije alkohola u dahu i krvi.

### 1.3. Važnost istraživanja

Dotadna vrijednost ovog istraživanja očituje se u interdisciplinarnom pristupu koji povezuje toksikološku i forenzičku analizu rukopisa. Statistička obrada podataka omogućit će:

- detaljno ispitivanje odnosa između koncentracije alkohola u dahu i krvi
- identifikaciju specifičnih promjena u rukopisu pod utjecajem alkohola
- poboljšanje metoda forenzičkog vještačenja rukopisa i dokumenata
- naprjeđenje postupaka toksikoloških analiza u kontekstu forenzičke znanosti
- razvoj novih standarda koji mogu biti korisni službama nadležnim za sigurnost cestovnog prometa.

Ova istraživanja mogu imati praktične implikacije u sudskoj praksi, pomažući vještacima u preciznijem tumačenju rukopisnih dokaza u slučajevima sumnje na alkoholiziranost u trenutku pisanja. Rezultati će pridonijeti ne samo razvoju forenzičkih metoda, nego i poboljšanju pravne sigurnosti i vjerodostojnosti dokaza u sudskim postupcima.

## 2. CILJ I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj alkohola na rukopis i potpis sudionika te kvantificirati promjene statističkom obradom dobivenih rezultata. Kako bi se osigurala jasnoća u terminologiji, u radu će se koristiti sljedeći pojmovi:

- **BrAC (Breath Alcohol Concentration):** koncentracija alkohola u izdahnutom zraku
- **BAC (Blood Alcohol Concentration):** koncentracija alkohola u krvi sudionika.

Na temelju postavljenog cilja i problema istraživanja formulirane su sljedeće istraživačke hipoteze:

#### 1. Utjecaj alkohola na rukopis i potpis:

- Istraživanjem će se ispitati utječe li i kako prisutnost alkohola na promjene u rukopisu i potpisu sudionika.
- **Hipoteza (H1):** Povećana koncentracija alkohola u krvi (BAC) i dahu (BrAC) dovodi do promjena u rukopisu i potpisu.

#### 2. Razlike prema spolu:

- Cilj je utvrditi postoje li razlike između muškaraca i žena u promjenama rukopisa i potpisa pod utjecajem alkohola.
- **Hipoteza (H2):** Spol sudionika znatno utječe na promjene u rukopisu i potpisu osoba pod utjecajem alkohola.

#### 3. Pouzdanost Dräger breath alcohol analizatora:

- Istražit će se osjetljivost uređaja Dräger za analizu alkohola u dahu te postoji li značajna razlika u rezultatima analize daha u odnosu na analizu krvi.
- **Hipoteza (H3):** Ne postoji statistički značajna razlika između rezultata dobivenih analizom daha putem uređaja Dräger (BrAC) i rezultata dobivenih analizom krvi (BAC).

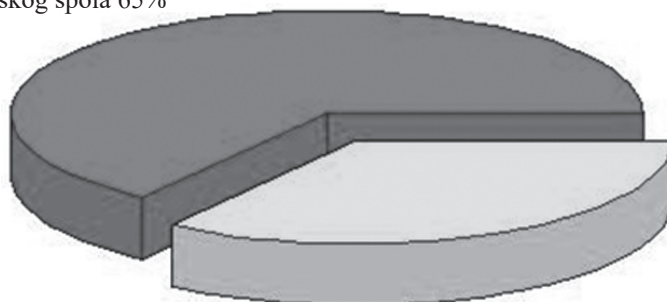
### 3. MATERIJALI I METODE

U istraživanju je sudjelovalo 63 sudionika (41 žena i 22 muškarca) u dobi od 23 do 61 godine ( $M = 39.48$ ,  $SD = 9.34$ ). Sudionici su varirali u visini (159 – 193 cm), težini (53 – 100 kg) i BMI-ju (18.3 – 28.3).

Prije početka ispitivanja sudionici su testirani na prisutnost alkohola u dahu s pomoću Dräger breath alcohol analizatora (model 6810) kako bi se osiguralo da nisu bili pod utjecajem alkohola prije početka istraživanja.

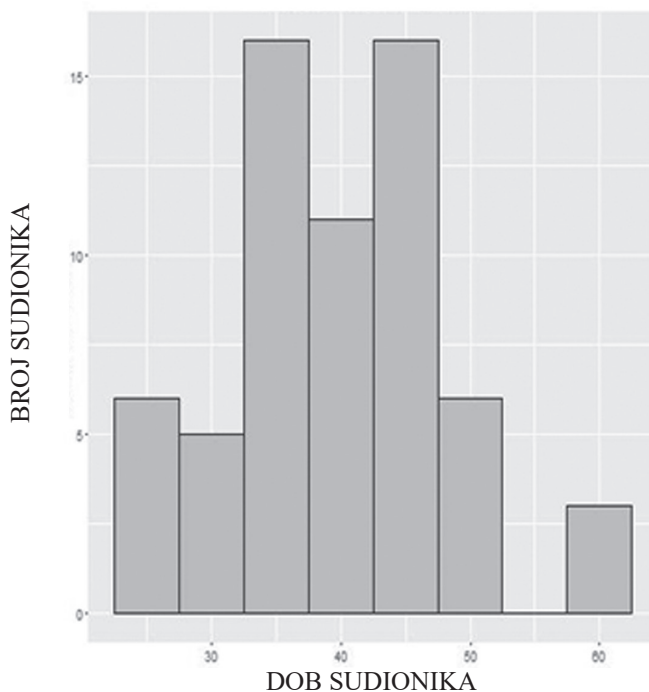
*Grafikon 1: Spol sudionika*

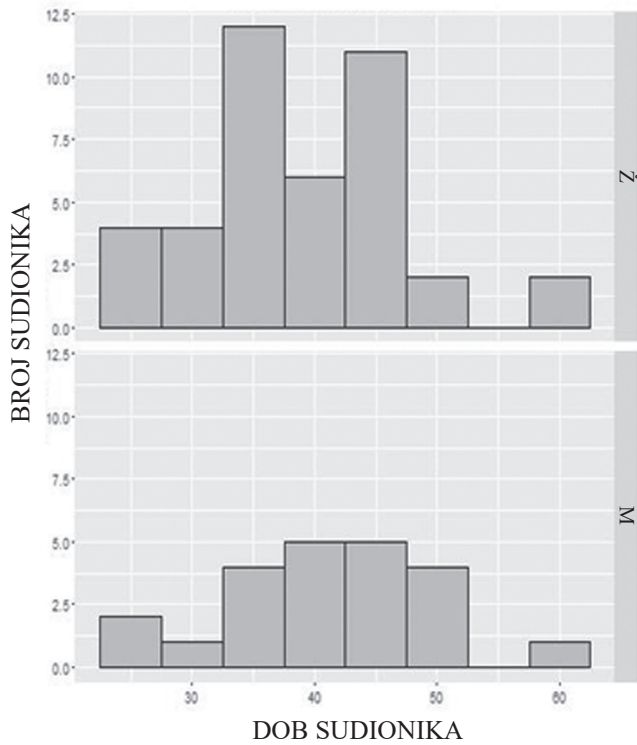
Sudionici ženskog spola 65%



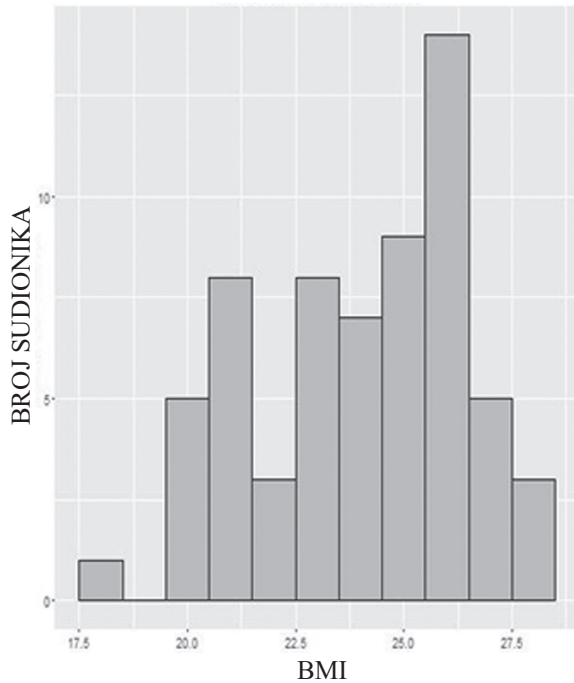
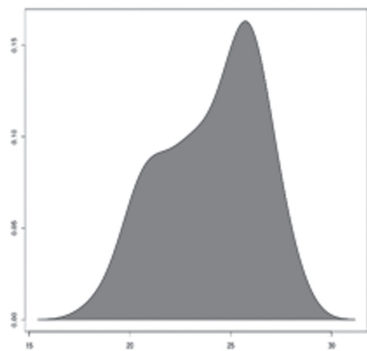
Sudionici muškog spola 35%

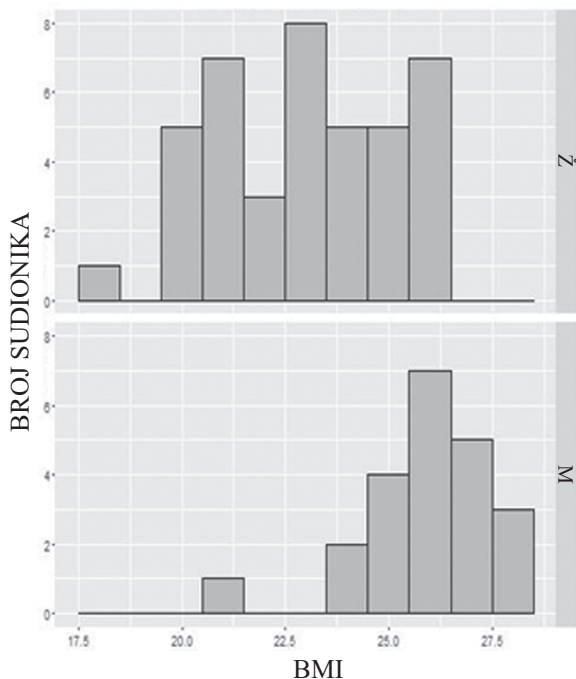
*Grafikoni 2 i 3: Dobne distribucije sudionika*





Grafikoni 4, 5 i 6: Indeks tjelesne mase sudionika





Istraživanje je provedeno u četiri faze:

1. prikupljanje uzoraka rukopisa i potpisa prije konzumacije alkohola
2. mjerenje koncentracije alkohola u dahu (BrAC) prije i nakon konzumacije alkohola
3. mjerenje koncentracije alkohola u krvi (BAC) i dahu (BrAC) prije i nakon konzumacije alkohola
4. prikupljanje uzoraka rukopisa i potpisa odmah nakon konzumacije alkohola te sat vremena nakon konzumacije.

Sudionicima je davan alkohol različitih koncentracija (12% – 50%) u volumenu od 0,1 do 2,4. Nakon unosa alkohola mjereni su BrAC i BAC primjenom standardnih metoda. Za mjerenje koncentracije alkohola u dahu (BrAC) prije i 15 minuta nakon konzumacije alkohola korišten je Dräger breath alcohol analizator, model 6810. Uzorci krvi (BAC) uzimani su prije konzumacije alkohola i sat vremena nakon konzumacije, a zatim analizirani na PerkinElmeru plinskom kromatografu (Clarus 500) povezanom s ionskim detektorom (GC/FID-HS) i TurboMatrix headspace auto samplerom (PerkinElmer, Shelton, CT, USA).

Promjene u rukopisu bilježene su i označene binarno (0 – bez promjene, 1 – prisutna promjena). Uzorci su uspoređivani na temelju utvrđenih elemenata potpisa u spornom i nespornom materijalu, koristeći se videospektralnim komparatorom (VSC-6000/HS) i stereomikroskopom. Analiza rukopisa i potpisa provedena je metodama akreditiranim prema međunarodnoj normi HRN EN ISO/IEC 17025.

Analizu rukopisa i potpisa proveo je vještak s višegodišnjim iskustvom u području forenzičke analize rukopisa te je rezultate analize verificirao i drugi vještak jednakih kompetencija.

S obzirom na to da razina alkoholiziranosti može različito utjecati na motoričke funkcije, sudionici su razvrstani u tri skupine na temelju izmjerenih vrijednosti koncentracije alkohola u dahu (BrAC) i/ili krvi (BAC):

- blaga alkoholiziranost (BAC 0,3 – 0,5 g/L)
- umjerena alkoholiziranost (BAC 0,5 – 1,0 g/L)
- visoka alkoholiziranost (BAC >1,0 g/L).

Za analizu rezultata korištena je kombinirana istraživačka metoda koja obuhvaća ispitivanje rukopisa i potpisa te analizu alkohola u dahu i krvi, uz kvantitativne i kvalitativne metode analize. Statistički podaci analizirani su korištenjem deskriptivne statistike, t-testa uparenog uzorka, Wilcoxonova testa, hi-kvadrat testa i logističke regresije.

#### 4. REZULTATI

Detaljnijom analizom rukopisa i potpisa svih sudionika uzetih odmah nakon konzumacije alkohola nije pokazana značajna razlika u općim i posebnim rukopisnim obilježjima u usporedbi onima uzetim prije konzumacije alkohola. Na temelju te analize nije utvrđeno da je alkohol odmah nakon konzumacije utjecao na rukopis ili potpis sudionika.

Na razini 0 nije došlo do većih promjena u općim i posebnim rukopisnim karakteristikama između rukopisa/potpisa danih prije konzumacije alkohola i onih uzetih sat vremena nakon konzumacije alkohola. Te je rezultate pokazao 31 sudionik, od kojih je 11 bilo muškaraca (52% od ukupnog broja sudionika muškog spola), a 20 žena (48% od ukupnog broja sudionika ženskog spola).

Dodatno, na slikama 1 i 2 priložen je primjer rukopisa i potpisa kod kojih nije došlo do promjena u pisanju pod utjecajem alkohola, bez obzira na konzumiranu količinu alkohola i postotak alkohola u piću (razina 0).

Slika 1: Primjer rukopisa sudionika muškog spola  
(7,5 dcl, 13% vv etanola, BrAC – 0,98, BAC – 0,84) – razina 0

MOJE IME JE HRVOSI ; ROĐEN SAM 30.8.1976. }  
MOJ OMIJENI CRTIĆ JE EUSTAHUS BRZIĆ. }  
MOJE IME JE HRVOSI ; ROĐEN SAM 30.8.1976. }  
MOJ OMIJENI CRTIĆ JE EUSTAHUS BRZIĆ. }

Prije  
konzumacije  
alkohola

Rukopis pisanih slova bez označene linije pisanja

MOJE IME JE HRVOSI ; ROĐEN SAM 30.8.1976. }  
MOJ OMIJENI CRTIĆ JE EUSTAHUS BRZIĆ. }  
MOJE IME JE HRVOSI ; ROĐEN SAM 30.8.1976. }  
MOJ OMIJENI CRTIĆ JE EUSTAHUS BRZIĆ. }

1 sat poslije  
konzumacije  
alkohola

Slika 2: Primjer rukopisa sudionika ženskog spola  
(2,5 dcl, 33% vv etanola, BrAC – 0,94, BAC – 0,80) – razina 0

Zovem se Martina Majstorovič. Rodena sam u Brežicama  
(Slovenija).

Zovem se Martina Majstorovič. Rodena sam u Brežicama  
(Slovenija).

Prije  
konzumacije  
alkohola

Rukopis pisanih slova bez označene linije pisanja

---

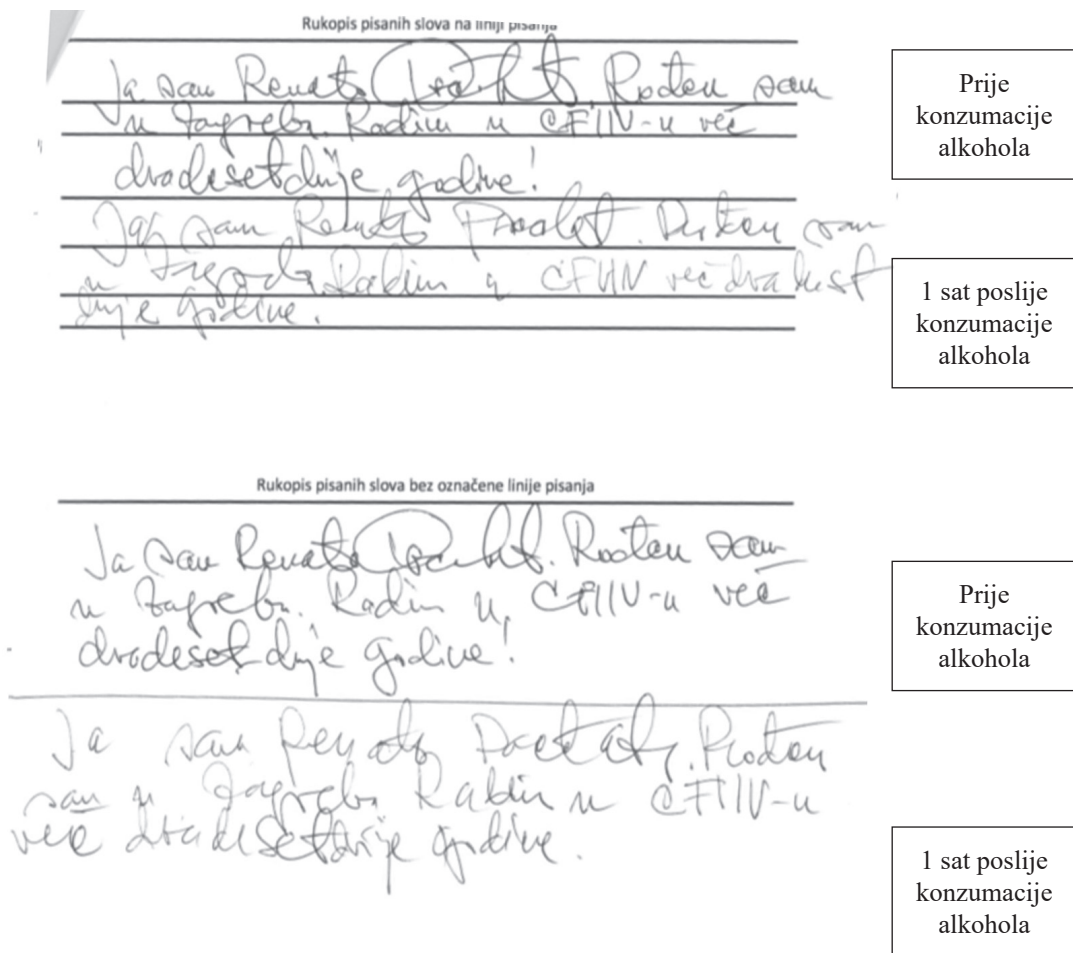
Zovem se Martina Majstorovič. Rodena sam u Brežicama  
(Slovenija).

Zovem se Martina Majstorovič. Rodena sam u Brežicama  
(Slovenija).

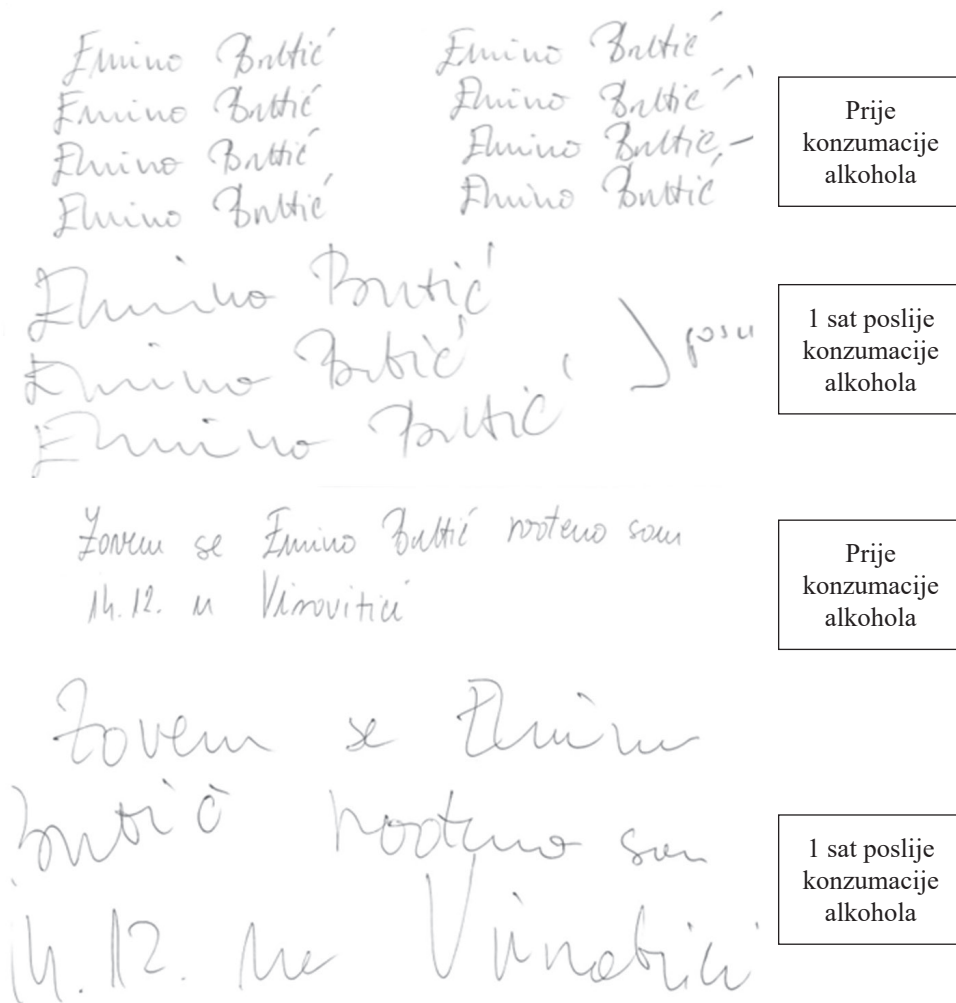
1 sat poslije  
konzumacije  
alkohola

Nadalje se prikazuje primjer rukopisa i potpisa kod kojih je došlo do promjene pod utjecajem alkohola – razina 1. Naime, obilježja rukopisa kao što su veličina slova/riječi, dužina slogova/riječi, razmak između slova/riječi, tremor te druga rukopisna obilježja znatno se povećavaju pod utjecajem alkohola, što je i vidljivo na slikama 3 i 4.

Slika 3: Primjer rukopisa sudionika muškog spola  
(3,5 dcl, 37% vv etanola, BrAC – 1,29 i BAC – 1,36) – razina 1



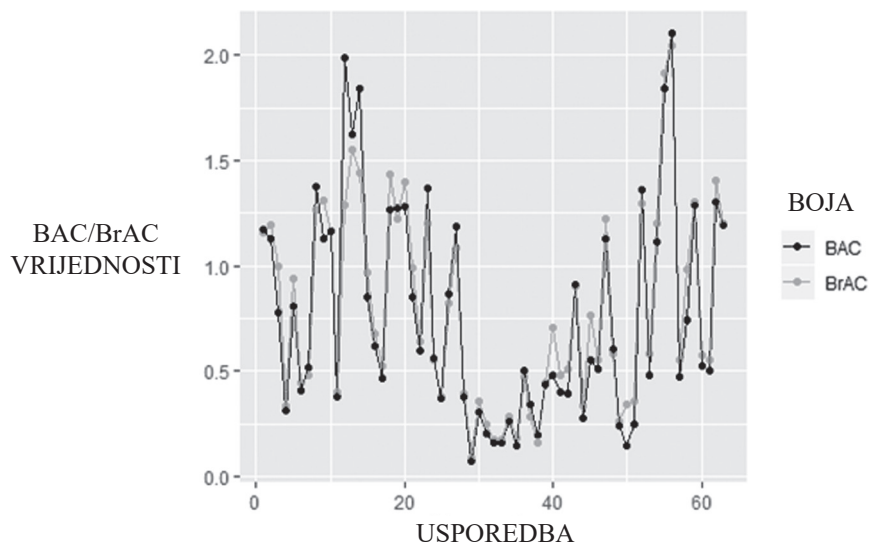
Slika 4: Primjer rukopisa sudionika ženskog spola  
(5,0 dcl, 38% vv etanola, BrAC – 1,43 i BAC – 1,84) – razina 1



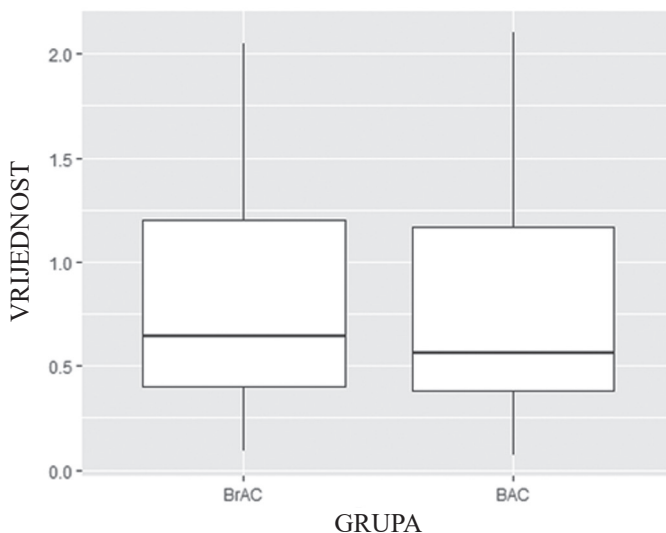
Za analizu razlika između koncentracija alkohola u dahu (BrAC) i koncentracija alkohola u krvi (BAC) svih sudionika primijenjen je t-test uparenog uzorka. Taj se statistički postupak koristi za usporedbu dva povezano mjerena uzorka kako bi se utvrdilo je li srednja razlika između njih statistički značajna. Nulta hipoteza t-testa pretpostavlja da srednja razlika između uparenih uzoraka iznosi nulu. Dobivena p-vrijednost za t-test bila je 0,000984, što omogućuje odbacivanje nulte hipoteze, čime se potvrđuje postojanje statistički značajne razlike između BrAC i BAC vrijednosti. Za dodatnu provjeru provedena je analiza s pomoću Wilcoxonova testa, neparametarskog testa za usporedbu povezanih uzoraka kojim se ocjenjuju razlike između parova uzoraka prema njihovim rangovima. Dobivena p-vrijednost

Wilcoxonova testa iznosila je 0,002113, što također sugerira odbacivanje nulte hipoteze i potvrđuje postojanje statistički značajnih razlika između BrAC i BAC mjerenja. S obzirom na veću pouzdanost BAC mjerenja, odlučeno je da se za daljnje analize promjena rukopisa i potpisa koristi BAC kao varijabla koncentracije alkohola (vidi grafikone 7 i 8).

Grafikon 7: Usporedba vrijednosti BrAC/BAC



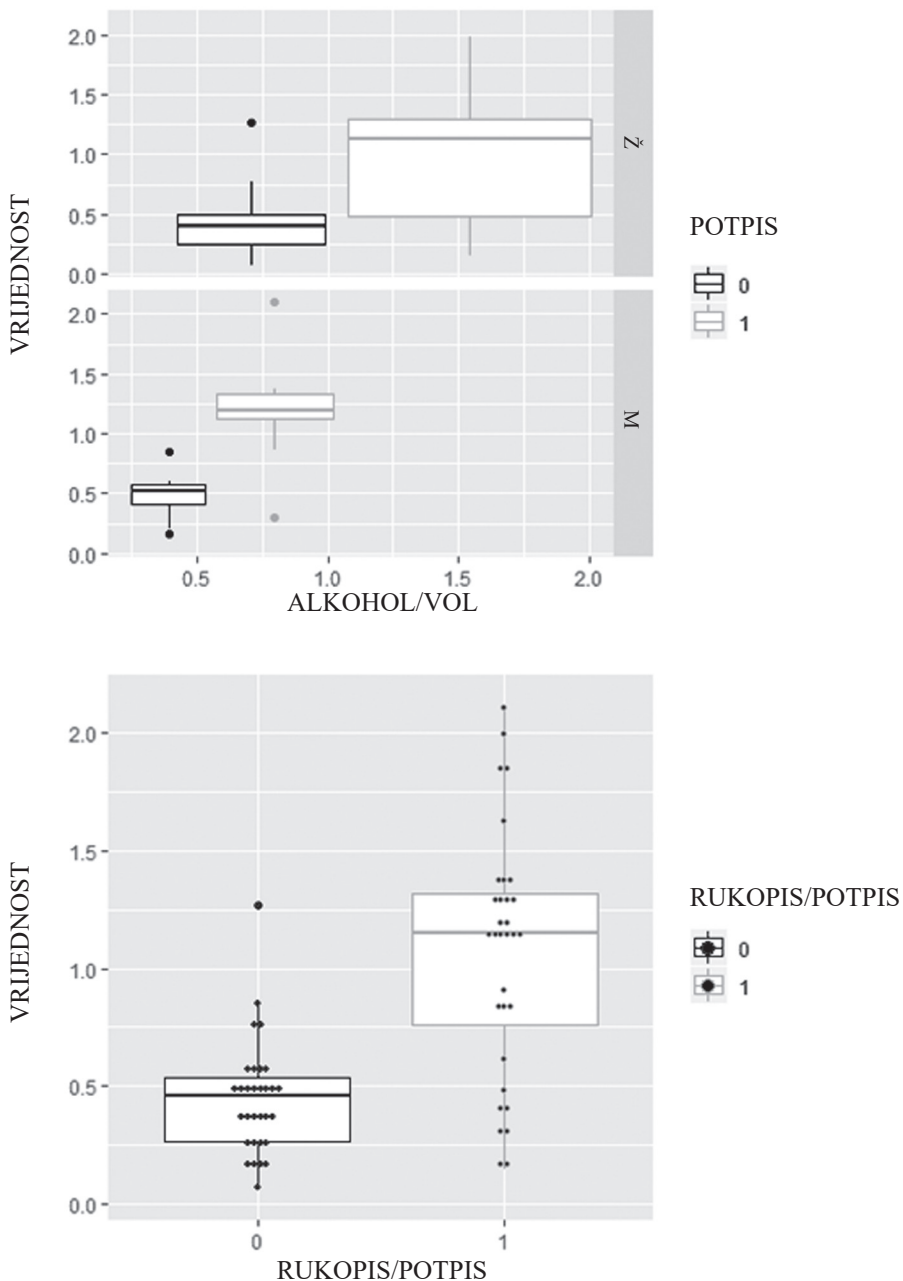
Grafikon 8: Usporedba vrijednosti BrAC/BAC



Dodatno je analiziran utjecaj koncentracije alkohola u krvi (BAC) na promjene u rukopisu i potpisu, pri čemu je BAC korišten kao neovisna varijabla, a promjena u rukopisu

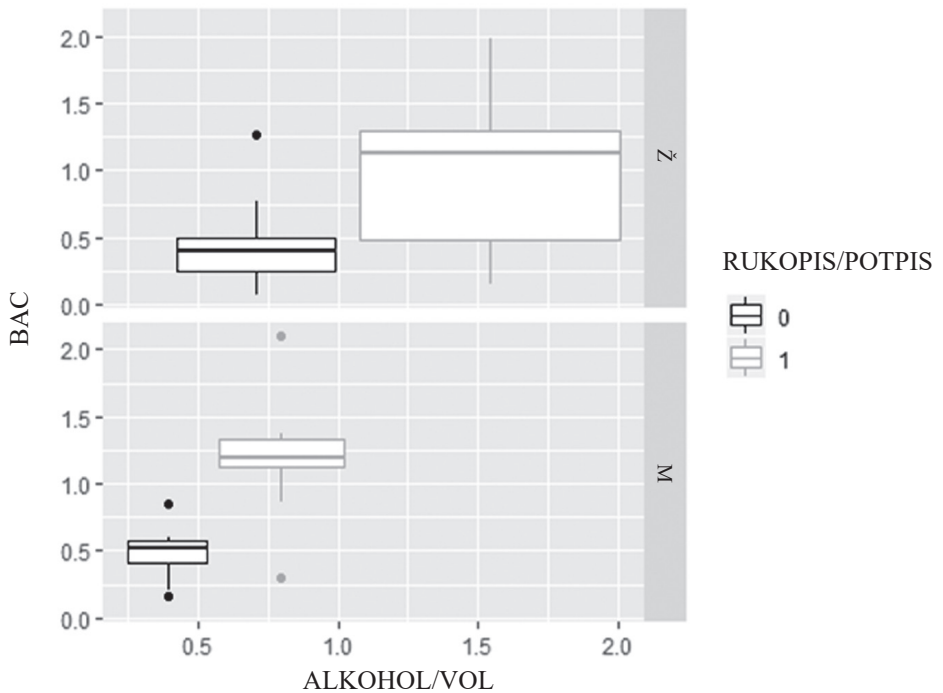
i potpisu kao zavisna varijabla. Rezultati logističke regresije (prikazani na grafikonima 9 i 10) upućuju na znatan utjecaj BAC-a na promjene rukopisnih i potpisnih obilježja, što sugerira da se porastom koncentracije alkohola povećava vjerojatnost promjena u rukopisnim obilježjima.

Grafikoni 9 i 10: Usporedba vrijednosti rukopisa/potpisa s BAC-om

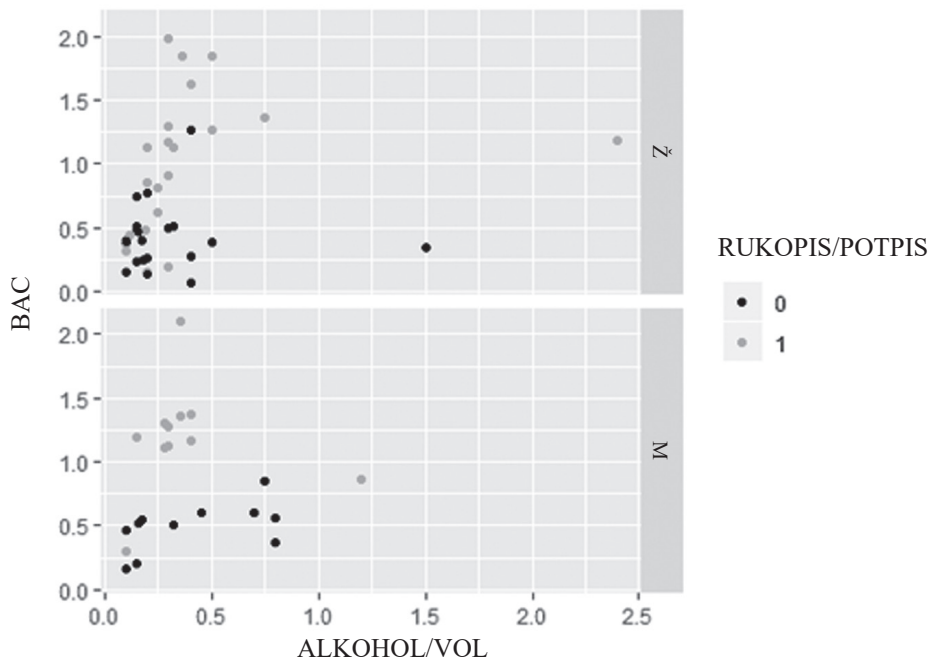


Također je analizirana povezanost između spola i promjena u rukopisu/potpisu u odnosu na vrijednosti BAC-a. Za tu je analizu primijenjen hi-kvadrat test neovisnosti, koji ispituje postoji li značajna povezanost između dviju kategoričkih varijabli. Nultom hipotezom testa pretpostavlja se da su varijable neovisne, dok se alternativnom hipotezom sugerira njihova ovisnost. P-vrijednost hi-kvadrat testa iznosila je 0,9265, što znači da nije odbijena nulta hipoteza, tj. ne postoji statistički značajna povezanost između spola i promjena u rukopisu/potpisu. Međutim, vizualnom analizom podataka (grafikoni 11 i 12) pokazuje se da su sudionici muškog spola imali jasnu povezanost između razine BAC-a i promjena u rukopisu/potpisu, dok su sudionice pokazale širu varijabilnost u promjenama koja nije bila dosljedna u odnosu na koncentraciju alkohola.

Grafikon 11: Usporedba volumena alkohola/postotak alkohola u odnosu na spol



Grafikon 12: Usporedba vrijednosti alkohola, vol/BAC za žene i muškarce



## 5. RASPRAVA

Rezultati ovog istraživanja potvrđuju da alkohol znatno utječe na obilježja rukopisa i potpisa, ali je važno napomenuti da promjene nisu uvijek jednako očite ili dosljedne među svim sudionicima. Iako su kod određenih sudionika primijećene promjene u rukopisnim obilježjima, poput povećane nesigurnosti u linijama, varijacija u veličini slova, razmaku između slova ili tremora, kod drugih sudionika nije bilo znatnih promjena. To upućuje na kompleksnost i individualnost odgovora na alkohol, što može biti posljedica različitih čimbenika, uključujući količinu konzumiranog alkohola, spol sudionika, njihovu fizičku i psihološku pripremljenost te moguće prethodne neurološke ili psihičke disfunkcije. Jedan od ključnih nalaza ovog istraživanja jest da alkohol znatno utječe na preciznost i kontrolu motoričkih pokreta, što je evidentno u promjenama rukopisnih obilježja, poput veličine slova, nagiba, razmaka i tremora. Također, rezultati upućuju na potencijalnu povezanost između visoke koncentracije alkohola u dah (BrAC) i krvi (BAC) s vidljivijim promjenama u rukopisima i potpisima, što potvrđuje hipotezu (H1) o povezanosti između alkohola i promjena u rukopisu.

Radi jasnije interpretacije rezultata promjene u rukopisu razmatrane su u kontekstu sljedećih razina alkoholiziranosti:

- blaga alkoholiziranost (BAC 0,3 – 0,5 g/L)
- umjerena alkoholiziranost (BAC 0,5 – 1,0 g/L)
- visoka alkoholiziranost (BAC >1,0 g/L).

Među sudionicima s većim koncentracijama alkohola, osobito onima s BrAC i BAC vrijednostima iznad 1,0 g/L, uočene su izraženije promjene u grafomotoričkoj izvedbi, što

upućuje na smanjenu motoričku kontrolu pod utjecajem alkohola.

Važno je istaknuti da je analizu rukopisa provela osoba s višegodišnjim iskustvom u području forenzičke analize rukopisa, a interpretaciju rezultata dodatno je verificirao drugi kompetentan vještak. Time su osigurane veća pouzdanost i objektivnost u ocjeni promjena rukopisnih obilježja.

Osim toga, istraživanjem je pokazano da postoji razlika između rezultata dobivenih analizama koncentracija alkohola u dahu (BrAC) i krvi (BAC). Naime, rezultati t-testa i Wilcoxonova testa pokazali su da Dräger breath alcohol analizator (BrAC) može pružiti pouzdane rezultate, ali se pokazuje da je preciznost te metode u nekim slučajevima nešto niža u odnosu na krvne uzorke (BAC).

Nadalje, važan je i čimbenik spola sudionika u analizi promjena u rukopisu. Iako se istraživanjem nije došlo do statistički značajnih razlika između muškaraca i žena u pogledu promjena u rukopisnim obilježjima (hipoteza H2), jer su oba spola pokazala određene promjene u rukopisima pod utjecajem alkohola, daljnjim analizama mogle bi se pružiti dodatne informacije o tome kako spol, s ostalim čimbenicima poput fizičkog stanja i dotadašnjeg iskustva s alkoholom, može utjecati na specifične aspekte rukopisnih promjena.

Ovo istraživanje ima nekoliko ograničenja. Prvo, broj sudionika nije dovoljno velik da bi bio primjenjiv na opću populaciju. Također, bilo bi korisno uključiti sudionike koji redovito konzumiraju alkohol kako bi se istražio učinak kroničnog alkoholizma na grafomotoriku. Drugo, istraživanje je fokusirano samo na nekoliko uzoraka rukopisa i potpisa, dok bi daljnja istraživanja mogla uključivati širi spektar različitih vrsta pisanja (npr. rukopis u različitim situacijama i pod različitim uvjetima).

Primjenom kvantitativnih i kvalitativnih metoda istraživanje pridonosi boljem razumijevanju utjecaja alkohola na rukopis i potpis, čime se unapređuje metodologija forenzičke analize rukopisa. Rezultati mogu biti korisni u sudskim postupcima, posebno kada postoji sumnja u alkoholiziranost ili druge kognitivne i motoričke smetnje prilikom potpisivanja dokumenata. Također, mogu se koristiti za razvoj novih smjernica i standarda u forenzičkim vještačenjima, čime bi se povećala preciznost u tumačenju rukopisnih dokaza u pravnim okvirima.

## 6. ZAKLJUČAK

Cilj ovog istraživanja bio je ispitati utjecaj alkohola na rukopis i potpis sudionika te kvantificirati promjene korištenjem statističke obrade podataka. Rezultatima istraživanja potvrđeno je da alkohol ima određen utjecaj na rukopis i potpis, ali s obzirom na razlike među sudionicima i promjene u različitim vremenskim intervalima nakon konzumacije, ti učinci nisu potpuno uniformni. Iako istraživanje ima veliku metodološku vrijednost, postoji nekoliko važnih aspekata koje je potrebno dodatno razmotriti kako bi se bolje razumjeli čimbenici koji utječu na promjene rukopisnih obilježja pod utjecajem alkohola.

### Hipoteza 1: Utjecaj alkohola na rukopis i potpis

Hipoteza 1, kojom se postulira da povećana koncentracija alkohola u krvi i dahu dovodi do promjena u rukopisu i potpisu, bila je potvrđena, ali s napomenom da promjene nisu bile vidljive u svim slučajevima. Rezultatima je pokazano da odmah nakon konzumacije alkohola nije došlo do znatnih promjena u rukopisnim obilježjima, ali nakon sat vremena među određenim su sudionicima promjene bile vidljive. Ti nalazi sugeriraju da alkohol ne mora

nužno imati brz učinak na rukopis, nego da je učinak povezan s vremenskim odmakom od konzumacije. Učinak alkohola na motoričke sposobnosti i kognitivne funkcije vjerojatno je odgodio manifestaciju tih promjena u rukopisima, što je sukladno s prethodnim istraživanjima koja sugeriraju da alkohol može izazvati postupne promjene u koordinaciji i kontroli fine motorike.

Važno je napomenuti da su promjene u rukopisima sudionika bile varijabilne. To upućuje na individualne razlike u reakciji na alkohol, što može biti povezano s različitim biološkim i psihološkim čimbenicima. Dodatna istraživanja koja uključuju veći broj sudionika i različite demografske varijable (dob, iskustvo konzumacije alkohola itd.) mogla bi pomoći u boljem razumijevanju tih varijacija i njihova utjecaja na promjene u rukopisnim obilježjima.

## **Hipoteza 2: Razlike prema spolu**

Hipoteza 2, kojom se pretpostavlja da spol sudionika utječe na promjene u rukopisu i potpisu pod utjecajem alkohola, nije potvrđena statistički značajnim razlikama. Hi-kvadrat testom nije pokazana značajna povezanost između spola i promjena u rukopisu/potpisu, što sugerira da spol nije ključan čimbenik u razlici u reakcijama na alkohol kada je riječ o utjecaju na rukopis i potpis. Iako statističkom analizom nije skrenuta pozornost na značajnu povezanost, vizualnom analizom podataka upućuje se na mogućnost da muškarci imaju jasniji odnos između razine alkohola u krvi i promjena u rukopisu, dok su žene pokazale veću varijabilnost. Te varijacije mogu biti prouzročene raznim faktorima, uključujući fiziološke razlike između muškaraca i žena, osobne karakteristike te moguće psihološke i socijalne čimbenike.

Dodatna istraživanja koja uzimaju u obzir kompleksne interakcije između spola, socijalnih normi, hormonskih fluktuacija i drugih bioloških čimbenika možda bi mogla razjasniti te nesigurnosti. Neki prethodni radovi sugeriraju da bi mogla postojati spolna specifičnost u reakciji na alkohol, osobito motoričkim funkcijama, ali u ovom istraživanju to nije bila statistički značajna varijabla (Rossetti i sur., 2021; Agabio i sur., 2017; Erol i Karpyak, 2015).

## **Hipoteza 3: Pouzdanost Dräger breath alcohol analizatora**

Hipoteza 3, kojom se pretpostavljalo da ne postoji statistički značajna razlika između rezultata dobivenih analizom alkohola u dahu (BrAC) i analizom alkohola u krvi (BAC), nije bila u potpunosti potvrđena. Statističkim testovima, uključujući t-test i Wilcoxonov test, pokazano je da postoji razlika između BrAC i BAC vrijednosti. Ti nalazi potvrđuju da je BAC pouzdaniji pokazatelj koncentracije alkohola u tijelu, dok je BrAC mjerenje manje precizno i može biti podložno većim varijacijama. Unatoč utvrđenim razlikama, rezultati istraživanja sugeriraju da se BrAC može koristiti kao preliminarna metoda za procjenu razine alkoholiziranosti, osobito u slučajevima kada analiza krvi nije dostupna. Prednost BrAC metode u njezinoj je praktičnosti – riječ je o neinvazivnom, brzom i financijski pristupačnom postupku koji ne zahtijeva posebnu edukaciju osoba koje ga provode. Zbog toga se BrAC često primjenjuje u terenskim i kontroliranim uvjetima kao orijentacijska metoda detekcije alkohola.

Nadalje, rezultati upućuju na potencijalnu primjenu BrAC uređaja kao učinkovite metode za brzo skeniranje prisutnosti alkohola u dahu. Ipak, za precizna mjerenja i pouzdane kvantifikacije razine alkohola, osobito u forenzičkom i pravnom kontekstu, preporučuje se analiza krvi.

Također, rezultati ovog istraživanja potvrđuju da alkohol utječe na rukopis i potpis te da učinci ovise o koncentraciji alkohola u krvi. Iako nije došlo do statistički značajnih spolnih razlika u promjenama rukopisa, među sudionicima su utvrđene razlike u reakcijama

na alkohol, što naglašava potrebu za daljnjim istraživanjima kojim bi se ispitale biološke i psihološke varijable koje mogu utjecati na te promjene. Buduća istraživanja trebala bi usmjeriti na ispitivanje bioloških i psiholoških čimbenika koji mogu utjecati na rukopisne promjene pod utjecajem alkohola kako bi se bolje razumjeli pozadinski mehanizmi tih promjena i razvile preciznije metode za procjenu utjecaja alkohola na ljudsko ponašanje, uključujući izražavanje pisanim tragom.

## LITERATURA

### Knjige i članci

1. Agabio, R., Pisanu C., Gessa, GL. i Franconi, F. (2017). *Sex Differences in Alcohol Use Disorder*, Current Medicinal Chemistry. 24. 1–10.
2. Asicioglu, F. i Turan, N. (2003). *Handwriting changes under the effect of alcohol*, Forensic Science International 132:201–210.
3. Caligiuri, M. P. i Mohammed, L. A. (2012). *The neuroscience of handwriting: Applications for Forensic Document Examination*, CRC Press LLC.
4. Garnacho-Castaño, M. V., Faundez-Zanuy, M. i Lopez-Xarbau, J. (2020). *On the handwriting Tasks Analysis to detect Fatigue*, Applied Sciences 10, no.21:7630.
5. Erol, A., Karpyak, V. M. (2015). *Sex and gender-related differences in alcohol use and its consequences: Contemporary knowledge and future research considerations*, Drug Alcohol Depend, Nov 1;156:1-13. doi: 10.1016/j.drugalcdep.2015.08.023.
6. Frye, G. D. i Breese, G. R. (1982). *GABAergic modulation of ethanol-induced motor impairment*, Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics 233:750-765.
7. Hanchar, H. J., Dodson, P. D., Richard, W. O., Otis, T. S. i Wallner, M. (2005). *Alcohol-induced motor impairment caused by increased extrasynaptic GABA A receptor activity*, Nature Neuroscience 8:339–345.
8. Huber, R. A. i Headrick, A. M. (1999). *Handwriting Identification: Facts and fundamentals*, Boca Raton, FL: CRC Press LLC.
9. Jurič, A., Fijačko, A., Bakulić, L., Orešić, T. i Gmajnički, I. (2018). *Evaluation of breath alcohol analysers by comparison of breath and blood alcohol concentrations*, Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, 69.
10. Ledić, A. (2019). *An Interdisciplinary Study: Alcohol and Its Influence on Breath Alcohol Concentration (BrAC), Blood Alcohol Concentration (BAC) and Handwriting*, Proceedings of the American Academy of Forensic Sciences 71st Annual Scientific Meeting, Baltimore, USA. str. 971.
11. Mršić, G., Galeković, J., Ledić, A., Risović, A., Škavić, N. (2014). *Forenzika dokumenata, novca i rukopisa*, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb.
12. Patil, M. P., Mulimani, C. (2020). *Influence of Alcohol on Handwriting*, PalArch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology.
13. Rossetti, M. G., Patalay, P., Mackey, S., Allen, N. B., Batalla, A., Bellani, M., Chye, Y., Co-sijn, J., Goudriaan, A. E., Hester, R., Hutchison, K., Li, CSR., Martin-Santos, R., Momenan, R., Sinha, R., Schmaal, L., Sjoerds, Z., Solowij, N., Suo, C., van Holst, R. J., Veltman, D. J., Yücel, M., Thompson, P. M., Conrod, P., Garavan, H., Brambilla, P. i Lorenzetti, V. (2021). *Gender-related neuroanatomical differences in alcohol dependence: findings from the ENIGMA Addiction Working Group*, Neuroimage Clin. 2021. doi: 10.1016/j.nicl.2021.102636.
14. Yadav, K., Singla, A. i Rashid, S. (2018). *A preliminary Study: Forensic Examination of effect of alcohol on handwriting characteristics*, JETIR. Vol. 5. Issue 9.

## Ostali izvori

15. Radna uputa Centra za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja „Ivan Vučetić” – Ispitivanje i usporedba rukopisa, RU-114/3-9
16. Radna uputa Centra za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja „Ivan Vučetić” – Ispitivanje i usporedba potpisa, RU-114/3-10
17. Radna uputa Centra za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja „Ivan Vučetić” – Kvantitativno određivanje etanola u biološkim uzorcima metodom GC-FID, RU-114/2-26

## Abstract

---

**Andrea Ledić\***

### **The Influence of Alcohol on Participants' Breath, Blood, and Handwriting**

Writing is a complex cognitive-motor activity that requires the synchronised functioning of multiple neurological systems, including the frontal, parietal, and temporal lobes of the brain, which manage movement planning, spatial orientation, and visual processing (Garnacho-Castaño et al., 2020). The precision of handwriting features can be subject to variations due to various factors, including emotional state, fatigue, illness, or pharmacological influences such as alcohol. One of the key internal factors that can significantly impact handwriting is alcohol consumption. Alcohol acts as a central nervous system depressant, primarily through the enhanced activation of the inhibitory neurotransmitter gamma-aminobutyric acid (GABA), which leads to reduced motor control and slower reflexes (Caligiuri & Linton, 2012). As alcohol levels increase, inhibition spreads to the cerebellum, crucial for precise movement control, resulting in changes in handwriting, including unstable lines, tremors, variations in the slant of letters, and reduced consistency in character size (Ascioglu & Turan, 2003). Although previous studies have indicated changes in handwriting under the influence of alcohol, most of them relied on qualitative analysis methods. This study aims to quantify handwriting changes through an interdisciplinary approach that combines toxicological analysis and forensic handwriting analysis. By using gas chromatography with flame ionisation detection (HS-GC-FID) to determine alcohol concentrations in biological samples and analysing handwriting features at various levels of intoxication, the research will enable more precise identification of characteristic handwriting changes. The results of this study may have significant implications for forensic handwriting examination, legal practice, and traffic safety. By improving handwriting analysis methods in the context of intoxication, it is possible to enhance the processes of identifying document authors, which could play an important role in court proceedings and criminal investigations.

**Keywords:** forensic handwriting analysis, toxicological analysis, alcohol.

---

\* Andrea Ledić, Head of the Forensic Science Centre Ivan Vučetić, Zagreb, Republic of Croatia; PhD candidate at the University of Zagreb.