# Povezanost izvršnih funkcija s jezikom u odrasloj dobi

**Krilčić, Paula**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Education and Rehabilitation Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:158:465971

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-03-29**

*Repository / Repozitorij:*

Faculty of Education and Rehabilitation Sciences - Digital Repository

Sveučilište u Zagrebu

Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet

Diplomski rad

# Povezanost izvršnih funkcija i jezika u odrasloj dobi

Paula Krilčić

U Zagrebu, lipanj 2017.

Sveučilište u Zagrebu

Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet

Diplomski rad

# Povezanost izvršnih funkcija i jezika u odrasloj dobi

Paula Krilčić

Doc.dr.sc. Sanja Šimleša

Izv.prof.dr.sc. Jelena Kuvač Kraljević

U Zagrebu, lipanj 2017.

**Izjava o autorstvu rada**

Potvrđujem da sam osobno napisala rad ***Povezanost izvršnih funkcija i jezika u odrasloj dobi*** i da sam njegova autorica.

Svi dijelovi rada, nalazi ili ideje koje su u radu citirane ili se temelje na drugim izvorima jasno su označeni kao takvi te su adekvatno navedeni u popisu literature.

Paula Krilčić

Zagreb, lipanj 2017

# Sažetak rada

**Povezanost izvršnih funkcija i jezika u odrasloj dobi**

Paula Krilčić

Doc.dr.sc Sanja Šimleša

Izv.prof.dr.sc. Jelena Kuvač Kraljević

Odsjek za logopediju, Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Brojna istraživanja izvršnih funkcija govore u prilog postojanju povezanosti s jezikom. Ipak, zbog njihove složenosti, točna priroda te veze još uvijek nije poznata. Većina dosadašnjih istraživanja se temelji na proučavanju dječje dobi ili specifičnih populacija. S obzirom da su i jezik i izvršne funkcije vrlo promjenjivi i na dob osjetljivi konstrukti, za produbljenje spoznaje o dinamici njihovog odnosa nužno je istraživanja proširiti i na odraslu dob. U skladu s time, cilj ovog istraživanja bio je ispitati povezanost pojedinih sastavnica izvršnih funkcija s jezičnim razumijevanjem u odrasloj dobi. Sudionici su bili odrasle osobe (N=30) u dobi između 21 i 37 godina. Izvršne funkcije prostornog radnog pamćenja, prostornog planiranja, kognitivne fleksibilnosti i kognitivne inhibicije ispitane su CANTAB baterijom testova, a verbalno radno pamćenje ispitano je podljestvicom Pamćenje raspona brojeva WAIS-III testa. Jezične sposobnosti ispitane su testom Peabody slikovnim testom rječnika (PPVT-III-HR ) i Testom razumijevanja gramatike (TROG-2:HR). Rezultati regresijske analize pokazali su da postoji povezanost između izvršnih funkcija i razumijevanja složenih, ali ne i jednostavnih rečenica, kao ni receptivnog rječnika. Navedeni rezultati mogli bi značiti da je potreba za izvršnim funkcijama tijekom jezične obrade u odrasloj dobi ograničena na složenije jezične konstrukcije koje predstavljaju veće opterećenje za obradu. Iako je ovaj rezultat u skladu s rezultatima sličnih inozemnih istraživanja, za donošenje konkretnijih zaključaka potrebno je u buduća istraživanja uključiti veći broj ispitanika, ispitanike starijih dobnih skupina, kao i varirati veći broj struktura različite razine sintaktičke složenosti.

**Ključne riječi:** Izvršne funkcije, jezik, receptivni rječnik, razumijevanje gramatike, odrasla dob

# Abstract

**The relationship between executive functions and language in adult age**

Paula Krilčić

Doc.dr.sc. Sanja Šimleša

Izv.prof.dr.sc. Jelena Kuvač Kraljević

Department of Speech and Language Pathology, Faculty of Education and Rehabilitation Sciences, University of Zagreb

Numerous research on executive functions show evidence of their relation to language. Nonetheless, due to the complexity of executive functions that causes difficulties in defining and measuring them, details of that relationship are still not well defined. The majority of work done on this topic is based on studying children's development and language acquisition or special populations. Because of the dynamic nature of those constructs that change significantly throughout the lifespan, exploring their interactions in adult age would contribute to a better and more complete understanding of that relationship. Having that in mind, the objective of this research was to examine the relationship between specific executive functioning components and receptive language in adult age. The participants in the study were healthy adults (N=30) between the ages of 21 and 37 years. Executive functioning components of spatial working memory, planning, cognitive flexibility and cognitive inhibition were assessed with CANTAB battery of tests, whereas verbal working memory was tested with a subtest of WAIS-III test, the Memory for Digit Span. Peabody Picture Vocabulary Test (PPVT-III-HR) and Test for Reception of Grammar (TROG-2:HR) were administered to assess language skills. The results of regression analisys showed that the relationship exists between executive functions and understanding of grammatically complex sentences. The relationship between executive functions and simple sentences or receptive vocabulary was not found. These results could mean that the involvement of executive functions in language in adult age is required only in grammatically complex sentences that put greater demands on language processing. This finding is in agreement with similar foreign research. However, in order to enable drawing a valid conclusion on this topic, future studies should include more participants and different levels of syntactic complexity.

**Key words:** Executive functions, language, receptive vocabulary, receptive grammar, adult age

Sadržaj:

1. Uvod.....1

1.1. Izvršne funkcije.....1

1.1.1. Definiranje izvršnih funkcija.....1

1.1.2. Sastavnice izvršnih funkcija.....4

1.1.2.1. Kognitivna inhibicija.....4

1.1.2.2. Kognitivna fleksibilnost.....5

1.1.2.3. Radno pamćenje.....6

1.1.2.4. Planiranje.....7

1.1.3. Razvoj izvršnih funkcija.....7

1.2. Jezična obrada.....8

1.3. Izvršne funkcije i jezik.....9

1.3.1. Mehanizmi interakcije izvršnih funkcija i jezika.....11

1.3.2. Istraživanja povezanosti izvršnih funkcija i jezika.....13

2. Cilj i problem istraživanja.....18

3. Metodologija.....19

3.1. Uzorak.....19

3.2. Mjerni instrumenti.....20

3.2.1. Testovi izvršnih funkcija.....20

3.2.1.1. Radno pamćenje.....21

3.2.1.1.1. Verbalno radno pamćenje.....21

3.2.1.1.2. Prostorno radno pamćenje.....21

3.2.1.2. Prostorno planiranje.....22

3.2.1.3. Kognitivna fleksibilnost.....23

3.2.1.4. Kognitivna inhibicija.....24

3.2.2. Jezični testovi.....25

3.2.2.1. Gramatičko razumijevanje.....25

3.2.2.2. Receptivni rječnik.....26

3.3. Postupak.....27

3.4. Obrada podataka.....27

4. Rezultati.....27

4.1. Deskriptivna analiza.....28

4.2. Korelacijska analiza.....29

4.3. Linearna regresijska analiza.....29

5. Rasprava.....31

5.1. Povezanost izvršnih funkcija s receptivnim rječnikom i razumijevanjem gramatički jednostavnih rečenica .....31

5.2. Povezanost izvršnih funkcija s razumijevanjem gramatički složenih rečenica.....32

5.3. Nedostaci istraživanja i smjernice za buduća istraživanja.....35

6. Zaključak.....38

7. Literatura.....40

# 1. UVOD

Iako su izvršne funkcije razmjerno nov koncept u neuroznanosti, interes za njih je velik. Spoznaja o značajnoj ulozi koju prefrontalni korteks i s njime povezane izvršne funkcije imaju u regulaciji ponašanja i kognitivnom funkcioniranju potaknula je istraživanja njihove povezanosti s različitim kognitivnim procesima i sposobnostima, između ostalog i s jezikom. Premda se neuralna pozadina jezika tradicionalno veže prvenstveno uz dorzalni dio čeonog režnja gdje je smješteno Brocino područje i temporalni režanj gdje se nalazi Wernickeovo područje, novije metode istraživanja pomogle su otkriti puno širu kortikalnu aktivaciju pri jezičnoj aktivnosti (Vigneau i sur., 2006), koja uključuje i prefrontalni korteks (Friederici i Gierhan, 2013; Friederici, 2012). Također, pokazalo se da je i kortikalna aktivacija pri aktivnostima izvršne kontrole puno šira te obuhvaća i klasično jezična područja, kao što je Brocino područje lijevog frontalnog inferiornog girusa (Vuong i Martin, 2015; Ye i Zhou, 2009). Takav uzorak aktivacije u skladu je i s teorijskim modelima komunikacije prema kojima i govornici i slušatelji moraju organizirati misli i akcije u skladu s unutrašnjim ciljevima, zbog čega se pretpostavlja da je izvršna kontrola uključena u različite aspekte jezika, od recepcije do proizvodnje (Ye i Zhou, 2009). S obzirom na kompleksnost jezika i izvršnih funkcija, točan mehanizam njihovog međudjelovanja još uvijek nije precizno opisan, no nove tehnologije, testovi i poboljšane metode ispitivanja ostavljaju prostor za napredak i detaljnije definiranje njihovog odnosa.

## 1. 1. Izvršne funkcije

### 1.1.1. Definiranje izvršnih funkcija

Počeci definiranja izvršnih funkcija smještaju se u sedamdesete godine prošlog stoljeća, kada je 1973. Luria pretpostavio postojanje triju funkcionalnih jedinica mozga, od kojih je jednoj pripisao aktivnosti programiranja, kontroliranja i nadgledanja ostalih procesa.

Neuroanatomski ju je povezao s prefrontalnim korteksom, a njenu ulogu je jednom riječju nazvao izvršnom, što predstavlja prvi konkretniji opis izvršnih funkcija (Ardila, 2008).

Unatoč učestalosti kojom se danas spominje u neuropsihološkoj literaturi, mehanizmi izvršnih funkcija još uvijek nisu do kraja objašnjeni, zbog čega koncept izvršnih funkcija još uvijek nema formalnu i općeprihvaćenu definiciju (Jurado i Rosselli, 2007, Friedman i sur., 2008; Miyake i sur., 2000).

Pojedini autori sastavnice izvršnih funkcija vide kao kognitivne funkcije više razine (Friedman i sur., 2008; Salthouse, Atkinson i Berish, 2003), koje su uključene u kontroliranje i regulaciju kognitivnih procesa niže razine i kompleksnog (Friedman i sur., 2008), cilju i budućnosti usmjerenog (Carmen, 2015), učinkovitog i kontekstualno prikladnog (Salthouse i sur., 2003) ponašanja. Prema Burgess (2010) se radi o puno širem nizu adaptivnih sposobnosti koje uključuju kreativno i apstraktno mišljenje, introspekciju te sve procese koji omogućavaju osobi da otkrije što želi, načine na koje može to dobiti te da ih naposljetku i ostvari.

Pri definiranju izvršnih funkcija u novijoj literaturi također je čest izraz "krovni termin" (Huizinga, Dolan i van der Molen., 2006; Xu i sur., 2013; Chan, Shumb, Toulopoulou i Chen, 2008), koji predočava kako različiti autori pod tim terminom obuhvaćaju širok i raznolik raspon kognitivnih procesa koji služe cilju usmjerenom ponašanju, osobito u novim i zahtjevnim situacijama (Chan i sur., 2008). Primjerice, neki od procesa obuhvaćenih tim terminom su usmjeravanje pažnje, kognitivna fleksibilnost, promjena mentalne udešenosti, kognitivna inhibicija, voljna kontrola, svrhovite radnje, zadržavanje mentalne udešenosti, radno pamćenje, planiranje (Xu i sur., 2013), verbalno rasuđivanje, rješavanje problema, vremensku organizaciju ponašanja, upotrebu povratnih informacija, istovremeno izvršavanje više zadataka (Chan i sur., 2008), verbalnu fluentnost (Jurado i Rosselli, 2007), kreativno i apstraktno mišljenje, introspekciju (Burgess, 2010).

Unatoč prevladavajućim varijacijama u definiranju, među različitim definicijama postoje i zajednički elementi koji dobro obuhvaćaju suštinu izvršnih funkcija. Među autorima postoji slaganje o njihovoj kompleksnosti, kao i o njihovoj važnosti za ljudsku sposobnost prilagodbe okolini. U okolini koja se neprestano mijenja, izvršne funkcije omogućavaju praćenje promjena kroz brzo mijenjanje načina razmišljanja i prilagođavanje različitim situacijama, uz istovremenu inhibiciju neprikladnih ponašanja. U konačnici, one omogućavaju cilju usmjereno ponašanje koje se ostvaruje kroz stvaranje plana, započinjanje njegovog provođenja i zadržavanja na zadatku do njegovog izvršenja (Jurado i Rosselli, 2007).

Izvršna kontrola je dugo smatrana jedinstvenom sposobnošću, za čije je mjerenje dovoljan jedan opći "zadatak čeonog režnja" (Carmen, 2015). S vremenom se počelo shvaćati kako je to ipak pojednostavljeno shvaćanje te da postoji veći broj kognitivnih funkcija koje upravljaju našim ponašanjem. Na temelju suprotstavljenih shvaćanja razvile su se teorije koje govore o jedinstvenom konstruktu izvršnih funkcija kao i teorije koje govore o nejedinstvenosti izvršnih funkcija (Xu i sur., 2013). Nejasna situacija po tom pitanju potaknula je tijekom posljednjeg desetljeća velik broj istraživanja, koja su većinom davala dvosmislene rezultate (Jurado i Rosselli, 2007). Zaključci novijih neuropsiholoških i bihevioralnih istraživanja ipak objašnjavaju dvosmislene rezultate predstavljajući svojevrsni kompromis između dvije suprotstavljene teorije - organizacija izvršnih funkcija se najbolje može objasniti kao skup odvojenih, ali umjereno povezanih sposobnosti (Friedman i sur., 2008; Miyake i sur., 2000; Xu i sur., 2013; Huizinga i sur., 2006). Naime, rezultati su pokazali umjerenu korelaciju između sastavnica koja ukazuje na jedinstvenost konstrukta, ali istovremeno i odvojenost na razini latentnih varijabli, koja ukazuje na nejedinstvenost (Miyake i sur., 2000).

Potpora tom zaključku dolazi i od genetičkih istraživanja, koja pokazuju da je takva organizacija izvršnih funkcija gotovo u potpunosti genetičkog porijekla (Friedman i sur.,

2008). Ti rezultati objašnjavaju da je uzrok povezanosti izvršnih funkcija utjecaj visoko nasljednog (99%) zajedničkog faktora, dok su izvor raznolikosti dodatni genetički utjecaji, posebni za svaku izvršnu funkciju. Trenutni zaključak različitih područja znanosti koja se bave ovom temom ukazuje na složenu prirodu izvršnog funkcioniranja unutar kojeg se može razabrati više sastavnica međusobno povezanih za sada nepoznatim zajedničkim faktorom.

### 1.1.3. Sastavnice izvršnih funkcija

Od niza sastavnica koje se navode u različitim definicijama, najčešće spominjane i ispitivane su kognitivna inhibicija, radno pamćenje i kognitivna fleksibilnost (Friedman i sur., 2008; Miyake i sur., 2000; Huizinga i sur., 2006; Xu i sur., 2013). Diamond i Ling (2016) tvrde kako izvršne funkcije inhibicijske kontrole, radnog pamćenja i kognitivne fleksibilnosti omogućavaju promišljanje prije djelovanja, odolijevanje iskušenjima ili impulzivnim reakcijama, zadržavanje fokusa, zaključivanje, rješavanje problema, fleksibilno prilagođavanje promijenjenim zahtjevima okoline ili prioritetima i promatranje stvari iz druge perspektive. Dodaju i da su te vještine ključne za uspjeh u svim aspektima života, nekad više i od inteligencije ili socioekonomskog statusa. Navedene tri sastavnice se prema pojedinim autorima mogu smatrati procesima niže razine koji zajedno sačinjavaju složene komponente izvršnih funkcija kao što je planiranje (Xu i sur., 2013). Zbog svoje prirode ti su procesi bolje definirani, a samim time i jednostavniji za ispitivanje od procesa višeg reda (Xu i sur., 2013).

#### 1.1.3.1. Kognitivna inhibicija

Kognitivna inhibicija se odnosi na sposobnost voljnog i kontroliranog zaustavljanja dominantnog, automatskog ili pripremljenog odgovora kada je to potrebno (Miyake i sur., 2000). Ona predstavlja složenu i važnu, ali još uvijek nedovoljno poznatu izvršnu funkciju čiji odnos s ostalim izvršnim funkcijama nije u potpunosti razjašnjen. Diamond (2013) kognitivnu

inhibiciju shvaća kao aspekt inhibicijske kontrole koji se odnosi na potiskivanje pripremljenih mentalnih reprezentacija koji je više povezan s izvršnom funkcijom radnog pamćenja nego s ostalim vrstama inhibicije. U inhibicijsku kontrolu uključuje kontrolu pažnje, ponašanja, misli i emocija u svrhu prevladavanja snažnih unutarnjih predispozicija kako bismo umjesto toga učinili ono što je prikladnije ili potrebnije, što u konačnici omogućava odabiranje reakcije i ponašanja umjesto prepuštanja impulsima, navikama i uvjetovanim odgovorima. S druge strane, prema najnovijim spoznajama (Im-Bolter, Johnson, Ling i Pascual-Leone, 2015), kognitivna inhibicija se razlikuje i od izvršnih funkcija s kojima se najčešće spominje, jer se pretpostavlja se da bi ona mogla biti zajednički faktor koji je u podlozi svih ostalih izvršnih funkcija (Miyake i sur., 2000; Im-Bolter i sur., 2015).

#### 1.1.3.2. Kognitivna fleksibilnost

Kognitivnu fleksibilnost kao varijablu u svom istraživanju Miyake i suradnici (2000) detaljnije nazivaju prebacivanje između višestrukih zadataka ili kognitivnih udešenosti. Taj naziv donekle opisuje i njenu ulogu, koja se najčešće shvaća kao oslobađanje od neprikladnog načina razmišljanja koji ne dovodi do rješenja problema i aktiviranje novih načina razmišljanja prikladnih trenutnoj situaciji (Diamond i Ling, 2016). Ona također omogućava učenje na temelju pogrešaka, stvaranje alternativnih strategija, dijeljenje pažnje, istovremenu obradu različitih izvora informacija (Anderson, 2001), rješavanje novih nepredviđenih izazova i iskorištavanje neočekivanih prilika (Diamond i Ling, 2016). Teškoće u području te domene kao posljedicu imaju velike teškoće u prilagodbi novim zahtjevima koji zahtijevaju promjenu uobičajnog načina rješavanja problema.

1.1.3.3. Radno pamćenje

Radno pamćenje predstavlja fleksibilni kognitivni resurs koji podrazumijeva skup procesa i mehanizama uključenih u privremenu pohranu i manipulaciju informacijama (Gathercole, 2007). Srž ove komponente je u nadziranju i kodiranju nadolazećih informacija, uz probiranje s obzirom na njihovu relevantnost, što za rezultat ima zamjenjivanje manje bitnih informacija novijima i bitnijima (Huizinga i sur., 2006). Osim radnog pamćenja kao takvog, kao sastavnica izvršnih funkcija se u literaturi pojavljuje i sastavnica naziva ažuriranje radnog pamćenja (Xu i sur., 2013; Miyake i sur., 2000; Friedman i sur., 2008). Prema nekim autorima (Huizinga i sur., 2006; Xu i sur., 2013) radi se o istoznačnici, dok se prema nekima radi o bliskim, ali ne identičnim konceptima (Friedman i sur., 2008). Miyake i suradnici (2000) opisuju zadatak te sastavnice kao ažuriranje i nadgledanje reprezentacija radnog pamćenja, pri čemu je glavni zadatak te sastavnice upravo u aktivnoj manipulaciji relevantnim informacijama u radnom pamćenju, a ne u pasivnom pohranjivanju. Drugačiju podjelu radnog pamćenja predlaže Baddeley (Gathercole i Baddeley, 1993), prema kojoj radno pamćenje čine tri podkomponente. Dvije su podređene – jedna specijalizirana za održavanje fonoloških informacija, nazvana fonološkom petljom, a druga specijalizirana za vizualne i prostorne informacije, nazvana vizuoprostornom crtankom. Njima upravlja središnji izvršitelj, nadređena komponenta koja potiskuje nerelevantne informacije kako bi spriječila njihovo ometanje radnog pamćenja, prebacuje pažnju i obnavlja sadržaj radnog pamćenja otpuštanjem informacija koje više nisu važne. Baddeleyev višekomponentni model predstavlja radno pamćenje kao teorijsko proširenje kratkoročnog pamćenja pri čemu ono ne uključuje samo privremenu pohranu informacija, nego i sposobnost aktivne manipulacije pohranjenim informacijama (Martin i Allen, 2008).

1.1.3.4. Planiranje

Planiranje se razlikuje od prethodne tri izvršne funkcije po tome što zbog svoje složenosti spada u funkcije višeg reda (Šimleša, 2013). Odnosi se na sposobnost identificiranja i organiziranja koraka i elemenata potrebnih za postizanje cilja (Lezak, 2004, prema Jurado i Rosselli, 2007), a navedena višeslojnost ju čini kompleksnijom za operacionaliziranje i ispitivanje od prethodno nabrojanih sastavnica (Miyake i sur., 2000; Carmen, 2015; Šimleša, 2013), što je ujedno i mogući razlog njenog rjeđeg spominjanja u literaturi.

### 1.1.4. Razvoj izvršnih funkcija

Neki autori vjeruju da razlika između odrasle osobe i djeteta uvelike izvire upravo iz promjena koje se događaju tijekom razvoja izvršnih funkcija (Denckla, 1999, prema Jurado i Rosselli, 2007). Primjerice, reakcije dojenčadi su vezane za sadašnjost i neposrednu okolinu, dok već predškolska djeca imaju sposobnost za razmišljanje o prošlosti i planiranje budućnosti, kao i reprezentaciju različitih aspekata problema i odabir najbolje opcije (Zelazo, 2004), što je omogućeno razvojem i postupnom diferencijacijom izvršnih funkcija. Tijek razvoja izvršnih funkcija kroz djetinjstvo može se povezati s opaženim anatomskim promjenama nastalim uslijed maturacije čeonog režnja (Šimleša i Cepanec, 2008), kao i fazama kognitivnog razvoja koje je opisao Piaget (Šimleša, 2013).

No taj se razvoj ne odvija homogeno. Pokazalo se da različite izvršne funkcije imaju različite razvojne putanje (Šimleša i Cepanec, 2008; Jurado i Rosselli, 2007) i vrijeme sazrijevanja, tako da se neke od njih u potpunosti razvijaju tek u ranoj odrasloj dobi. Osim u razvoju, heterogenost se primjećuje i pri opadanju pojedinih izvršnih funkcija (Jurado i Rosselli, 2007; Janssen, van Aken, De Mey, Witteman, Cilia i Egger, 2013), za koje se smatra da počinju opadati prije nego ostale kognitivne funkcije (Jurado i Rosselli, 2007). Potvrđeno je da postoji razlika u rješavanju zadataka izvršnih funkcija između odraslih osoba srednje odrasle dobi i

onih starije odrasle dobi na većini izvršnih funkcija (Carmen, 2015). Osjetljiviji mjerni instrumenti (kao što je CANTAB) pokazuju da promjene u vidu opadanja izvršnih funkcija počinju već u dobi između 50 i 64 godina (Janssen i sur., 2013). Kao i kod razvoja izvršnih funkcija, i u opadanju je moguće povući paralele između opadanja rezultata na pojedinim funkcijama i anatomskih promjena čeonog režnja i slabljenja njegovih veza s drugim dijelovima mozga (Jurado i Rosselli, 2007; Janssen i sur., 2013). Sve u svemu, izvršne funkcije su dinamičan konstrukt koji se mijenja tijekom cijelog života. Najveće promjene događaju se tijekom djetinjstva, suptilnije promjene u vidu opadanja događaju se već u srednjoj i starijoj odrasloj dobi te značajnije u starosti, dok rana odrasla dob predstavlja najstabilnije razdoblje za sve sastavnice izvršnih funkcija.

## 1.2. Jezična obrada

Strukturu jezika obilježava nekoliko razina obrade, a česta podjela prema načinima prenošenja značenja je u prenošenju putem leksikona (vokabulara) ili putem gramatike (morfosintakse) (Rosselli, Ardila, Matute i Vélez-Uribe , 2014). Gramatika, ili morfosintaksa predstavlja najnapredniji i najsloženiji aspekt jezika (Chomsky, 1965, Bickerton, 2007, prema Ardila, 2016). Ona se definira kao skup pravila koja upravljaju oblikovanjem riječi (morfologijom) i rečenica (sintaksom) u određenom jeziku (Ardila, 2016). Razvojno, obrada rečenica se kreće od *bottom-up* prema *top-down* načinu procesiranja, dostižući punu zrelost i mogućnost obrade najsloženijih rečenica tek u ranoj odrasloj dobi (Skeide i Friederici, 2016). Također, tijekom razvoja dolazi do neuroanatomskog odvajanja područja uključenih u obradu sintakse i semantike, čime dolazi do veće specifičnosti i preciznosti u obradi obiju jezičnih sastavnica (Skeide i Friederici, 2016). Iako se određene promjene izazvane starenjem mogu opaziti, općenito gledano, jezične sposobnosti su manje osjetljive na starenje od neverbalnih sposobnosti (Rosselli i sur., 2014). Rječničko znanje jedna je od rijetkih kognitivnih vještina

koja ostaje relativno netaknuta tijekom odrasle dobi (Gathercole i Baddeley, 1993). Za razliku od mnogih koje dostižu vrhunac u dvadesetim godinama, osnovni rječnik nastavlja rasti i dostiže ga tek u dobi od oko 35 godina, napredni rječnik u dobi od 45, a do opadanja dolazi tek postupno i u vrlo kasnoj dobi (Gathercole i Baddeley, 1993).

Smatra se da gramatika jezika zahtijeva strategije mišljenja i rasuđivanja, dok rječničko znanje uključuje sustave kategorizacije i konceptualizacije (Ardila, 2016). Za razumijevanje jezika, odnosno obradu rečenica, potrebno je integrirati različite izvore informacija (Vuong i Martin, 2015). Informacije o entitetima, radnjama i svojstvima dolaze iz rečenične semantike, dok se informacije o odnosima između navedenih elemenata dobivaju iz morfosintakse (Vuong i Martin, 2015). S obzirom da je sve te informacije u govornom jeziku potrebno prikupiti na temelju prolaznog akustičkog signala, pretpostavlja se da je za njihovu integraciju i tumačenje potrebno uključivanje izvršnih funkcija (Vuong i Martin, 2015; Gathercole, 2007.).

## 1. 3. Izvršne funkcije i jezik

Odnos izvršnih funkcija i jezika predstavlja samo jedan aspekt općenitijeg i još uvijek nerazjašnjenog pitanja o odnosu kognicije i jezika. Harley (2001) u svom pregledu navodi četiri mogućnosti koje bi predstavljale odgovor na to pitanje i od kojih svaka ima svoje zagovaratelje. Za početak, moguće je da razvoj kognicije određuje razvoj jezika, odnos kojeg je pretpostavio Piaget. Prema Saphir-Whorfovoj hipotezi odnos je obrnut te je jezik taj koji utječe na kogniciju. Zatim je moguće da su jezik i kognicija međusobno neovisni, što je stav Noama Chomskog i njegovih zagovaratelja. I naposljetku, moguć je složen odnos kojeg je prvi pretpostavio Vygotsky, u kojem su kognicija i jezik inicijalno nepovezani, ali s razvojem postaju povezani i počinju utjecati jedno na drugo. Davanje odgovora na pitanje o vezi

između jezika i izvršnih funkcija doprinijelo bi i rasvjetljavanju postojeće debate o povezanosti jezika i kognicije.

Pojava jezika i izvršne kontrole važna su točka u tijeku ljudske evolucije. Literatura koja se bavi tom tematikom drži da su razvoj izvršnih funkcija i razvoj jezika usko povezani (Adornetti, 2016; Ardila, 2008; Coolidge i Wynn, 2001; Ardila, 2016), a nedoumice postoje kod pokušaja preciziranja njihovog odnosa. Jedna mogućnost jest da je jezik posredovao razvoju izvršnih funkcija. Ardila (2008) pretpostavlja da je za razvoj izvršnih funkcija bilo potrebno neko 'sredstvo konceptualizacije', kao što je jezik, koje bi posredovalo razvoju izvršnih funkcija. Pri tome se poziva i na Vygotskog, koji iako ne govori u smislu evolucije, smatra da se jezik i kognicija razvijaju neovisno, ali da u jednom trenutku, oko druge godine života, jezik postaje posrednik razvoja viših kognitivnih funkcija putem unutarnjeg govora.

Druga mogućnost je da su izvršne funkcije prethodile razvoju jezika, koju potkrepljuju arheološki nalazi prvih alata iz doba kada jezik još nije bio razvijen, a za čiju izradu se smatra da je bilo potrebno imati razvijeno planiranje, organizaciju, radno pamćenje za zadržavanje ciljeva pri njihovom provođenju, inhibiranje u iščekivanju krajnjeg rezultata i druge oblike izvršnih funkcija (Adornetti, 2016). Potaknuta takvim dokazima razvila se narativna teorija razvoja jezika prema kojoj izvršni procesi koji su u podlozi izrade alata su i u podlozi razvoja diskursa - obje aktivnosti su organizirane u *top-down* obliku, gdje glavni cilj vodi organizaciju podciljeva (Adornetti, 2016). U skladu s time, izvršne funkcije su se, osim za izradu alata, počele koristiti i u komunikacijske svrhe, u ranim proto-diskursima, iz kojih se tek kasnije, zbog potrebe za preciznijim komuniciranjem, razvio gramatički sustav jezika (Adornetti, 2016).

U novijim radovima Ardila (2016) pretpostavlja da su jezik i izvršne funkcije evoluirali paralelno. Zajednički preduvjet njihovog razvoja bila je sposobnost percepcije radnje, kao nečega što se mijenja i što obuhvaća koncepte "prije" i "poslije". U prilog tome ide i centralna

uloga koju glagoli, koji predstavljaju radnje, imaju u gramatici rečenice. Prema tome, sposobnost percepcije radnje bila je nužna za razvoj vremenske organizacije, za koju se pretpostavlja da je u podlozi i gramatike jezika i izvršnih funkcija. (Harley, 2001). U svakom slučaju, iako točan evolucijski tijek razvoja izvršnih funkcija i jezika ostaje nepoznat, zajedničko je različitim teorijama da upućuju na povezanost i interakciju između ta dva konstrukta.

### 1.3.2. Mehanizmi interakcije izvršnih funkcija i jezika

Pretpostavlja se da je izvršna kontrola uključena u različite aspekte jezične obrade, koja uključuje aktivaciju i inhibiciju informacija (Lev-Ari i Keysar, 2014). Primjerice, kod jezične proizvodnje govornik će koristiti izvršne funkcije kako bi odabrao riječ koja odgovara konceptu kojeg ima na umu. Dvojezični govornik će morati izabrati između više mogućnosti i još k tome potisnuti opciju iz alternativnog jezika. Slušatelju će izvršne funkcije biti potrebne pri koordinaciji mnogobrojnih jezičnih procesa potrebnih da bi se došlo do razumijevanja poruke, što posebno dolazi do izražaja u situacijama kada je poruka dvosmislena, neočekivana ili nejasna (Ye i Zhou, 2009). Zbog opisanih slojevitih interakcija, autori Ye i Zhou (2009) jezične procese i izvršne funkcije shvaćaju kao mrežu, odnosno međusobno isprepletene, a ne izolirane funkcije mozga. Oni smatraju kako tijekom komunikacije izvršne funkcije, posredovane mrežom frontalnih, parijetalnih i subkortikalnih struktura, djeluju tako da pri jezičnoj proizvodnji odabiru prave riječi potiskujući alternativne te da pri jezičnom razumijevanju odabiru najvjerojatniju interpretaciju složenijih rečenica.

Rečenično razumijevanje jedna je od sastavnica jezične obrade u kojoj izvršne funkcije imaju potencijalno važnu ulogu (Novais-Santos i sur., 2007). Dvokomponentni model opisuje sustav čiju jezgru čine mehanizmi sintaktičkog procesiranja, koji prema potrebi aktiviraju

drugu komponentu koja u zahtjevnijim situacijama služi kao potpora jezgrenim procesima, a koju čine izvršne funkcije (Friederici, 2002).

Mentalna reprezentacija značenja rečenice stvara se postupno (Novais-Santos i sur., 2007). Kako se rečenica odvija, svaka sljedeća riječ se uklapa u interpretaciju u nastajanju (Novais-Santos i sur., 2007). Detaljnije o načinima odvijanja rečeničnog procesiranja govore dvije teorije nastale prema dvokomponentnom modelu, koje na različite načine objašnjavaju i ulogu izvršnih funkcija; teorija serijskog i teorija paralelnog procesiranja (Novais-Santos i sur., 2007). Kod paralelnog sintaktičkog procesiranja se pri analiziranju rečenice stvaraju višestruke reprezentacije svih mogućih rečeničnih struktura koje se zadržavaju i uspoređuju te se odabire najvjerojatnija interpretacija. Za potrebno zadržavanje informacija aktivnima i njihovo obrađivanje koristi se mehanizam radnog pamćenja (Novais-Santos i sur., 2007).

Serijsko procesiranje je povezano s planiranjem i donošenjem trenutnih odluka o najvjerojatnijoj interpretaciji. Dok paralelno procesiranje obrađuje i zadržava sve moguće interpretacije, serijsko jednostavno slijedi najvjerojatniju opciju, čime smanjuje opterećenje radnog pamćenja, ali povećava zahtjeve za izvršnom funkcijom planiranja (Novais-Santos i sur., 2007).

Različiti autori procese izvršnih funkcija povezuju s rečeničnim procesiranjem na različite načine. Gathercole (2007) navodi kako je moguće da pri razumijevanju rečenica privremeni kapacitet radnog pamćenja podržava procese rečenične obrade bez obzira na složenost, dok funkcije kognitivne inhibicije i kognitivne fleksibilnosti, koje upravljaju fokusom pažnje, djeluju u situacijama kada dolazi do nedoumica u obradi i tumačenju složenijih rečenica, kao što su dvosmislene rečenice ili vijugajuće (eng. *garden-path)* rečenice (Vuong i Martin, 2015), omogućavajući tako ponovljenu analizu i provjeru prvotnog tumačenja (Zakariás, Keresztes, Marton, i Wartenburger, 2016). Razvoj te sposobnosti pokazao se povezanim s

maturacijskim promjenama prefrontalnog korteksa koje se događaju tijekom razvoja (Ye i Zhou, 2009).

Hipoteza kontrole pretpostavlja kako je tijekom reinterpretacije izvršna kontrola potrebna za nadjačavanje prvotne interpretacije. Tek kada se ona potisne, moguće je prebaciti se na novo, aktualnije značenje rečenice (Vuong i Martin, 2015). Prema toj i sličnim hipotezama, teškoće u interpretaciji vijugajućih rečenica proizlaze iz povećanih zahtjeva na izvršne funkcije.

Što se tiče veze izvršnih funkcija s rječnikom, ona se većinom povezuje s rječničkom produkcijom. U tom odnosu one ne služe samo za potiskivanje neodgovarajućih riječi i odabir odgovarajuće, nego i za kontrolirani pristup leksičkim informacijama pohranjenima u semantičkom pamćenju (Badre i Wagner, 2007, prema Ye i Zhou, 2009). Kada je veza između ključa označivača (eng. cue) i željene riječi relativno slaba, automatski procesi dohvaćanja nisu dovoljni za pristupanje relevantnoj informaciji, zbog čega je potrebno voljno pretražiti semantičko pamćenje da bi se dohvatila ciljana riječ, pri čemu sudjeluju izvršne funkcije (Ye i Zhou, 2009). Lev-Ari i Keysar (2014) su istraživali vezu izvršnih funkcija i rječničkog razumijevanja homonima. Pokazalo se kako se pri njihovoj obradi automatski uvijek prvo aktivira njihovo dominantno značenje, koje se, ako je neprikladno s obzirom na kontekst rečenice, nakon toga potiskuje da bi se aktiviralo ono prikladno. U skladu s time, osobe s boljom izvršnom kontrolom će biti uspješnije u potiskivanju ometajućih informacija i dohvaćanju relevantnih, što će im omogućiti bržu obradu homonima, iz čega proizlazi da izvršne funkcije imaju ulogu u stvaranju jezičnih reprezentacija.

### 1.3.3. Istraživanja povezanosti izvršnih funkcija i jezika

Većina radova koji govore o odnosu izvršnih funkcija i jezika vezani su uz posebne populacije kao što su dvojezične osobe, djeca s posebnim jezičnim teškoćama ili su vezani uz usvajanje jezika.

Istraživanja dvojezičnosti su pokazala da baratanje dvama jezičnim sustavima kod dvojezičnih osoba ima pozitivan utjecaj i na nejezične vještine te je povezano s rezultatima poboljšane kognitivne kontrole u odnosu na jednojezične osobe, u vidu boljih rezultata kognitivne inhibicije i kognitivne fleksibilnosti (Kapa, 2013; Vujnović Malivuk i Palmović, 2015). Osobito značajnu ulogu u jezičnim procesima dvojezičnih osoba ima kognitivna inhibicija koja sudjeluje u prebacivanju između jezika (Fernandez, Acosta, Douglass, Doshi, Tartar, 2014).

Kod djece oštećena sluha slabije razvijene izvršne funkcije pripisivale su se prvenstveno auditivnoj deprivaciji. Ipak, kada su izdvojena djeca koja su govornici znakovnog jezika, pokazalo se da se ona nisu razlikovala od kontrolne skupine čujuće djece, što ukazuje na zaključak da bi uzrok slabijih rezultata na izvršnim funkcijama mogla biti jezična, a ne auditivna deprivacija (Hall, Eigsti, Bortfeld, i Lillo-Martin, 2016; Figueras, Edwards i Langdon, 2008).

Iako bi se posebne jezične teškoće (PJT) s obzirom na isključujući faktor očuvane inteligencije pri davanju dijagnoze mogli činiti kao protuargument za povezanost jezika i kognicije, istraživanja su pokazala kako u nekim kognitivnim procesima ipak postoje odstupanja (Kapa, 2013). U narušene kognitivne procese spadaju prvenstveno izvršne funkcije - fonološko radno pamćenje (Kapa, 2013), prostorno radno pamćenje (Marton, 2008), kognitivna fleksibilnost, kognitivna inhibicija (Im-Bolter i sur., 2006; Marton, 2008), ažuriranje radnog pamćenja (Im-Bolter i sur., 2006). Povezanosti izvršnih funkcija i jezika dodatno ide u prilog usporedba adolescenata s PJT-om, koja pokazuje kako se razlike u radnom pamćenju nastavljaju i u toj dobi (Kapa, 2013).

Izvršne funkcije imaju istaknutu ulogu tijekom jezičnog razvoja (Kapa, 2013). Istraživanje Weiland, Barata i Yoshikawa (2014) pokazalo je da su prediktivne za razvoj rječnika u predškolskoj dobi. Velike razlike u rječničkom znanju tijekom jezičnog usvajanja Gathercole

i Baddeley (1993) pripisuju različitom kapacitetu fonološkog radnog pamćenja te ga smatraju direktno povezanim s usvajanjem novih riječi. Kognitivna inhibicija i planiranje su se pokazali značajnim prediktorom jezičnog razumijevanja u dobi od 4 i 5 godina (Šimleša, 2013), a kognitivna fleksibilnost u dobi od 4, ali ne i 5 godina. Istraživanje Gooch, Thompson, Nash, Snowling, i Hulme (2016) pokazuje da se povezanost između izvršnih funkcija i jezika nastavlja i tijekom nižih razreda osnovne škole. Kod starijih ispitanika rezultati o povezanosti se ipak počinju razlikovati. Primjerice, Im-Bolter i suradnici (2015) su zaključili kako u dobi od 7-12 godina kognitivna inhibicija i fleksibilnost ipak nisu povezane s jezičnom kompetencijom (Im-Bolter i sur., 2006; 2015).

Izvršne funkcije su se pokazale povezanima i s učenjem novog jezika (Kapa, 2013). Kod predškolske djece je kognitivna fleksibilnost utjecala na usvajanje receptivnog vokabulara, dok je kod odraslih kognitivna inhibicija predviđala uspješnost u govornoj ekspresiji na novonaučenom jeziku. Istraživanja radnog pamćenja su pokazala da je ono povezano s jezikom i usvajanjem prvog jezika u dječjoj dobi (Fox, Berry, i Freeman 2014; Šimleša, 2013) i drugog jezika u odrasloj dobi (Jackson, 2016), i to u sastavnicama vokabulara (Fox i sur., 2014; Jackson, 2016), sintakse (Fox i sur., 2014), morfologije (Jackson, 2016) i jezičnog razumijevanja (Šimleša, 2013).

Analiza višestrukih istraživanja o međudjelovanju jezika i izvršnih funkcija donosi zaključak da je utjecaj obostran i promjenjiv s obzirom na dob (Kapa, 2013), što je razumljivo s obzirom da proces diferencijacije izvršnih funkcija traje sve do srednjeg djetinjstva, pa i adolescencije (Xu i sur., 2013), a funkcionalne promjene u neuralnoj aktivaciji se događaju i nakon kasne adolescencije, sve do razdoblja rane odrasle dobi (Veroude, Jolles, Croiset, i Krabbendam, 2013). Iz tog se razloga rezultati dobiveni na dječjem uzorku ne mogu

generalizirati, što je potrebno imati na umu pri proučavanju teme povezanosti izvršnih funkcija i jezika.

Jedna od izvršnih funkcija koja je najviše istraživana u odnosu s jezikom kod odraslih je radno pamćenje. Istraživanja koja prikazuje Harley (2001, prema Miyake, 1994) pretpostavljaju da je smanjeni kapacitet radnog pamćenja glavni uzrok teškoća u gramatičkom razumijevanju, iako s druge strane postoje istraživanja koja opovrgavaju tako visoku povezanost, pa čak i bilo kakvu vezu između radnog pamćenja i rečeničnog razumijevanja (Harley, 2001; Martin, Vuong i Crowther, 2007; Gathercole, 2007). Moguće je da odgovor između tih oprečnih rezultata leži u tome da veza postoji, ali do izražaja dolazi tek u obradi duljih i gramatički složenijih rečenica (Van Gompel i Pickering, 2007). Iz tog razloga se kao učestali način ispitivanja veze između izvršnih funkcija i jezika, odnosno jezičnog razumijevanja u odrasloj dobi koriste složene, najčešće dvosmislene i/ili vijugajuće rečenice. Tijekom čitanja ili slušanja takvih rečenica nailazi se na sintaktičku dvosmislenost koja završava neočekivanom interpretacijom, zbog čega su zahtjevne za obradu, što ih čini pogodnima za istraživanje specifičnosti procesa rečeničnog razumijevanja (Vuong i Martin, 2015). U skladu s time, studije oslikavanja mozga su pokazale kako stupanj aktivacije donjeg dijela čeonog korteksa tijekom obrade rečenica ovisi o složenosti i vrsti sintaktičke informacije, što se povezuje sa stupnjem opterećenja radnog pamćenja (Bornkessel-Schlesewsky i Friederici, 2007).

U obradi sintaktički složenih dvosmislenih rečenica Novais-Santos i suradnici (2007) su pronašli ulogu planiranja i radnog pamćenja, koji su potrebni kao potpora procesima rečeničnog razumijevanja. Ti podaci potvrđuju dvokomponentni model rečenične obrade koji pretpostavlja da se ona sastoji od jezgre zadužene za jezično procesiranje, ali i od izvršnih funkcija koje se aktiviraju prema potrebi, odnosno podupiru osnovne jezične procese u složenijim stimulusima.

Yoon i suradnici (2015) su dobili podatke koji pokazuju da je u starijoj odrasloj dobi s razumijevanjem složenih rečenica, kod kojih je složenost postignuta semantičkom neočekivanosti (npr. Pas je ugrizao čovjeka), povezana kognitivna inhibicija. Za kognitivnu fleksibilnost i radno pamćenje veza se nije pokazala značajnom. Park (2015) također nije pronašao vezu rečeničnog razumijevanja s radnim pamćenjem tijekom čitanja složenih sintaktički dvosmislenih rečenica, ali je utvrđena veza s kognitivnom inhibicijom i kognitivnom fleksibilnošću. Vijugajuće rečenice korištene su kao sredstvo za ispitivanje rečeničnog razumijevanja u istraživanju provedenom na osobama s oslabljenom izvršnom kontrolom uslijed oštećenja mozga, gdje se pokazalo da kognitivna inhibicija i kognitivna fleksibilnost imaju značajnu ulogu u rečeničnoj obradi, što se ponovno posebno očitovalo u dvosmislenim ili vijugajućim rečenicama (Vuong i Martin, 2015).

Što se tiče fonološkog kratkoročnog pamćenja, njegov utjecaj na jezično procesiranje odraslih se većinom pokazao vrlo ograničenim zbog mogućnosti brzog pristupa semantičkim reprezentacijama koje smanjuje potrebu za oslanjanjem na kapacitet fonološkog radnog pamćenja (Harley, 2001; Martin, i sur., 2007; Gathercole, 2007), ali zato ima veliku ulogu u rječničkom usvajanju novog jezika kod odraslih i općenito jezika kod djece (Harley, 2001).

Dosadašnja istraživanja izvršnih funkcija i jezika većinom su bila usredotočena na istraživanje dječje dobi te je značajna uloga koju izvršne funkcije imaju u svim aspektima jezičnog usvajanja dobro poznata. Ipak, s obzirom na razlike u povezanosti s obzirom na dob ispitanika, njihovu ulogu i odnos s jezikom potrebno je preispitati i u odrasloj dobi, kada razvoj jezika i izvršnih funkcija završava. Malobrojna istraživanja odrasle dobi po pitanju navedene povezanosti još uvijek ne donose jednoznačne zaključke o odnosu pojedinih izvršnih funkcija s jezikom. Za sada se pokazalo da se u većini slučajeva aktivacija izvršnih funkcija u odrasloj dobi mogla primijetiti tek obradi u jezično zahtjevnijih, složenih rečenica.

Međutim, međujezična istraživanja (Bornkessel-Schlesewsky i Friederici, 2007) su pokazala da se vrsta složenih rečenica koje aktiviraju radno pamćenje razlikuje s obzirom na jezik, što potvrđuje potrebu za preispitivanjem izvršnih funkcija i u odnosu na jezik u kojem se povezanost promatra. Sve navedeno ukazuje na potrebu za dodatnim istraživanjem odnosa izvršnih funkcija i jezika u odrasloj dobi.

Ye i Zhou (2009) u svom radu zaključuju kako postoji povezanost između sposobnosti pojedinca za rješavanjem lingvističkih nedoumica i sposobnosti za rješavanjem perceptivnih nedoumica, koje obje uključuju aktivaciju izvršnih funkcija. Stoga je na temelju razlika u sposobnosti rješavanja perceptivnih nedoumica moguće predvidjeti i razlike u razumijevanju rečenica, odnosno u kontroli nad različitim rečeničnim interpretacijama složenijih rečenica. Naglašavaju kako preostaje nastaviti s istraživanjima kako bi se specificirali kognitivni i neuralni mehanizmi aktivacije izvršnih funkcija u jezičnom procesiranju te kao kritičan problem vide detaljnije opisivanje uloge svake komponente izvršnih funkcija te njihovu interakciju s elementima jezičnog procesiranja. Ovo istraživanje nastoji se baviti razradom navedenog problema.

# 2. CILJ I PROBLEM ISTRAŽIVANJA

Uzimajući u obzir sve navedeno, cilj ovog istraživanja je doprinijeti spoznajama o jezičnoj obradi odraslih osoba utvrđivanjem povezanosti pojedinih sastavnica izvršnih funkcija s elementima jezične obrade.

U skladu s ciljem istraživanja, pobliže je određen i problem istraživanja: utvrđivanje povezanosti izvršnih funkcija (verbalnog radnog pamćenja, prostornog radnog pamćenja, fonološkog kratkoročnog pamćenja, planiranja, kognitivne fleksibilnosti i kognitivne

inhibicije) s rječničkim razumijevanjem, razumijevanjem gramatički jednostavnih rečenica i razumijevanjem gramatički složenih rečenica.

Na temelju proučene literature, cilja istraživanja i navedenih problema, oblikovane su sljedeće hipoteze:

H1: Varijable izvršnih funkcija koje obuhvaćaju verbalno radno pamćenje, prostorno radno pamćenje, fonološko kratkoročno pamćenje, planiranje, kognitivnu fleksibilnost i kognitivnu inhibiciju neće biti prediktivne za receptivni rječnik.

H2: Varijable izvršnih funkcija koje obuhvaćaju verbalno radno pamćenje, prostorno radno pamćenje, fonološko kratkoročno pamćenje, planiranje, kognitivnu fleksibilnost i kognitivnu inhibiciju neće biti prediktivne za razumijevanje gramatički jednostavnih rečenica.

H3: Varijable izvršnih funkcija koje obuhvaćaju verbalno radno pamćenje, prostorno radno pamćenje, fonološko kratkoročno pamćenje, planiranje, kognitivnu fleksibilnost i kognitivnu inhibiciju bit će prediktivne za razumijevanje gramatički složenih rečenica.

# 3. METODOLOGIJA

## 3.1. Sudionici istraživanja

Podaci su prikupljani u sklopu projekta Jezična obrada u odraslih govornika, Hrvatske zaklade za znanost, u razdoblju od prosinca 2015. do prosinca 2016. godine. U ovo istraživanje uključeni su podaci ukupno 30 osoba, od čega podjednako muškaraca i žena, raspona dobi od 21 do 37 godina. S obzirom da se izvršne funkcije razvijaju sve do kasne adolescencije (Xu i sur., 2013; Veroude i sur., 2013), a promjene povezane sa starenjem se počinju događati već u srednjoj odrasloj dobi (Janssen i sur., 2013), odabrani su podaci osoba u dobi između 20 i 40 godina, kako bi se obuhvatilo razdoblje u kojem su izvršne funkcije razvojno najstabilnije.

Sudionici istraživanja su osobe urednog neurološkog i psihičkog statusa, urednog vida i sluha te uredne inteligencije, testirane Ravenovim progresivnim matricama (Raven, 1995).

Osnovni podaci o sudionicima istraživanja nalaze se u tablici 1.

*Tablica 1*

Obilježja sudionika istraživanja

| | | |
|---|---|---|
| Broj ispitanika | N | 30 |
| Spol | M | 15 |
| | Ž | 15 |
| Kronološka dob | M | 28,11 |
| | MIN | 21,05 |
| | MAX | 36,11 |
| | SD | 5,704 |
| Obrazovanje | OSS/SSS | 3 |
| | VŠS/VSS | 26 |
| | Magisterij/doktorat | 1 |

## 3.2. Mjerni instrumenti

### 3.2.1. Testovi izvršnih funkcija

Za ispitivanje izvršnih funkcija korišteni su baterija testova CANTAB (eng. Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery - CANTAB) te zadatak pamćenja brojeva unaprijed i unazad iz WAIS-III (Wechsler, 1997). CANTAB Research Suite je program za kognitivnu procjenu koji se sastoji od 24 zadatka koji ispituju različite kognitivne domene (Cambridge Cognition). Široko je primjenjiv jer je neovisan o jeziku i kulturi te se može koristiti za procjenu zdravih osoba i pacijenata u dobi od 4 do 90 godina. Zadaci se izvršavaju putem zaslona na dodir. Za potrebe ovog istraživanja odabrana su četiri zadatka koji ispituju izvršne funkcije.

#### 3.2.1.1. Radno pamćenje

##### 3.2.1.1.1. Verbalno radno pamćenje

Verbalno radno pamćenje ispitano je podljestvicom Raspon pamćenja brojeva za pamćenje brojeva unaprijed i unatrag koja je sastavni dio Wechslerovog testa inteligencije za djecu treće izdanje WAIS-III (Wechsler, 1997). Podljestvicu čine dvije liste nasumičnih brojeva, raspona znamenki od 2 do 9 za pamćenje brojeva unaprijed te od 2 do 8 znamenki za pamćenje brojeva unatrag, koje ispitivač čita samo jednom.

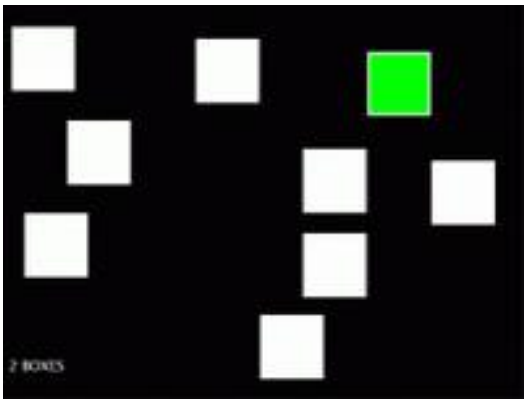
Pamćenje brojeva unaprijed zahtijeva kratko zadržavanje i ponavljanje verbalnog materijala što zahtijeva aktivnost fonološke petlje. Zadatak sudionika je zapamtiti sve znamenke koje mu se pročitaju i nakon nekoliko sekundi ih ponoviti istim redoslijedom. Počinje se s rasponom od 2 znamenke, koji se postupno povećava ako sudionik točno ponovi barem jedan od dva niza s jednakim brojem znamenki. Zadatak se prekida ako sudionik u određenom rasponu ne ponovi niti jedan od dva zadana niza. Rezultat je izražen u najvećem nizu znamenki koji je sudionik mogao zapamtiti.

Zadatak pamćenja brojeva unatrag zahtijeva uz zadržavanje, i manipulaciju verbalnim materijalom te je stoga, uz fonološku petlju, potrebna i aktivnost središnjeg izvršitelja. Postupak je jednak prethodnom zadatku uz razliku što zahtijeva od sudionika da zadani niz znamenki ponovi obrnutim redoslijedom; od zadnje prema prvoj.

##### 3.2.1.1.2. Prostorno radno pamćenje

Prostorno radno pamćenje ispitano je zadatkom Prostornog raspona CANTAB baterije testova (Spatial Span - SSP). Tijekom zadatka na ekranu su prikazani bijeli kvadrati od kojih pojedini kvadrati kratko promijene boju određenim redoslijedom. Od sudionika se zahtijeva da zapamti kojim redoslijedom su kvadrati mijenjali boju te nakon zvučnog signala istim redoslijedom dotakne kvadrate na ekranu. Broj kvadrata koji mijenjaju boju kreće od 2

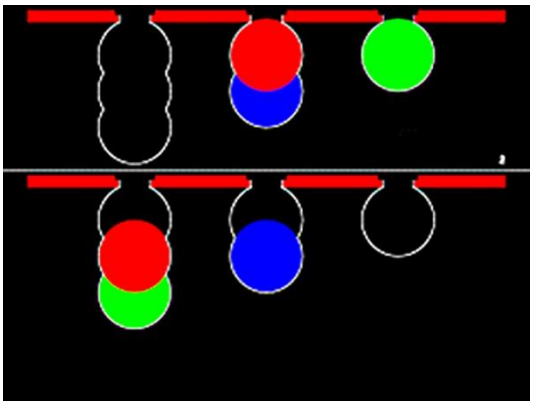
kvadrata te se nakon točno upamćenog raspona taj broj povećava do maksimalno 9 kvadrata. Zadatak se prekida kada sudionik tri puta zaredom pogriješi na istom broju kvadrata. Rezultat se izražava u najvećem zapamćenom broju kvadrata.




*Slika 1*. Prikaz zadatka Prostorni raspon (Cambridge Cognition)

3.2.1.2. Prostorno planiranje

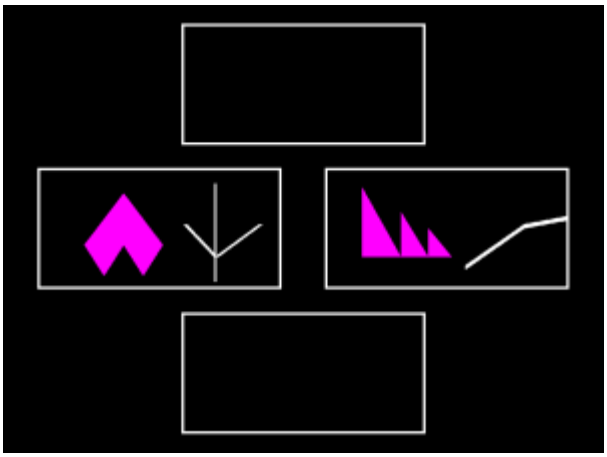
Prostorno planiranje ispitano je zadatkom Kembričke čarape CANTAB baterije testova (Stockings of Cambridge - SOC). Tijekom zadatka na ekranu su prikazane dvije iste slike, koje se razlikuju po razmještaju kuglica. Svaka slika sadrži tri stupca različite veličine unutar kojih su na različit način raspoređene tri kuglice različitih boja. Zadatak sudionika je pomicanjem kuglica na donjem prikazu postići da budu jednake kuglicama na gornjem prikazu. Kuglice se pomiču jedna po jedna, broj pokreta je ograničen, a pravila pomicanja nalažu da se kuglica ne može pomaknuti ako je ispod druge kuglice. Uspješnim rješavanjem složenost zadataka se povećava te je potreban sve veći broj pokreta da bi se kuglice točno posložile. Vrijeme i broj pokreta potrebnih za izvršenje zadatka uzimaju se kao mjera sudionikove sposobnosti planiranja.



*Slika 2*. Prikaz zadatka Kembričke čarape (Cambridge Cognition)

3.2.1.3. Kognitivna fleksibilnost

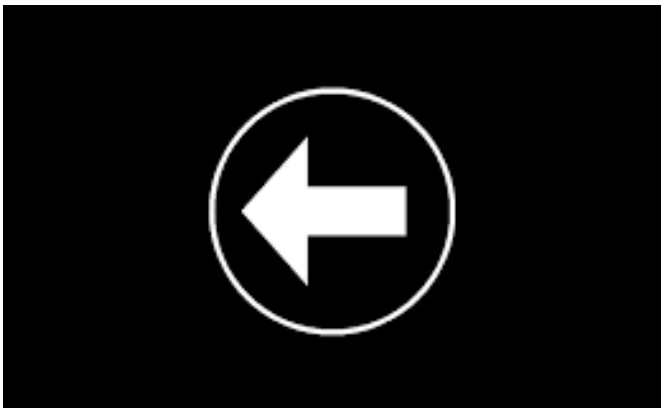
Kognitivna fleksibilnost ispitana je zadatkom Unutardimenzijsko-izvandimenzijske promjene CANTAB baterije testova (Intra-Extra Dimensional Set Shift - IED), koji zahtijeva uočavanje pravila i promjene pravila. Test se temelji na poznatom Wisconsin testu razvrstavanja karata (eng.Wisconsin Card Sorting Test) korištenom u istraživanjima izvršnih funkcija (Cambridge Cognition). Tijekom zadatka su na računalu prikazana četiri pravokutnika u kojima se na dva mjesta istovremeno pojavljuju obojeni oblici ili bijele linije, koji predstavljaju dvije dimenzije koje se koriste u testu. Jednostavni podražaji se temelje na samo jednoj dimenziji, a složeni na obje. Zadatak počinje prikazom samo obojenih oblika, a ispitanik otkriva koji je točan dodirom jednog od oblika, nakon čega dobiva povratnu informaciju o tome je li odabrao točan ili pogrešan oblik. Iz povratne informacije bi ispitanik trebao naučiti koji je podražaj točan te se nakon šest točnih odabira pravilo i/ili podražaj mijenjaju. Te promjene su većinu zadatka unutardimenzijske te je obojeni oblik jedina važna dimenzija, no kod zadnja dva stupnja dolazi do izvandimenzijske promjene kada odjednom bijele linije postaju jedina važna dimenzija, što sudionik mora primijetiti. Vrijeme rješavanja je neograničeno, a rezultat se izražava kao broj pogrešaka te broj najvišeg stupnja koji je sudionik prešao.



*Slika 3*. Prikaz zadatka Unutardimenzijsko-izvandimenzijska promjena (Cambridge Cognition)

3.2.1.4. Kognitivna inhibicija

Inhibicija odgovora se ispituje zadatkom Zaustavljanja signala CANTAB baterije testova (Stop Signal Task - SST). Tijekom zadatka na ekranu se uzastopno prikazuju strelice koje pokazuju na lijevu ili desnu stranu, pri čemu se od ispitanika traži da što brže pritisne odgovarajuću tipku – lijevu ako strelica pokazuje lijevo ili desnu ako pokazuje desno. U prvom dijelu se traži samo da što brže pritiskom tipke odgovori na prikazanu strelicu, dok se u drugom dijelu prikazanim strelicama nasumično pridružuje zvučni signal, u slučaju kojeg se ne smije pritisnuti niti jedna tipka. Nakon svakog od pet blokova se prikazuje graf koji sudioniku govori o njegovoj brzini, nakon čega dobiva uputu da u nastavku pokuša biti brži, ali svejedno pazeći da ne pogriješi u slučaju zvučnog signala. Rezultat je izražen kao proporcija, odnosno omjer uspješnog zaustavljanja u odnosu na ukupan broj situacija sa zvučnim signalom koje su to zahtijevale.



*Slika 4.* Prikaz zadatka Zaustavljanje signala CANTAB baterije testova (Cambridge Cognition)

### 3.2.2. Jezični testovi

Za ispitivanje jezika korišteni su testovi koji su prilagođeni i normirani za hrvatski jezik. Za dobivanje mjere rečeničnog razumijevanja korišten je Test razumijevanja gramatike – druga verzija (TROG-2:HR) (Bishop, Kuvač Kraljević, Hržica i Kologranić Belić, 2003), dok je za mjerenje rječničkog razumijevanja korišten Peabody slikovni test rječnika (PPVT-III HR) (Dunn, Dunn, Kovačević i sur., 2010).

#### 3.2.2.1. Gramatičko razumijevanje

Test razumijevanja gramatike – druga verzija (TROG-2:HR), receptivni je jezični test kojim se procjenjuje razumijevanje hrvatske gramatike s obzirom na fleksiju, funkcionalne riječi i redoslijed riječi. Sastoji se od 80 ispitnih čestica, podijeljenih u 20 blokova. Svaka čestica sadrži rečenicu uz koju su ponuđene četiri slike, među kojima ispitivana osoba treba odabrati sliku koja odgovara rečenici koju je ispitivač pročitao. Slika koja odgovara zadanoj rečenici suprotstavljena je s tri slike čije se rečenice razlikuju u gramatičkom ili leksičkom elementu te koje služe kao distraktori. Odgovore bilježi ispitivač, a da bi blok bio uspješno riješen, potrebno je točno odgovoriti na sve četiri čestice unutar njega. Nakon pet uzastopno pogrešno riješenih čestica, ispitivanje se prekida. Za potrebe ovog istraživanja rečenične su strukture

tijekom obrade rezultata podijeljene s obzirom na složenost na jednostavne i složene rečenice (Tablica 2).

*Tablica 2*

Strukture jednostavnih i složenih rečenica iz TROG-2;HR

| **Strukture jednostavnih rečenica** | **Strukture složenih rečenica** |
|---|---|
| Rečenice s dva člana | Izravni anaforički odnosi |
| Rečenice s negacijom | Atributne odnosne rečenice (subjekt) |
| Rečenice s *u* i *na* | Naknadna izmjena subjekta |
| Glagolski vid | Relativna uporaba prezenta |
| Rečenice s tri člana (SPO) | Atributne odnosne rečenice (objekt) |
| Rečenice s četiri člana | Umetnute rečenice |
| Rečenice s komparacijom | |
| Rečenice s tri člana | |
| Zamjenice u jednini i množini | |
| Rečenice s *iznad* i *ispod* | |
| Rečenice s dvostrukom negacijom | |
| S i O u jednini ili množini | |
| Rečenice s instrumentalom | |
| Označivači količine | |

3.2.2.2. Rječničko razumijevanje

Peabody slikovni test rječnika (PPVT-III-HR) je test širokog raspona koji služi kao mjera receptivnog (slušnog) poznavanja rječnika. Test sadrži 17 setova od po 12 zadataka složenih po težini, od lakših prema težima. Svaki se zadatak sastoji od 4 crno-bijele ilustracije koje ispitivač pokazuje ispitaniku izgovarajući pri tome riječ. Zadatak ispitanika je odabrati sličicu koja najbolje prikazuje značenje zadane riječi. Od četiri ponuđene slike tri su distraktora (fonološki ili semantički). Test ne počinje prvim setom zadataka, nego se početni niz pretpostavlja s obzirom na dob ispitanika te potom testira. Ukoliko ispitanik u nizu koji odgovara njegovoj dobi ne pogriješi više od jednog puta, ispitivanje se nastavlja se prema težim nizovima. Ako pogriješi, prelaskom na lakše nizove se traži ispitanikov početni niz, u

kojem ispitanik ne griješi više od jednom. Nakon pronalaska početnog niza, ispitivanje se nastavlja dok ispitanik u prvom sljedećem nizu ne napravi 8 ili više pogrešaka.

## 3. 3. Postupak

Sudionici su ispitivani individualno u Laboratoriju za psiholingvistička istraživanja (POLIN). Ispitivanje je prosječno trajalo između 90 i 120 minuta. Prije provođenja ispitivanja sudionici su upoznati s istraživanjem te su ispunili pristanak na istraživanje. Kako bi se kontrolirali serijalni efekti, dio ispitanika ispitan je prvo jezičnim testovima, a drugi dio prvo testovima za procjenu izvršnih funkcija.

## 3. 4. Obrada podataka

Podaci su obrađeni u programu SPSS Statistics verzija 21. Podaci su za početak obrađeni deskriptivno, za utvrđivanje povezanosti među varijablama korištena je korelacijska analiza, a kako bi se utvrdila prediktivnost varijabli izvršnih funkcija u odnosu na kriterijske jezične varijable korištena je linearna regresijska analiza.

# 4. REZULTATI

Normalnost distribucije testirana je Shapiro-Wilkovim testom, namijenjenim uzorcima manjim od 50 ispitanika. Rezultati testa su pokazali kako distribucija odgovara normalnoj na otprilike polovici varijabli. Varijable prostornog radnog pamćenja, kognitivne fleksibilnosti, kognitivne inhibicije i gramatičkog razumijevanja su odstupale od normalne distribucije, no uvidom u obilježja distribucije rezultata, zbog nepostojanja ekstremnih odstupanja u zakrivljenosti i simetričnosti, smatra se opravdanim provoditi parametrijsku statistiku (Petz, 1997).

U analizi su prvo razmatrani rezultati povezanosti različitih varijabli izvršnih funkcija. Nadalje, linearnim regresijskim analizama pokušalo se utvrditi koji su aspekti izvršnih funkcija značajni prediktori rječničkog i rečeničnog razumijevanja.

## 4.1. Deskriptivna analiza

Deskriptivna analiza provedena je na svim varijablama. U Tablici 3 prikazani su deskriptivni podaci koji opisuju rezultate na ispitanim varijablama izvršnih funkcija te rezultate na jezičnim testovima.

*Tablica 3*

Deskriptivne vrijednosti za varijable izvršnih funkcija i jezičnog razumijevanja (*N*=30)

| | **N** | **Minimalna vrijednost** | **Maksimalna vrijednost** | **Aritmetička sredina** | **Standardna devijacija** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fonološko kratkoročno pamćenje** | 30 | 8,00 | 16,00 | 11,90 | 2,074 |
| **Radno pamćenje** | 30 | 6,00 | 16,00 | 11,00 | 2,364 |
| **Prostorno radno pamćenje** | 30 | 5,00 | 9,00 | 7,00 | 1,365 |
| **Planiranje** | 30 | 6,00 | 12,00 | 8,90 | 1,788 |
| **Kognitivna fleksibilnost** | 30 | 7,00 | 63,00 | 29,23 | 20,458 |
| **Inhibicija odgovora** | 30 | 0,28 | 0,78 | 0,50 | 0,107 |
| **Jednostavne rečenice (TROG-2:HR)** | 30 | 49,00 | 56,00 | 54,50 | 1,700 |
| **Složene rečenice (TROG-2:HR)** | 30 | 19,00 | 24,00 | 22,83 | 1,488 |
| **Rječničko razumijevanje (PPVT-III-HR)** | 30 | 87,00 | 134,00 | 103,80 | 10,410 |

## 4.2. Korelacijska analiza

S obzirom da stupanj korelacije između prediktorskih varijabli veći od 0,8 predstavlja problem za nastavak provođenja regresijske analize (Petz, 1997), u sklopu regresijske analize provedena je i korelacijska analiza. Rezultati korelacijske analize su pokazali da značajna povezanost postoji između dvije varijable verbalnog radnog pamćenja ($p=0,039$; $r=0,489$), prostornog radnog pamćenja i planiranja ($p=0,023$; $r=0,394$) te između planiranja i kognitivne fleksibilnosti ($p=0,045$; $r=-0,386$). Interpretacija koeficijenta korelacije upućuje na laku povezanost, koja samo između varijabli verbalnog radnog pamćenja prelazi u stvarnu značajnu povezanost. Iako zadaci ponavljanja brojeva unaprijed i unatrag mjere različite konstrukte unutar radnog pamćenja, oni su ipak dio verbalnog radnog pamćenja, zbog čega je određena razina povezanosti očekivana. Ipak, postojeći stupnjevi povezanosti nisu dovoljno visoki ($r<0,8$) da bi imali utjecaj na provođenje i interpretaciju regresijske analize (Petz, 1997), zbog čega je zadržano svih šest prediktorskih varijabli. Između prediktivnih i kriterijskih varijabli značajna povezanost utvrđena je između razumijevanja gramatički složenih rečenica i verbalnog radnog pamćenja ($p<0,05$).

## 4.3. Linearna regresijska analiza

S obzirom na uredne rezultate koje je pokazala korelacijska matrica, na šest navedenih prediktivnih varijabli provedene su regresijske analize.

Kako bi se odgovorilo na problem ovog istraživanja, odnosno ispitalo odnos između različitih aspekata jezičnog razumijevanja i izvršnih funkcija, provedene su linearne regresijske analize u kojima su kriterijske varijable činile tri varijable jezičnog razumijevanja, a prediktorske varijable uspješnost na zadacima izvršnih funkcija odnosno u zadacima inhibicijske kontrole, prostornog radnog pamćenja, planiranja, kognitivne fleksibilnosti, verbalnog radnog pamćenja i fonološkog kratkotrajnog pamćenja.

Prvo su ispitane varijable izvršnih funkcija u odnosu s rječničkim razumijevanjem. Vrijednost multiple korelacije (R=0,503) se na analizi varijance nije pokazala statistički značajnom (p>0,05). Isti rezultat dobiven je i za zavisnu varijablu gramatičkog razumijevanja jednostavnih rečenica gdje vrijednost multiple korelacije također nije dosegla statističku značajnost (R=0,470; p>0,05). S obzirom na rezultat može se zaključiti da na temelju prediktorskih varijabli nije moguće objasniti varijancu zavisne varijable rječničkog razumijevanja ni gramatičkog razumijevanja jednostavnih rečenica.

Treća regresijska analiza provedena je na zavisnoj varijabli gramatičkog razumijevanja složenih rečenica. Analiza varijance pokazala je da je u ovom slučaju koeficijent multiple korelacije (R=0,610) statistički značajan (p<0,05), što daje temelj za njegovu daljnju interpretaciju. Na temelju proporcija varijance kriterija ($R^2$ =0,372) može se zaključiti da prediktori korišteni u ovom istraživanju mogu objasniti 37.2% varijance kriterija. Ipak, vrijednost proporcije varijance kriterija ima tendenciju biti veća nego što je u populaciji te ju je u pravilu potrebno statistički korigirati (Petz, 1997). Veličina korekcije ovisi o broju ispitanika i prediktora - što je broj prediktora veći, a ispitanika manji, korekcija će biti izraženija (Petz, 1997). U ovom slučaju korigirana vrijednost varijance kriterija iznosi 0,208, odnosno 20,8%. Kako bi se navedeni postotak objasnio, potrebno se osvrnuti na vrijednosti Beta koeficijenata koji, ukoliko su statistički značajni, označavaju važnost pojedinog prediktora u regresijskoj jednadžbi, predstavljajući promjenu u kriterijskoj varijabli povezanu s promjenom jedne jedinice u promatranoj prediktorskoj varijabli (Petz, 1997). Prediktorske varijable izvršnih funkcija, koje su se pokazale statistički značajnima u regresijskoj jednadžbi s rečeničnim razumijevanjem su dvije varijable verbalnog radnog pamćenja – ponavljanje brojeva unaprijed (p<0,05), ponavljanje brojeva unatrag (p<0,05) te varijabla prostornog radnog pamćenja (p<0,05). Na temelju njihovih Beta koeficijenata moguće je zaključivati o konkretnom utjecaju koje te varijable imaju na zavisnu varijablu razumijevanja složenih

rečenica. Ipak, prije konačne interpretacije potrebno je provjeriti korelacije između prediktorskih varijabli i kriterijske varijable koje otkrivaju eventualne supresor varijable - varijable koje nisu u korelaciji s kriterijskom varijablom i koje se stoga ne interpretiraju kao prediktivne. U ovom slučaju su se varijable ponavljanja brojeva unaprijed i varijabla prostornog radnog pamćenja pokazale nepovezane s kriterijskom varijablom, zbog čega se isključuju iz daljnje interpretacije. Dalje se interpretira samo prediktorska varijabla ponavljanja brojeva unatrag čiji Beta koeficijent iznosi 0,592, što znači da će promjena tog prediktora za jednu standardnu devijaciju dovesti do promjene u razumijevanju složenih rečenica u iznosu od 0,592 standardne devijacije.

# 5. RASPRAVA

## 5.1. Povezanost izvršnih funkcija s receptivnim rječnikom i razumijevanjem gramatički jednostavnih rečenica

Regresijska analiza pokazala je da varijable izvršnih funkcija u ranoj odrasloj dobi nisu dobar prediktor varijance kriterijskih varijabli receptivnog rječnika ni razumijevanja gramatički jednostavnih rečenica, čime su potvrđene prve dvije hipoteze.

Iako postoje istraživanja koja su pokazala da oštećenje izvršnih funkcija utječe i na obradu gramatički jednostavnih rečenica (Vuong i Martin, 2015), istraživanja na populaciji bez oštećenja nisu pronašla vezu između razumijevanja gramatički jednostavnih rečenica i izvršnih funkcija (Van Gompel i Pickering, 2007). Činjenica da je ta veza s gramatički složenim rečenicama dokazana više puta (Yoon i sur., 2015) može ukazivati na suptilnu ulogu izvršnih funkcija koja u odraslih govornika urednog neurološkog statusa dolazi do izražaja tek u obradi kognitivno zahtjevnijih rečenica, dok kod razumijevanja jednostavnih rečenica ne dolazi do izražaja dovoljno da bi bila statistički značajna (Van Gompel i Pickering, 2007).

S druge strane, iako rijetki, postoje stavovi prema kojima izvršne funkcije nisu uključene u obradu rečenica, kako jednostavnih, tako ni složenih (Kuperberg, 2007, prema Ye i Zhou, 2009). Prema tome, čak i u lingvistički konfliktnim situacijama tumačenje rečenica se odvija isključivo unutar jezičnog sustava te prednost nad nesintaktičkim procesima uvijek imaju sintaktički procesi.

Ipak, zaključak većine istraživanja je da izvršne funkcije, iako sudjeluju u jezičnoj obradi, nemaju presudnu ulogu u rječničkom razumijevanju i razumijevanju jednostavnih rečenica. U skladu s time su i rezultati ovog istraživanja prema kojima u odrasloj dobi ne postoji povezanost između izvršnih funkcija i razumijevanja jednostavnih rečenica ili rječničkog razumijevanja u vidu prediktivnosti.

### 5.2. Povezanost izvršnih funkcija s razumijevanjem gramatički složenih rečenica

S druge strane, mnoga istraživanja su povećanu aktivaciju izvršnih funkcija uočila prilikom obrade gramatički složenih i zahtjevnih rečenica (Yoon i sur., 2015). S obzirom na to, treća hipoteza je pretpostavljala da su varijable izvršnih funkcija dobar prediktor varijance rezultata razumijevanja gramatički složenih rečenica. S obzirom da se samo jedna od šest varijabli izvršnih funkcija pokazala prediktivnom, hipoteza se može smatrati djelomično prihvaćenom.

Prediktivnom varijablom se u ovom slučaju pokazao zadatak pamćenja brojeva unatrag koji aktivira verbalno radno pamćenje. Prema Baddeleyevom modelu (Gathercole i Baddeley, 1993), radi se o središnjem izvršitelju, nadređenoj sastavnici radnog pamćenja koja prebacuje pažnju, potiskuje manje važne informacije sprječavajući njihovo ometanje djelovanja radnog pamćenja i obnavlja njegov sadržaj otpuštajući informacije koje više nisu relevantne. Radno pamćenje najistraživanija je sastavnica izvršnih funkcija te se u velikom broju istraživanja pokazala povezanom s obradom rečenica (Fengler, Meyer i Friederici, 2015; Martin i sur., 2007). Većina slučajeva u kojima se pokazalo povezanim, bili su upravo slučajevi sintaktički

ili semantički složenih ili dvosmislenih rečenica koje su zahtjevnije za obradu. Takve rečenice zbog svoje složenosti očito zahtijevaju aktivaciju radnog pamćenja kao potpore njihovoj obradi, što je pokazalo i ovo istraživanje.

O značajnosti veze radnog pamćenja i razumijevanja složenih rečenica dodatno govori činjenica da se efekt uspio pokazati bez obzira na mali uzorak te vrstu složenih rečenica koje nisu uključivale sintaktičku ni semantičku dvosmislenost, kao ni vijugajuću rečeničnu strukturu. Dobiveni rezultat ide u prilog teoriji o paralelnom procesiranju, prema kojem se pri analiziranju složenih rečeničnih struktura stvaraju višestruke reprezentacije svih mogućih rečeničnih značenja, koja se zadržavaju i uspoređuju te se odabire najvjerojatnija interpretacija (Novais-Santos i sur., 2007). Pri tome je uloga radnog pamćenja zadržavati relevantne informacije dostupnima, čime se omogućava istraživanje njihovih međuodnosa kombiniranjem pojedinih elemenata, što je posebno važno za davanje smisla sekvencijalnim procesima koji se odvijaju kroz vrijeme (Diamond i Ling, 2016). Jedan od takvih procesa je i govorenje, kod kojeg je nužno zadržavanje i povezivanje informacija o nečemu što je već izrečeno s nečime što se upravo izriče ili što će se tek izreći.

Iako je takav rezultat za verbalno radno pamćenje u skladu s velikim brojem istraživanja, postoje istraživanja na temelju kojih bi se očekivala veća prediktivna snaga varijable inhibicije i fleksibilnosti nego kapaciteta radnog pamćenja (Hachmann, Konieczny, i Müller, 2009, Park, 2015). Ipak, u ovom istraživanju to nije bio slučaj jer se kognitivna fleksibilnost i inhibicija nisu pokazali povezanima s razumijevanjem gramatički složenih rečenica. Vjerojatno objašnjenje za to leži u malom uzorku na kojemu se suptilnija prediktivna snaga navedenih varijabli nije pokazala značajnom, što ne mora značiti da ne bi došla do izražaja na većem uzorku ispitanika. Isto vrijedi i za varijable planiranja, prostornog radnog pamćenja te fonološkog kratkotrajnog pamćenja. Postoje modeli koji pretpostavljaju da jezični procesi razumijevanja i proizvodnje aktiviraju fonološke i leksičko-semantičke reprezentacije koje se

održavaju u verbalnom kratkoročnom pamćenju (Martin i Allen, 2008) i zbog kojih bi veza kratkoročnog pamćenja s razumijevanjem bila očekivana. Ipak, moguće objašnjenje za nedostatak ispoljavanja efekta povezanosti između fonološkog kratkoročnog pamćenja i razumijevanja gramatički složenih rečenica vrlo vjerojatno leži u sposobnosti brzog pristupa semantičkim reprezentacijama, koja smanjuje potrebu za oslanjanjem na kapacitet fonološkog radnog pamćenja kod odraslih osoba (Harley, 2001; Martin, i sur., 2007; Gathercole, 2007). Da će se prostorno radno pamćenje pokazati prediktivnim za razumijevanje gramatičkih složenih rečenica, moglo se očekivati na temelju rezultata istraživanja Ye i Zhou (2009), gdje autori iznose zaključak da procesi koji se aktiviraju pri jezičnoj obradi dijele istu bazu s onima uključenima u obradu perceptivnih informacija i pažnju te kako individualne razlike u procesima obrade perceptivnih informacija i pažnje mogu biti prediktivne za zadatke jezične obrade. No rezultati ovog istraživanja više su u skladu s rezultatima istraživanja Fernandez i suradnika (2014) ili Martin i Allen (2008), u kojima se jezik pokazao povezanim s izvršnim funkcijama, ali samo u auditivnom, ne i u vizualnom modalitetu. U jednom istraživanju radilo se o dvojezičnim ispitanicama kod kojih je dvojezičnost imala pozitivan učinak na inhibiciju, ali samo na auditivnim, ne i vizualnim zadacima. Slično je pokazalo i istraživanje osoba s afazijom (Martin i Allen, 2008), koje je pokazalo da je oštećena inhibicija prisutna u verbalnim, ali ne i neverbalnim zadacima. Takvi rezultati ukazuju na odvojenost verbalnih i neverbalnih procesa inhibicije, što može objasniti i nedostatak povezanosti jezične obrade s prostornim radnim pamćenjem u ovom istraživanju, unatoč povezanosti istih rezultata s verbalnim radnim pamćenjem. Nedostatak povezanosti s planiranjem može se interpretirati kao protuargument teoriji o serijskoj obradi rečenica (Novais-Santos i sur., 2007), što daje prednost teoriji paralelne obrade koju dodatno potvrđuju rezultati ovog istraživanja koji ukazuju na povezanost obrade rečenica s radnim pamćenjem.

Rezultati ovog istraživanja, u kojem do aktivacije pojedinih izvršnih funkcija dolazi tek pri obradi gramatički složenijih, a time i kognitivno zahtjevnijih rečenica, u skladu su s novijim istraživanjima koja i na izvršne funkcije i na jezik gledaju kao na neuralnu mrežu (Fedorenko i Thompson-Schill, 2014; Ye i Zhou, 2009). Prema takvom shvaćanju, jezik kao specifična kognitivna domena i izvršne funkcije kao općenita se u slučajevima složenijih jezičnih zadataka preklapaju i zajedno surađuju, pri čemu se predlažu i nazivi "jezgrenih procesa" za specifične, jezične, procese te "perifernih procesa" za one općenite, koji se odnose na izvršne funkcije i uključuju prema potrebi. Takav model rečenične obrade, koji pretpostavlja postojanje jezgre koju čine sintaktički procesi i izvršnih funkcija koje prema potrebi podupiru procese jezgre, opisuje i Friederici (2002), nazivajući ga dvokomponentnim modelom jezične obrade.

### 5.3. Nedostaci istraživanja i smjernice za buduća istraživanja

Osim malim brojem ispitanika, nepovezanost nekih varijabli može se objasniti razinom složenosti rečenica. Iako je test TROG-HR:2 konstruiran tako da kroz ponuđene slične odgovore smanjuje mogućnost oslanjanja na semantičko znanje ili zaključivanje i zahtijeva preciznu obradu rečenične sintakse, moguće je da složene rečenice nisu dovoljno zahtjevne da bi potaknule aktivaciju ostalih izvršnih funkcija, koje su možda manje izražene u obradi od verbalnog radnog pamćenja. Promotre li se druga istraživanja (Van Gompel i Pickering, 2007), pokazalo se da se efekti utjecaja izvršnih funkcija u rečeničnoj obradi odrasle populacije dobivaju većinom tek na sintaktički i/ili semantički dvosmislenim rečenicama ili vijugajućim rečenicama, koje su po svojoj strukturi ipak zahtjevnije za obradu od rečenica obuhvaćenih TROG-HR:2 testom.

U literaturi se često postavlja i pitanje primjerenosti zadataka za procjenu izvršnih funkcija (Chan i sur., 2008; Friedman i sur., 2008; Jurado i Rosselli, 2007), za koje ne postoji zlatni

standard (Chan i sur., 2008). Teškoće u definiranju izvršnih funkcija i prisutnost različitih modela otežava razvijanje i usuglašavanje oko pojedinih testova (Jurado i Rosselli, 2007). Uz to, problem je što se one po svojoj prirodi manifestiraju tako da upravljaju drugim kognitivnim procesima, zbog čega je teško pronaći zadatak koji bi izolirao određenu sastavnicu izvršnih funkcija bez utjecaja drugih kognitivnih procesa (Miyake i sur., 2000). Zadaci za njihovu procjenu problematični su za procjenu pouzdanosti zbog činjenice da se izvršne funkcije različito aktiviraju pri prvom susretu sa zadatkom, a različito prilikom ponovljenog testiranja (Chan i sur., 2008), što dovodi do niske povezanosti koja ne odražava nužno stvarni manjak povezanosti, nego je jednostavno posljedica prirode izvršnih funkcija (Miyake i sur., 2000). Također, jedan zadatak može aktivirati više različitih izvršnih funkcija, ali i drugih kognitivnih funkcija, koje nije moguće uvijek predvidjeti ni kontrolirati (Jurado i Rosselli, 2007). Primjerice, zadatak unutardimenzijsko-međudimenzijske promjene korišten u ovom istraživanju, namijenjen je ispitivanju kognitivne fleksibilnosti, ali zahtijeva i vizualnu diskriminaciju i održavanje pažnje (Cambridge Cognition), zbog čega postoji mogućnost da na rezultat povezanosti utječe i neki od tih elemenata, a ne isključivo kognitivna fleksibilnost. Slična zamjerka postoji i za zadatak ponavljanja brojeva koji služi testiranju fonološkog kratkotrajnog pamćenja, a od kojeg bi možda prikladniji bio zadatak u kojem se ponavljaju pseudoriječi umjesto brojeva, kako bi se isključio utjecaj semantičkih i/ili vizualnih reprezentacija koje ispitanici mogu koristiti kao strategije upamćivanja umjesto oslanjanja isključivo na kapacitet fonološkog kratkoročnog pamćenja (Harley, 2001). Rončević Zubković (2010) primjećuje da, iako je radno pamćenje jedan od najistraživanijih koncepata u kognitivnoj psihologiji, još uvijek postoje metodološki problemi koji utječu na valjanost i pouzdanost samih zadataka i na čijem uklanjanju je potrebno raditi.

U svakom slučaju, temu povezanosti izvršnih funkcija i jezika potrebno je dodatno istražiti. Imajući u vidu rezultate ovog istraživanja koji govore o vezi između izvršnih funkcija i

gramatički složenih rečenica u odrasloj dobi, sljedeći korak bi mogao biti detaljnije objašnjavanje veze sa složenim rečenicama. Primjerice, utječe li variranje vrste i razine složenosti rečenica na povezanost s izvršnim funkcijama. Strana istraživanja često obuhvaćaju sintaktički ili semantički dvosmislene rečenice, vijugajuće rečenice, rečenice s većim brojem argumenata i/ili negacija (Yoon i sur., 2015; Fengler i sur., 2015). Stoga bi bilo zanimljivo vidjeti na koji se način obrada pojedinih navedenih skupina rečenica može povezati s kojim izvršnim funkcijama u hrvatskom jeziku, s obzirom na to da su međujezična istraživanja pokazala da postoji razlika u vrsti složenih rečenica koje aktiviraju izvršne funkcije u odnosu na tipologiju jezika (Bornkessel-Schlesewsky i Friederici, 2007). Osim toga, zbog dostupnosti testova prilagođenih hrvatskom jeziku u ovom su istraživanju ispitane samo mjere receptivnog jezika. Dosadašnja inozemna istraživanja potvrđivala su i povezanost izvršnih funkcija s jezičnom proizvodnjom (Sikora, Roelofs, Hermans i Knoors, 2016), zbog čega bi budućim istraživanjima bilo dobro obuhvatiti i jezičnu proizvodnju, kao i usporediti povezanost s izvršnim funkcijama u odnosu na razumijevanje. Zbog istraživanja koja govore kako je povezanost izvršnih funkcija i jezika pod snažnim utjecajem dobi (Yoon i sur., 2015), važno je također prikupiti informacije o njihovoj povezanosti u različitim dobnim skupinama. Bez obzira što je veza istaknutija tijekom djetinjstva dok se izvršne funkcije i jezik još uvijek razvijaju (Choi i Trueswell, 2010), ili tijekom starosti kada već počinju opadati (Park, 2015), važno je ne zanemariti ni ranu i srednju odraslu dob kada su obje funkcije najstabilnije. S obzirom da je povezanost u nekim periodima možda manje izražena, potrebno je uključiti veće uzorke i preciznije ih definirati kako bi se moglo što točnije zaključivati o prirodi veze. Na taj način približilo bi se dobivanju potpune slike o tom odnosu kroz sva životna razdoblja. Veći i reprezentativniji uzorak općenito bi poboljšao kvalitetu i pouzdanost rezultata istraživanja. Osim što bi takve informacije upotpunile spoznaju o ustroju i funkcioniranju jezika i kognicije, bolje razumijevanje odnosa doprinijelo bi i razumijevanju poremećaja

povezanih s jezikom i izvršnim funkcijama te otkrilo mogućnosti za njihovu (re)habilitaciju. Istraživanja učinka terapija i treninga izvršnih funkcija su pokazala da je moguće postići poboljšanje, i to u svim dobnim skupinama (Diamond i Ling, 2016). Ipak, takva istraživanja su u začecima i ne zna se mnogo o veličini ili trajnosti poboljšanja, konkretnim terapijskim metodama, ni o mogućnostima generalizacije na druga područja (Diamond i Ling, 2016). Najnovija istraživanja su pokazala da kod osoba s afazijom postoji pozitivan učinak vježbanja izvršnih funkcija koji ima tendenciju generalizacije tako da pozitivno utječe i na razumijevanje rečenica, no ti početni rezultati moraju biti potvrđeni na većem uzorku (Zakariás i sur., 2016). Premda rijetka, takva istraživanja predstavljaju dobru početnu točku za praktičnu primjenu sve brojnijih spoznaja o vezi između izvršnih funkcija i jezika.

# 6. ZAKLJUČAK

Na visoku povezanost izvršnih funkcija i jezika, osobito gledano iz evolucijske i razvojne perspektive, upućuju mnogi znanstveni radovi (Adornetti, 2016; Ardila, 2008; Gooch i sur., 2016). Ipak, dok je međudjelovanje izvršnih funkcija i jezika jasnije izraženo tijekom djetinjstva, njihov odnos teže je objasniti u odrasloj dobi, kada su oba sustava razvijenija. Istraživanja koja su se do sada bavila tom temom su malobrojna, a rezultati većinom oprečni. Stoga je cilj ovog istraživanja bio utvrditi vezu između receptivnog jezika i izvršnih funkcija u odrasloj dobi proučavanjem odnosa između pojedinih izvršnih funkcija i jezičnih sastavnica, odnosno leksičke i sintaktičke sastavnice. Rezultati su pokazali da ne postoji povezanost izvršnih funkcija i rječničkog razumijevanja, ali da postoji veza izvršnih funkcija s rečeničnim razumijevanjem. Ipak, povezanost izvršnih funkcija s rečeničnim razumijevanjem određena je vrstom rečenica. Dok se kod obrade rečenica jednostavne strukture povezanost s izvršnim funkcijama nije uočena, sa složenim rečenicama se povezanom pokazala izvršna funkcija radnog pamćenja. Takav rezultat može se objasniti teorijom o paralelnom procesiranju

rečenica, prema kojem se pri analiziranju rečenice stvaraju višestruke reprezentacije svih mogućih rečeničnih struktura koje se zatim moraju zadržavati i uspoređivati pomoću radnog pamćenja te se u konačnici odabire najvjerojatnija interpretacija (Novais-Santos i sur., 2007). Općenito, raspodjela rezultata u kojoj je povezanost s izvršnim funkcijama uočena samo u složenim rečenicama, upućuje na zaključak da do aktivacije izvršnih funkcija u odrasloj dobi, konkretno radnog pamćenja, dolazi pri obradi zahtjevnijih jezičnih zadataka, dok je njihov doprinos manje potreban, a time i manje izražen u jezično jednostavnijim situacijama. Takav zaključak o uzorku aktivacije izvršnih funkcija u skladu je s većinom dosadašnjih istraživanja na ovu temu (Van Gompel i Pickering, 2007) te potvrđuje dvokomponentni model jezične obrade koji pretpostavlja postojanje "jezgre", koju čine osnovni sintaktički procesi, i perifernih procesa izvršnih funkcija, koje prema potrebi podupiru jezične procese jezgre (Friederici, 2002).

Ovim istraživanjem pokazalo se da postoji povezanost između izvršnih funkcija i jezika u odrasloj dobi te je ona i preciznije definirana. Daljnji koraci u istraživanju tog odnosa trebali bi obuhvatiti analizu različitih specifičnih podvrsta složenih rečenica, kao i jezičnu proizvodnju, kako bi se preciznije objasnila uloga izvršnih funkcija u jezičnoj obradi odraslih, a time i općenito produbila spoznaja o međuodnosu izvršnih funkcija i jezika.

# 7. LITERATURA


Adornetti, I. (2016). On the phylogenesis of executive functions and their connection with language evolution. *Frontiers in Psychology, 7.*

Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology, 8,* 71-82.

Ardila., A. (2016). The evolutionary concept of "Preadaptation" applied to cognitive neurosciences. *Froniers in Neuroscience, 10,* 103.

Ardila, A. (2008). On the evolutionary origins of executive functions. *Brain and Cognition, 68,* 92–99.

Bishop, D.V.M., Kuvač Kraljević, J., Hržica, G., Kovačević M. i Kologranić Belić, L. (2003). *Test razumijevanja gramatike – TROG-2:HR.* Zagreb, Naklada Slap.

Bornkessel-Schlesewsky i I.D., Friederici, A.D. (2007). Neuroimaging studies of sentence and discourse comprehension. U M.G. Gaskell (Ur.), *The Oxford Handbook of Psycholinguistics,* (str. 407-424). Oxford: University Press.

Burgess, P.W. (2010). Assessment of executive function. U J.M. Gurd, U. Kischka, J.C. Marshall (Ur.), *Handbook of Clicinal Neuropsychology, (*str. 349-368). Oxford: University Press.

Cambridge Cognition. CANTAB Computerized Cognitive Assessments. Preuzeto s http://www.cambridgecognition.com posjećeno 10.1.2017.

Carmen, R. (2015). *Attention test performance and normal aging: the effect on executive function.* (Neobjavljena doktorska disertacija). Cedar Falls: Department of Communication Sciences and Disorders, University of Northern Iowa.

Chan, R.C.K., Shumb, D., Toulopoulou, T. i Chen, E.Y.H. (2008). Assessment of executive functions: Review of instruments and identification of critical issues. *Archives of Clinical Neuropsychology, 23,* 201–216.

Choi, Y. i Trueswell, J.C. (2010). Children‘s (in)ability to recover from garden-paths in a verb-final language: Evidence for developing control in sentence processing. *Journal of Experimental Child Psychology, 106,* 41-61.

Coolidge, F.L., Wynn, T. (2001). Executive functions of the frontal lobes and the evolutionary ascendancy of Homo Sapiens. *Cambridge Archeological Journal, 11,* 255-260.

Diamond, A. i Ling, D.S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental Cognitive Neuroscience, 18,* 34–48.

Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Reviews, 64,* 135–168.

Dunn, L. M., Dunn, L.M., Kovačević, M., Padovan, N., Hržica, G., Kuvač Kraljević, J., Mustapić, M., Dobravac, G. i Palmović, M. (2010). *Peabody slikovni test rječnika, PPVT-III-HR*. Zagreb, Naklada Slap.

Fedorenko, E., Thompson-Schill, S.L. (2014) Reworking the language network. *Trends in Cognitive Sciences, 18,* 120-6.

Fengler, A., Meyer, L. i Friederici, A.D. (2015). Brain structural correlates of complex sentence comprehension in children. *Developmental Cognitive Neuroscience, 15,* 48–57.

Fernandez, M., Acosta, J., Douglass, K., Doshi, N. i Tartar, J.L. (2014). Speaking two languages enhances an auditory but not a visual neural marker of cognitive inhibition. *AIMS Neuroscience, 1,* 145-157.

Figueras, B., Edwards, L. i Langdon, D. (2008). Executive function and language in deaf children. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 13*, 362-377.

Fox, M.C., Berry, J.M., i Freeman, S.P. (2014). Are vocabulary tests measurement invariant between age groups? An item response analysis of three popular tests. *Psychology and Aging, 29,* 925–938.

Friederici, A.D. i Gierhan, S.M.E. (2013). The language network. *Current Opinion in Neurobiology, 23,* 250–254.

Friederici, A.D. (2012). The cortical language circuit: from auditory perception to sentence comprehension. *Trends in Cognitive Sciences, 16,* 262-268.

Friederici, A.D. (2002). Towards a neural basis of auditory sentence processing. *Trends in Cognitive Sciences 6,* 78–84.

Friedman, N.P., Miyake, A., Young, S.E., DeFries, J.C., Corley, R.P. i Hewitt, J.K. (2008). Individual differences in executive functions are almost entirely genetic in origin. *Journal of Experimental Psychology: General, 137,* 201–225.

Gathercole, S.E. (2007). Working memory and language. U M.G. Gaskell (Ur.), *The Oxford Handbook of Psycholinguistics*, (str. 757-770). Oxford: University Press.

Gathercole, S.E. i Baddeley, E.D. (1993). *Working memory and language*. Hove: Psychology Press.

Gooch, D., Thompson, P., Nash, H.M., Snowling, M.J. i Hulme, C. (2016). The development of executive function and language skills in the early school years. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 57*, 180–187.

Hachmann, W., Konieczny, L. i Müller, D. (2009). Individual differences in the processing of complex sentences. U Taatgen, N.A. i van Rijn, H. (ur.), *Proceedings of the 31st Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 309-314.

Hall, M. L., Eigsti, I.M., Bortfeld, H., i Lillo-Martin, D. (2016). Auditory deprivation does not impair executive function, but language deprivation might: Evidence from a parent-report measure in deaf native signing children. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 1–13.

Harley, T. (2001). *The psychology of language.* Hove: Psychology Press.

Huizinga, M., Dolan, C.V. i van der Molen, W.S. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia, 44*, 2017–2036.

Im-Bolter, N., Johnson, J., Ling, D. i Pascual-Leone, J. (2015). Inhibition: Mental control process or mental resource?. *Journal of Cognition and Development,16*, 666-681.

Im-Bolter, N., Johnson, J. i Pascual-Leone, J. (2006). Processing limitations in children with specific language impairment: The role of executive function. *Child Development, 77,* 1822 – 1841.

Jackson, D.O. (2016). Working memory and second language acquisition: Theory and findings. *The Journal of Kanda University of International Studies, 28*, 21-47.

Janssen, G., van Aken, L., De Mey, H., Witteman, Cilia i Egger, J. (2013). Decline of executive function in a clinical population: age, psychopathology, and test performance on the

Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB). *Applied Neuropsychology: Adult*, *20*, 1-10.

Jurado, M.B. i Rosselli, M. (2007). The elusive nature of executive functions: A review of our current understanding. *Neuropsychology Review*, *17*, 213–233.

Kapa, L.L. (2013). *Executive function predicts artificial language learning in children and adults*. (Neobjavljena doktorska disertacija). Lawrence: Child Language, University of Kansas.

Lev-Ari, S. i Keysar, B. (2014). Executive control influences linguistic representations. *Memory and Cognition*, *42*, 247-263.

Martin, R..C. i Allen, C.M. (2008). A disorder of executive function and its role in language processing. *Seminars in Speech and Language*, *29*, 201-215.

Martin, R.C., Vuong, L.C. i Crowther, J.E. (2007). Sentence-level deficits in aphasia. U M.G. Gaskell (Ur.), *The Oxford Handbook of Psycholinguistics*, (str. 425-441). Oxford: University Press.

Marton, K. (2008). Visuo-spatial processing and executive functions in children with specific language impairment. *International Journal of Language and Communication Disorders*, *43*, 181–200.

Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H., Howerter, A. i Wager, T.D. (2000). Contributions to complex ‘‘Frontal lobe’’ tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*, 49–100.

Novais-Santos, S., Gee, J., Shah, M., Troiani, V., Work, M., i Grossman, M. (2007). Resolving sentence ambiguity with planning and working memory resources: Evidence from fMRI. *Neuroimage 37,* 361–378.

Petz, B. (1997). *Osnovne statističke metode za nematematičare*. Slap, Zagreb.

Park, Y. (2015). *Roles of shifting attention, alternating attention and inhibition on temporary syntactic ambiguity resolution and use of context in younger and older adults.* (neobjavljena doktorska disertacija). New York: Speech-Language-Hearing Sciences, City University of New York.

Raven, J. C., (1995). *Progresivne matrice u boji - CPM*. Zagreb, Naklada Slap.

Rončević Zubković, B. (2010). Ustrojstvo radnog pamćenja i njegova uloga u jezičnom procesiranju. *Psihologijske teme, 19,* 1-29.

Rosselli, M., Ardila, A., Matute, E., Vélez-Uribe, I. (2014). Language development across the life span: A neuropsychological/neuroimaging perspective. *Neuroscience Journal, 18.* **???**

Salthouse, T.A., Atkinson, T.M. i Berish, D.E. (2003). Executive functioning as a potential mediator of age-related cognitive decline in normal adults. *Journal of Experimental Psychology: General, 132,* 566–594.

Sikora, K., Roelofs, A., Hermans D. i Knoors, H. (2016). Executive control in spoken noun-phrase production: Contributions of updating, inhibiting, and shifting. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 69:9,* 1719-1740.

Skeide, M.A., Friederici, A.D. (2016). The ontogeny of the cortical language network. *Nature Reviews Neuroscience, 17,* 323-32.

Šimleša, S. (2013). *Međuodnos izvršnih funkcija, teorije uma i jezičnog razumijevanja u djece predškolske dobi*. (Neobjavljena doktorska disertacija). Zagreb: Filozofski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Šimleša, S. i Cepanec, M. (2008). Razvoj izvršnih funkcija i njihovih neuroloških korelata. *Suvremena psihologija, 11,* 55-72.

Van Gompel, R.P.G i Pickering, M.J. (2007). Syntactic parsing. U M.G. Gaskell (Ur.), *The Oxford Handbook of Psycholinguistics*, (str.289-308). Oxford: University Press.

Vigneau, M., Beaucousin, V., Herve, P.Y., Duffau, H., Crivello, F., Houde, O., Mazoyer, B. i Tzourio-Mazoyer, N. (2006). Meta-analyzing left hemisphere language areas: Phonology, semantics, and sentence processing. *NeuroImage, 30,* 1414–1432.

Veroude, K., Jolles, J., Croiset, G. i Krabbendam, L. (2013). Changes in neural mechanisms of cognitive control during the transition from late adolescence to young adulthood. *Developmental Cognitive Neuroscience, 5,* 63– 70.

Vujnović Malivuk, K. i Palmović, M. (2015). Dvojezično usvajanje jezika: povezanost s jezičnim teškoćama i nejezičnim sposobnostima. *Logopedija, 5,* 20-24.

Vuong, L.C. i Martin, R.C. (2015). The role of LIFG-based executive control in sentence comprehension. *Cognitive Neuropsychology, 32,* 243-265.

Wechsler, D. (1997). *WAIS-III administration and scoring manual*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.

Weiland, C., Barata, M.C. i Yoshikawa, H. (2014). The co-occurring development of executive function skills and receptive vocabulary in preschool-aged children: A look at the direction of the developmental pathways. *Infant and Child Development, 23,* 4-21.

Xu F., Han Y., Sabbagh M.A., Wang T., Ren X. i Li, C. (2013). Developmental differences in the structure of executive function in middle childhood and adolescence. *PLoS ONE, 8,* e77770.

Ye, Z. i Zhou, X. (2009). Executive control in language processing. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 33,* 1168–1177.

Yoon, J., Campanelli, L., Goral, M., Marton, K., Eichorn, N. i Obler, L.K. (2015). The effect of plausibility on sentence comprehension among older adults and its relation to cognitive functions. *Experimental Aging Research, 41,* 272–302.

Zakariás, L., Keresztes, A., Marton, K. i Wartenburger, I. (2016). Positive effects of a computerised working memory and executive function training on sentence comprehension in aphasia. *Neuropsychological Rehabilitation, 21,* 1-18.

Zelazo, P.D., Craik, F.I.M., Booth, L. (2004). Executive function across the life span. *Acta Psychologica, 115,* 167–183.