

# Radno pamćenje u školskom kontekstu

---

**Veseličić, Bernarda**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Humanities and Social Sciences / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Filozofski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:142:724057>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-11**



**FILOZOFSKI FAKULTET**  
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

*Repository / Repozitorij:*

[FFOS-repository - Repository of the Faculty of Humanities and Social Sciences Osijek](#)



Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku

Filozofski fakultet

Preddiplomski studij psihologije

Bernarda Veseličić

**Radno pamćenje u školskom kontekstu**

Završni rad

Mentorica: izv. prof. dr. sc. Gorka Vuletić

Sumentorica: Marija Milić

Osijek, 2016.

Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku

Filozofski fakultet

Odsjek za psihologiju

Preddiplomski studij psihologije

Bernarda Veseličić

## **Radno pamćenje u školskom kontekstu**

Završni rad

Područje društvenih znanosti, polje psihologija, grana opća psihologija

Mentorica: izv. prof. dr. sc. Gorka Vuletić

Sumentorica: Marija Milić

Osijek, 2016.

# Sadržaj

1.) Uvod.....	1
2.) Radno pamćenje.....	2
2.1) Što je radno pamćenje?.....	2
2.2) Baddeley model radnog pamćenja.....	2
2.2.1) Fonološka petlja.....	3
2.2.2) Vizuospacijalni ekran.....	4
2.2.3) Središnji izvršitelj.....	5
2.2.4) Epizodni ekran.....	6
2.3) Razvoj radnog pamćenja.....	7
3.) Radno pamćenje i školske vještine.....	8
3.1) Radno pamćenje i čitanje.....	9
3.2) Radno pamćenje i matematika.....	12
4.) Intervencije.....	17
4.1.) Strategije radnog pamćenja i mnemotehnike.....	17
4.2) Savjeti za smanjenje opterećenja radnog pamćenja u učionici.....	19
5.) Zaključak.....	20
6.) Prilozi.....	21
7.) Literatura.....	22

## **Radno pamćenje u školskom kontekstu**

### **Sažetak**

Radno pamćenje odnosi se na mentalni radni prostor koji služi za aktivno zadržavanje i manipuliranje informacijama kako bi se uspješno izvodili složeni kognitivni zadaci. Brojna istraživanja dosljedno pokazuju vezu između radnog pamćenja i njegovih komponenti te učenja i usvajanja školskih vještina kao što su matematika i čitanje. Poznavanje obrasca razvoja radnog pamćenja i njegovih karakteristika može značajno doprinijeti razumijevanju učeničkog usvajanja određenog znanja i način na koji im se taj proces može olakšati. To osobito vrijedi za učenike koji postižu slabije rezultate na zadacima radnog pamćenja. Upravo zbog oslabljenog kapaciteta ili nekih drugih aspekata radnog pamćenja, usvajanje matematičkih operacija i čitanja nekim učenicima može biti znatno otežano i za posljedicu imati slabiji školski uspjeh. Cilj ovog rada pobliže je istražiti povezanost svih komponenti radnog pamćenja s usvajanjem matematičkih vještina i čitanja s obzirom da su to dva najvažnija zadatka koja djeca moraju savladati na početku svog obrazovanja. Pri proučavanju te povezanosti korišten je Baddeleyev model radnog pamćenja koji se sastoji od 4 osnovne komponente pri čemu je svaka od njih, na određeni način, važna za učenje. U radu se opisuju i mentalni procesi koji se odvijaju pri čitanju i računanju, kao i individualne razlike u radnom pamćenju koje se povezuju sa školskom izvedbom u matematici i čitanju. Nadalje, ovim radom nastoji se ukratko prikazati široki spektar mogućih intervencija kojima se mogu potaknuti što uspješnije korištenje postojećih resursa radnog pamćenja kod djece u školskom okruženju.

**Ključne riječi:** radno pamćenje, Baddeleyev model, matematika, čitanje, intervencije

## 1.) Uvod

Pamćenje je kognitivni proces koji omogućava usvajanje, zadržavanje i korištenje informacija. Njegova je uloga u ljudskom životu višestruka te omogućuje svakodnevno funkcioniranje. Upravo zbog izrazite važnosti pamćenja, zanimanje za njegovo istraživanje seže još u rane početke psihologije kao znanosti i traje sve do danas. Brojni znanstvenici pokazali su interes za određivanje njegovog kapaciteta i strukture te su u skladu sa svojim rezultatima ponudili različite modele pamćenja. *Radno pamćenje* konstrukt je koji posljednjih nekoliko desetljeća posebno privlači pažnju psiholozima, ali i drugim znanstvenicima koji nastoje spoznati njegovu ulogu u procesiranju i usvajanju informacija. Istraživanja posljednjih dvadeset godina dosljedno potvrđuju vezu radnog pamćenja i učenja, odnosno usvajanja osnovnih školskih zadataka kao što su matematika i čitanje (Dehn, 2008). Naime, čitanje predstavlja osnovnu aktivnost koju djeca moraju usvojiti kako bi bila u mogućnosti napredovati u učenju i obrazovanju. Jednako tako važno je i savladavanje matematičkih vještina s obzirom da je matematika jedan od osnovnih predmeta tijekom cijelog osnovnoškolskog i srednjoškolskog obrazovanja djece. Nadalje, učenje matematike važno je i za svakodnevni život jer doprinosi razvoju logičkog mišljenja i snalažljivosti u rješavanju problema. Prema tome, poznavanje povezanosti radnog pamćenja i učenja značajno je ne samo na teorijskoj, nego i praktičnoj razini. Cilj je ovog rada pobliže proučiti povezanost radnog pamćenja s dvije najvažnije školske vještine, a to su čitanje i matematika te opisati kako individualne razlike u radnom pamćenju mogu utjecati na njihovo savladavanje. Također, ovim radom nastoje se ukratko prikazati određeni načini koji mogu doprinijeti poboljšanom funkcioniranju radnog pamćenja u školskom okružju.

Rad se sastoji od tri osnovna dijela. U prvom dijelu ponuđena je definicija radnog pamćenja te je pobliže opisana svaka komponenta Baddeleyevog modela. Naime, taj model najšire je prihvaćen i u istraživanjima najčešće korišten, a detaljniji opis cijelog modela pruža osnovu za razumijevanje povezanosti radnog pamćenja sa školskim vještinama. Također, u prvom dijelu objašnjen je i razvoj radnog pamćenja s obzirom da se u radu govori o povezanosti te vrste pamćenja i učenja kod školske djece. Drugi dio rada izravno se bavi povezanošću svih komponenti radnog pamćenja s matematičkim vještinama i vještinom čitanja. Tu se daje prikaz različitih istraživanja tog područja, procesa koji leže u osnovi te dvije vještine te se govori o individualnim razlikama u radnom pamćenju i njihovom povezanosti s navedenim vještinama. U posljednjem dijelu rada ukratko se prikazuju moguće intervencije i savjeti za poboljšanje učinka radnog pamćenja u školskom okružju.

## 2.) RADNO PAMĆENJE

### 2.1) Što je radno pamćenje?

Posljednjih 40 godina, konstrukt nazvan „*radno pamćenje*“ jedan je od središnjih predmeta istraživanja kognitivne psihologije, a ponuđene su različite definicije tog konstrukta. Baddeley (1992) radno pamćenje definira kao sustav koji omogućava privremenu pohranu i manipulaciju informacija potrebnih za složene kognitivne zadatke kao što su jezično razumijevanje, učenje i rezoniranje. Ono je konceptualizirano kao mentalni radni prostor za upravljanje aktiviranih reprezentacija iz dugoročnog pamćenja (Stoltzfus, Hasher i Zacks, 1996, prema Dehn, 2008). Različitim definicijama i modelima radnog pamćenja zajednička je postavka da se ono sastoji se od „skladišta“ za verbalne i vizualnospacijalne informacije, ima ulogu u funkciji kodiranja informacija u procesu pamćenja i sudjeluje u dosjećanju informacija iz dugoročnog pamćenja. Radno pamćenje također je važno za odigravanje strateških procesa i izvršne i procese pažnje (Dehn, 2008). Na temelju iznesenih definicija može se zaključiti kako je radno pamćenje sustav koji se nalazi u podlozi jednostavnih i složenih kognitivnih procesa te je odgovorno za aktivno procesiranje informacija. Ono je dodirna točka percepcije, kratkoročnog i dugoročnog pamćenja te je jedan od glavnih kognitivnih procesa u podlozi učenja i mišljenja.

### 2.2) Baddeleyev model radnog pamćenja

Krajem 19. stoljeća započinje razvoj eksperimentalne psihologije, a time i početak eksperimentalnog proučavanja pamćenja. Jedan od najutjecajnijih modela pamćenja je *modalni model* Atkinsona i Shiffrina (1968) prema kojem se pamćenje sastoji od tri skladišta - senzornog, kratkoročnog i dugoročnog. Prema tom modelu informacije prvo ulaze u *senzorni registar* gdje se kratko zadržavaju u nepromijenjenom obliku, a nakon toga prelaze u *kratkoročno pamćenje* koje ima središnju ulogu u modelu. Ono služi za ponavljanje informacija, kodiranje onih informacija koje se pohranjuju u *dugoročno pamćenje* te pronalaženje i vraćanje informacija iz dugoročnog pamćenja u kratkoročno. Autori također naglašavaju kako kratkoročno pamćenje služi kao radno pamćenje u kojem se informacije privremeno zadržavaju i obrađuju kako bi se rješavali zadani problemi.

Iako se model Atkinsona i Shiffrina činio kao dobro rješenje pitanja kako se informacije obrađuju i pohranjuju, pojavili su se problemi i neuropsihološki dokazi koji nisu mogli biti objašnjeni tim

modelom. Na primjer, modalni model pretpostavlja kako osobe koje imaju oštećeno kratkoročno pamćenje nisu u mogućnosti dugotrajno pohranjivati informacije niti izvoditi složene kognitivne aktivnosti. No, Shallice i Warrington (1970, prema Baddeley, Eysenck i Anderson, 2009) opisali su nekoliko pacijenata koji su unatoč oštećenjima kratkoročnog pamćenja bili u mogućnosti izvoditi te operacije. Navedene spoznaje kao i nalazi istraživanja Baddeleya i Hitcha doveli su do sve slabijeg utjecaja modalnog modela u objašnjavanju funkcioniranja radnog pamćenja (Smith i Kosslyn, 2006). U nastojanju da ispituju odnos radnog i kratkoročnog pamćenja Baddeley i Hitch (1974) pretpostavili su da ukoliko se kratkoročno pamćenje ponaša kao radno pamćenje, njegovo će opterećivanje utjecati na dugoročno učenje i složene kognitivne aktivnosti. Svoju hipotezu provjeravali su nizom dualnih zadataka u kojima su ispitanici istovremeno izvodili različite kognitivne zadatke kao što su rasuđivanje, učenje ili razumjevanje zajedno sa zadacima namijenjenim ispitivanju kratkoročnog pamćenja (npr. raspon znamenki). Rezultati su pokazali kako upamćivanje niza brojeva ne opterećuje isti sustav kao složeniji kognitivni zadaci. Autori stoga smatraju jedinstveni modalni model kratkoročnog pamćenja pojednostavljenim i predlažu multidimenzionalni model kratkoročnog pamćenja koji se sastoji od tri komponente (Rončević Zubković, 2010). Model nazivaju **radnim pamćenjem** (vidjeti Prilog 1). Tim terminom nastojali su se ograditi od prethodnog modela koji se primarno bavio pohranom informacija te naglasiti funkcionalnu, aktivnu ulogu sustava radnog pamćenja koji je u podlozi različitih složenih kognitivnih aktivnosti. Prva verzija modela sastojala se od tri hijerarhijski postavljene komponente: najvažniji dio činio je *središnji izvršitelj* kojemu su podređena dva pomoćna sustava tj. skladišta za kratkoročnu pohranu, a to su *fonološka petlja* i *vizuospacijalni ekran*. Baddeley na centralni izvršitelj gleda kao na suštinu radnog pamćenja, dok dva pomoćna sustava odgovaraju onome što se do tada smatralo kratkoročnim pamćenjem (Rončević Zubković, 2010). Uloga i funkcija svake pojedine komponente detaljnije je obrađena u sljedećim podpoglavljima.

### 2.2.1) Fonološka petlja

Fonološka petlja (engl. *phonological loop*) najviše je istraživana komponenta radnog pamćenja. Njezina uloga je zadržavanje fonološkog traga svih informacija koje primamo verbalnim putem. Verbalne informacije imaju neposredan i automatski pristup fonološkoj petlji gdje su kratko pohranjene u fonološkom obliku. Baddeley dijeli fonološku petlju na dvije podkomponente: *fonološko skladište* (engl. *phonological store*) koje služi za trenutnu, pasivnu pohranu fonološke reprezentacije podražaja i *atrikulacijski proces ponavljanja* (engl. *articulatory rehearsal process*) namijenjen za ponavljanje i održavanje informacija u fonološkom skladištu (Revlin, 2011). Fonološka petlja ograničenog je kapaciteta. Istraživanja (npr. Hulme i Mackenzie,



1992, prema Dehn 2008) su pokazala kako se riječi na fonološkoj petlji bez ponavljanja zadržavaju oko 2 sekunde, bez obzira na dob pojedinca. Broj verbalnih stavki koje mogu biti smještene na fonološku petlju ovisi o vremenu potrebnom za njihov izgovor. Pojedinaac može zadržati onoliko riječi koliko ih može izgovoriti u tom iznosu vremena. Stoga, kapacitet fonološke petlje može se izraziti na sljedeći način; *broj zadržanih riječi u petlji = 2 sekunde \* stopa govora* (Humble i Mackenzie, 1992, prema Dehn, 2008). Na primjer, ukoliko pojedinac može izgovoriti dvije riječi po sekundi (što predstavlja njegovu stopu govora), ukupan broj zadržanih riječi u fonološkoj petlji bit će 4. Svako zadržavanje informacija u fonološkom skladištu dulje od 2 sekunde zahtjeva ponavljanje, odnosno aktivaciju artikulacijskog procesa koji obnavlja i omogućuje dulje zadržavanje informacija u fonološkom skladištu (Dehn, 2008). Osobe s bržim izgovorom mogu zadržati, a time se i neposredno dosjetiti, većeg broja riječi od osoba sa sporijim izgovorom.

Uz fonološku petlju vežu se neki fenomeni. Jedan od njih je *efekt dužine riječi*. Naime, neposredno dosjećanje niza riječi lošije je ukoliko su te riječi duže. Ključni čimbenik koji utječe na to ipak nije broj slogova nego vrijeme potrebno za izgovor tih riječi što je u skladu s navedenim spoznajama o kapacitetu fonološke petlje. Ukoliko je potrebno zapamtiti niz dvosložnih riječi koje zahtijevaju više vremena za izgovor, izvedba na zadatku dosjećanja bit će lošija nego kada se radi o dvosložnim riječima koje se brže izgovaraju jer one zauzimaju manje prostora na fonološkoj petlji. *Efekt fonološke sličnosti* je drugi fenomen koji se povezuje s fonološkom petljom. Odražava se u tome da je teže zapamtiti i dosjetiti se niza riječi koje slično zvuče. Taj fenomen događa se zbog zabune u fonološkom skladištu te krive identifikacije tijekom ponavljanja i kasnijeg dosjećanja budući da dolazi do aktivacije sličnih fonoloških kodova za različite verbalne informacije (Smith i Kosslyn, 2006).

Većina istraživača ne smatra da je uloga fonološke petlje samo privremena pohrana i ponavljanje verbalnih informacija. Baddeley, Vallar i Papagno (1988, prema Baddeley i sur. 2009) provodili su istraživanje na pacijentici s oštećenom fonološkom petljom te djeci različitih dobnih skupina i verbalnih sposobnosti. Rezultati su pokazali kako fonološka petlja ne služi za jezično sporazumijevanje, ali ima značajnu ulogu u učenju novog jezika. Novija istraživanja pokazuju kako fonološka petlja ima ulogu i u savladavanju gramatike i čitanja (Arina, Gathercole i Stella, 2015).

### **2.2.2) Vizuospacijalni ekran**

Za razliku od fonološke petlje, vizuospacijalni ekran manje je istražena komponenta radnog pamćenja. Poznato je da je odgovoran za kratkoročnu pohranu vizualnih i spacijalnih (prostornih) informacija te da ima ključnu ulogu u stvaranju i manipuliranju mentalnih slika (Baddeley, 2006, prema Dehn 2008). Kao i fonološka petlja, sastoji se od dijela za pasivnu, privremenu pohranu informacija te dijela za aktivno procesiranje ponavljanja. Osipanje informacija u vizuospacijalnom skladištu odvija se brzo kao i kod fonološke petlje. Iako je vizuospacijalno skladište prvenstveno opisano kao jedinstvena komponenta, daljnjim je istraživanjima ono podijeljeno na dvije podkomponente: vizualno skladište (engl. *visual cache*) i spacijalno skladište (engl. *inner scribe*). Vizualna podkomponenta pasivni je sustav koji pohranjuje vizualne informacije u obliku statičnih vizualnih reprezentacija, kao što su boje i oblici objekata koje percipiramo (Revlin, 2011). Spacijalna podkomponenta je aktivni sustav koji obavlja najmanje dvije funkcije; kratkoročnu pohranu dinamičkih prostornih informacija kao što su smjer, lokacije i pokreti te obnavlja sve informacije u vizualnospacijalnom ekranu. Olive (2004, prema Dehn, 2008) smatra da spacijalna podkomponenta nužno upotrebljava ponavljanje kako bi kontinuirano ažurirala dinamičke informacije i obnovila informacije koje nestaju u vizualnom skladištu. Iako se o njemu malo zna, određeni oblik procesa ponavljanja vizuospacijalnih informacija zaista je nužan za kratkoročnu pohranu tog oblika informacija. Dokazi za postojanje određenog oblika ponavljačkog procesa proizlaze iz istraživanja u kojima angažman u nekom dodatnom vizualnospacijalnom zadatku pogoršava pohranu te dosjećanje vizualnospacijalnih informacija što upućuje na to da konkurenti zadatak vrlo vjerojatno onemogućuje ponavljanje informacija (Henry, 2001, prema Dehn, 2008). Pohrana i ponavljanje vizuospacijalnih informacija uvelike ovise i o fonološkoj petlji i artikulacijskom ponavljanju. Naime, iako vizuospacijalne informacije nemaju izravan pristup fonološkoj petlji, putem svjesnog procesa transformacije moguće je neke vizuospacijalne informacije rekodirati u verbalne. Istraživanja (prema Dehn, 2008) su pokazala kako ljudi često vizualne informacije pretvaraju u verbalne što im omogućuje subvokalno ponavljanje tih informacije te njihovu bolju pohranu i dosjećanje.

### **2.2.3) Središnji izvršitelj**

Središnji je izvršitelj komponenta koja najviše razlikuje Baddeleyev model radnog pamćenja od prethodnog modela kratkoročnog pamćenja. On je centar radnog pamćenja odgovoran za kontroliranje ostalih podkomponenti, nadgledanje protoka informacija i koordinaciju svih kognitivnih procesa (Dehn, 2008). Nije određen modalitetom, nego predstavlja poveznicu između fonološke petlje i vizuospacijalnog ekrana te na taj način čini centralnu komponentu izvršnih procesa u radnom pamćenju. Aktivan je svaki puta kada je potrebno

istovremeno pohraniti i obrađivati informacije te nadgledati informacije iz različitih izvora i upravljati izvedbom na istovremenim, različitim zadacima. Nastoje rasporediti kognitivne resurse kako bi izvedba na različitim kognitivnim zadacima bila maksimalna. Može se reći da je središnji izvršitelj ono što obavlja „rad“ radnog pamćenja.

Baddeley (1996) smatra kako središnji izvršitelj nadgleda procese u radnom pamćenju, odnosno da je to sustav koji je zadužen za selektivnu pažnju, njezino dijeljenje i prebacivanje, odabir i izvršavanje planova te komunikaciju s dugoročnim pamćenjem. Kasnija istraživanja također su potvrdila da središnji izvršitelj ima nekoliko izvršnih funkcija. Tako Miyake, Friedman, Emerson, Witzki i Howerter (2000, prema Rončević Zubković, 2010) navode tri različite izvršne funkcije; prebacivanje pažnje, ažuriranje informacija i inhibiciju odgovora. *Prebacivanje pažnje* odnosi se na sposobnost izmjenjivanja pažnje između različitih zadataka ili operacija. Funkcija *ažuriranja informacija* sposobnost je kontroliranja i ažuriranja informacija na način da se stare i nevažne informacije u radnom pamćenju zamjenjuju važnim i aktualnim informacijama za određeni zadatak. *Inhibicija*, možda i najvažnija izvršna funkcija, odnosi se na sposobnost usmjeravanja na jedan podražaj te potiskivanje ometajućih podražaja koji se javljaju automatski ili ih se dosjećamo, a nisu važni za zadatak koji izvodimo.

#### **2.2.4) Epizodni ekran**

Baddeley (2000) dodaje četvrtu komponentu modelu radnog pamćenja - *epizodni ekran* (vidjeti Prilog 2) kako bi objasnio gdje se ujedanjuju informacije iz fonološke petlje i vizospacijalnog ekrana te na koji način je radno pamćenje povezano s dugoročnim pamćenjem. Predlaganjem te komponente dolazi do promjene u okviru radnog pamćenja, bilo da se na epizodni ekran gleda kao na novu komponentu ili kao na odlomak od već postojećeg središnjeg izvršitelja. To je višemodalni sustav koji služi za kratkotrajnu pohranu i integraciju informacija iz različitih izvora. Informacije u epizodni ekran mogu ući izravno iz okoline, fonološke petlje, vizuospacijalnog ekrana te dugoročnog pamćenja. Također, on služi kao pomoćno skladište kada su fonološka petlja i vizuospacijalni ekran oštećeni ili zatrpani informacijama (Smith i Kosslyn, 2006). U potpunosti je pod kontrolom središnjeg izvršitelja te se na taj način informacije mogu dovesti u svijest i manipulirati. Baddeley (2000) također ističe kako epizodni ekran ima važnu ulogu u pohrani i dosjećanju informacija iz epizodičkog dugoročnog pamćenja. Epizodni ekran povezuje epizodičko i semantičko pamćenje s novim izgrađenim reprezentacijama u radnom pamćenju (Dehn, 2008). Zahvaljujući tome što je poveznica različitih podsustava radnog pamćenja, dugoročnog pamćenja te percepcije, epizodni ekran ima sposobnost spajati prethodno

nepovezane koncepte u nove reprezentacije koje mogu biti kognitivno manipulirane u radnom pamćenju (Baddeley i sur., 2009).

### **2.3) Razvoj radnog pamćenja**

S obzirom da se u ovom radu želi objasniti povezanost radnog pamćenja i procesa usvajanja matematičkih vještina i čitanja kod djece, važno je osvrnuti se i na razvoj samog radnog pamćenja. Rani oblici radnog pamćenja vidljivi su još u najranijem djetinjstvu. Tako zdravo dijete s 4 godine pokazuje uredno funkcioniranje različitih komponenti radnog pamćenja. Potpuni razvitak radnog pamćenja događa se oko 16. godine života. Iako se s odrastanjem povećava raspon i kapacitet radnog pamćenja, glavna razvojna promjena je ipak povećanje u efikasnosti i brzini mentalnih operacija te pojava korištenja strategija. Tako djeca koja postaju točnija u zadacima koje obavljaju, mogu brže procesirati te obrađivati nekoliko informacija istovremeno (Dehn, 2008).

Strukturalno gledano, radno pamćenje u djetinjstvu istovjetno je radnom pamćenju u odrasloj dobi, a istraživanja su pokazala kako se tri komponente Baddeleyovog modela kod djece razvijaju već oko 6. godine starosti (Gathercole, Pickering, Ambridge, i Wearing, 2004, prema Dehn, 2008). Ono što se događa s razvojem je jačanje veza između komponenti te razvitak njihovih funkcija. Raspon verbalnog kratkoročnog te radnog pamćenja povećava se 2 do 3 puta između 4. i 16. godine, s nešto izraženijim napredovanjem nakon 8. godine života. S 4 godine dijete se može prosječno prisjetiti oko 3 znamenke u nizu. Taj se broj udvostručuje s 12 godina, a s 16 godina osoba se može dosjetiti i do 8 znamenki u nizu (Hulme i Mackenzie, 1992, prema Dehn 2008). Nizom istraživanja nastojali su se utvrditi razlozi povećanja raspona, te je glavni zaključak kako u tom procesu glavnu ulogu ima nekoliko čimbenika kao što su; povećanje brzine procesiranja informacija i stope govora, veća efikasnost procesa radnog pamćenja, razvoj znanja i vještina te svjesna upotreba strategija kao što su vokalno i subvokalno ponavljanje, organiziranje te grupiranje materijala. Što se tiče raspona vizuospacijalnog dijela radnog pamćenja, četverogodišnjaci prosječno mogu zapamtiti niz od 2-3 slike što se udvostručuje između 5. i 11. godine života kada raspon doseže razinu koja se zadržava i u odrasloj dobi. Kako se dijete razvija, vizuospacijalni dio postaje sve više povezan s centralnim izvršiteljem. Kao što je već navedeno u prethodnom dijelu rada, ljudi imaju tendenciju „pretvoriti“ vizualni materijal u verbalni kako bi ga lakše pohranili. Ta transformacija počinje se javljati između 6. i 8. godine, u vrijeme kada većina djece počinje učiti čitati. S 10 godina taj proces postaje konstantan i učestao. Također, istraživanja su potvrdila kako je razvoj izvršnog dijela radnog pamćenja i njegovog općeg

kapaciteta povezan s maturacijom prefrontalnog korteksa. Razvoj komponente središnjeg izvršitelja događa se kasnije od ostalih komponenti te njegov razvoj traje sve do 16 godine života.

### **3.) RADNO PAMĆENJE I ŠKOLSKE VJEŠTINE**

Posljednjih 20 godina brojna istraživanja bavila su se pitanjem povezanosti radnog pamćenja i školskih vještina. Svaki oblik učenja zahtjeva istovremenu pohranu i manipulaciju informacija te komunikaciju s dugoročnim pamćenjem, stoga je radno pamćenje aktivno svaki puta kada osoba pokušava nešto naučiti. Prema tome, nije iznenađujuće što rezultati istraživanja potvrđuju hipotezu da radno pamćenje ima ulogu u učenju te da su njegovi procesi u osnovi individualnih razlika u sposobnostima učenja. Funkcioniranje u školskom okružju i usvajanje brojnih vještina na nastavi kao što su dekodiranje čitanja, razumijevanje pročitano, računanje, pismeno izražavanje, razvoj vokabulara ili pisanje bilješki izrazito ovise o urednom funkcioniranju radnog pamćenja. Veliki broj aktivnosti koje se odvijaju na nastavi predstavljaju izazov za kapacitet radnog pamćenja. Učenici nerijetko moraju slušati nastavnika i istovremeno pisati bilješke, pratiti složene upute, računati - drugim riječima procesirati nove informacije te ih međusobno povezivati ili integrirati s već pohranjenim znanjem. Ukoliko se kapacitet radnog pamćenja preopteretiti, učenje je otežano. Ponekad instrukcije dobivene na satu mogu preopteretiti radno pamćenje i kod učenika koji imaju veći kapacitet i pokazuju uredno funkcioniranje radnog pamćenja. Za onu djecu koja imaju određeni oblik oštećenja radnog pamćenja, preveliki zahtjevi mogu učenje učiniti nemogućim. Tako Picing i Gathercole (2004, prema Dehn, 2008) navode kako postoje razlike u rezultatima na zadacima radnog pamćenja između djece s poteškoćama u učenju i uspješnih učenika. Na primjer, djeca koja imaju poteškoće u učenju matematike i čitanja pokazuju lošije funkcioniranje svih aspekata radnog pamćenja. S druge strane, djeca kojima je učenje otežano u samo jednom području lošiji su na zadacima vezanim uz samo jednu ili dvije komponente radnog pamćenja. Uzroci slabog funkcioniranja radnog pamćenja mogu biti neurobiološkog podrijetla ili posljedica neuspješnog korištenja izvora radnog pamćenja te nedostatna upotreba strategija. Kako je slabo funkcioniranje radnog pamćenja jedan od čimbenika kojim se mogu objasniti poteškoće u učenju, svijest stručnih osoba koje sudjeluju u organiziranju i izvođenju nastave o ulozi radnog pamćenja sve više raste. Jaka veza između deficita radnog pamćenja i širokog spektra poteškoća u učenju dovoljan je poticaj za procjenu funkcioniranja radnog pamćenja svaki puta kada se smatra da dijete ima određenu poteškoću. Povezanost radnog pamćenja s usvajanjem vještine čitanja i matematike dodatno je razrađena u sljedećem dijelu rada.

#### **3.1) Radno pamćenje i čitanje**

Čitanje je složena aktivnost koja zahtjeva istovremenu aktivaciju različitih procesa u mozgu. Kako bi čitanje bilo uspješno potrebno je usvojiti dvije osnovne vještine čitanja; dekodiranje i razumijevanje. *Dekodiranje* se odnosi na proces pretvaranja pisanih komponenti (slova, grafema) u odgovarajuće fonološke reprezentacije (glasove, foneme). *Razumijevanje* je složeniji proces koji uključuje kognitivne procese više razine, a odnosi se na razumijevanje semantičkog i sintaktičkog značenja riječi (Dehn, 2008). Radno pamćenje igra veliku ulogu u odvijanju ta dva procesa. Za vrijeme čitanja, dijete mora prepoznati vizualnu konfiguraciju slova i njihov poredak, sekvencijalno konvertirati pisana slova u foneme koji se pohranjuju sve dok niz glasova nije spojen u riječi. Dekodirani tekst pohranjuje se u kratkoročno skladište, a kako bi došlo do razumijevanja potrebno je poznavati sintaksu (imati razvijen vokabular), spojiti dekodirane riječi s njihovim značenjem pohranjenim u dugoročnom pamćenju, koristiti kontekstualne znakove te integrirati pohranjene informacije s nadolazećim riječima ili rečenicama (Young, 2000). Stoga, svi ti procesi opterećuju i pohranu i procesiranje radnog pamćenja. Dekodiranje je primarno povezano s fonološkim kratkoročnim pamćenjem i verbalnim radnim pamćenje<sup>1</sup>, dok je razumijevanje više povezano s verbalnim i izvršnim radnim pamćenjem te dugoročnim pamćenjem. Važnost radnog pamćenja u čitanju pokazuju i rezultati istraživanja koja se bave individualnim u uspješnosti čitanja. Ustanovljeno je kako djeca s poteškoćama u čitanju pokazuju značajno lošije rezultate na zadacima radnog pamćenja za razliku od djece koja nemaju problema s vještinom čitanja (Gathercole, Alloway, Wills i Adams, 2006). Nadalje, Swanson (2003, prema Swanson i Jerman, 2007) u svojoj razvojnoj studiji ističe kako vješti čitači pokazuju poboljšanje rezultata na zadacima radnog pamćenja tijekom odrastanja, dok djeca s poteškoćama u čitanju pokazuju nikakav ili minimalan rast u razdoblju od 7. do 20. godine. Gathercole i sur. (2005) ističu važan nalaz svog istraživanja, a to je samostalan doprinos radnog pamćenja u predviđanju dječjeg postignuća u čitanju kada se izluči utjecaj fluidne inteligencije, verbalnih sposobnosti, kratkoročnog pamćenja i fonološkog procesiranja.

Kapacitet radnog pamćenja važan je čimbenik za vještinu čitanja, a istraživanja su pokazala da u djetinjstvu može biti značajan prediktor uspješnosti čitanja u školi (Share, Jorm, Maclean i Matthews, 1984, prema Brady, 1991). Štoviše, nakon vještine dekodiranja i razvijenosti vokabulara, kapacitet radnog pamćenja sljedeći je najsnažniji prediktor u razumijevanju čitanja kod djece (Seigneuric, Ehrlich, Oakhill i Yuill, 2000, prema Dehn, 2008). Također, Seigneuric i

---

<sup>1</sup> Fonološko kratkoročno pamćenje u literaturu se odnosi na pasivno skladište koje kratko zadržava govorne informacije u fonološkom obliku. Verbalno radno pamćenje obuhvaća složene operacije kojima se aktivno procesiraju verbalne informacije iz kratkoročnog skladišta, ali i dugoročnog pamćenja.

Ehrlich (2005, prema Dehn, 2008) su pokazali da veličina povezanosti između kapaciteta radnog pamćenja i razumijevanja pročitano­g teksta raste od nižih do viših razreda osnovne škole. S obzirom da je osnova razumijevanja integracija informacija iz teksta, pojedinci s većim kapacitetom uspješniji su u razumijevanju jer imaju više prostora za pohranu te obradu tih informacija u izvršitelju u svrhu razumijevanja (Swanson i Jerman, 2007). Dodatni izvori kapaciteta također omogućuju bolje zaključivanje o značenju nepoznatih riječi i usvajanje novog vokabulara. Slabiji kapacitet radnog pamćenja jedna je od varijabli koja razlikuje djecu s poteškoćama u čitanju i dobre čitače.

Svaka od komponenti radnog pamćenja važna je za čitanje. Raspon verbalnog radnog pamćenja u visokoj je korelaciji s djetetovom sposobnosti čitanja, prvenstveno s vještinom razumijevanja pročitano­g teksta. Swanson i Jerman (2007) navode kako izvedba na zadacima verbalnog radnog pamćenja objašnjava 58% varijance u razumijevanju. Nadalje, u meta-analizi 77 studija prosječna korelacija između razumijevanja i verbalnog radnog pamćenja iznosila je 0.41 (Daneman i Merikle, 1996, prema Dehn, 2008). S druge strane, fonološko kratkoročno pamćenje ima važnu ulogu u dekodiranju. Važnost se fonološkog kratkoročnog pamćenja, odnosno fonološke petlje, za razvoj vještine čitanja očituje kada se uzme u obzir priroda fonološkog kodiranja; slova se prevode u glasove koje je potrebno privremeno pohraniti u fonološkom obliku dok se ne dekodira i zadnje slovo. Nakon toga se taj cijeli niz glasova spaja u riječi. Prema tome, fonološko procesiranje<sup>2</sup> zahtjeva privremenu pohranu fonema u fonološkom kratkoročnom skladištu (Rončević Zubković, 2010). Iako je fonološko procesiranje osnova dekodiranja i njegovi deficiti glavni su uzrok poteškoća u čitanju, Baddeley (1986, prema Dehn, 2008) navodi da djeca koja imaju uredno fonološko procesiranje, a pokazuju poteškoće u čitanju imaju ili smanjen kapacitet fonološke petlje ili ju ne koriste na uspješan način. Smanjena mogućnost privremenog zadržavanja fonološkog koda smanjuje dosjećanje i oštećuje kodiranje. Swanson i Jerman (2007) navode kako loši čitači imaju problema sa procesiranjem fonoloških informacija. Problemi u stvaranju fonoloških reprezentacija grafema ujedno i otežavaju razumijevanje teksta. Naime, Shankweilera i Craina (1986, prema Rončević Zubković, 2010) ističu kako ograničeno fonološko kratkoročno pamćenje i nepotpuno shvaćanje da riječi imaju fonološku strukturu koja je povezana s načinom na koji se riječ piše dovode do fonoloških poteškoća te posljedično nemogućnosti stvaranja smislene reprezentacija teksta. Unatoč istraživanjima, ne može se točno reći imaju li veću ulogu u procesima čitanja sama pohrana, odnosno fonološko kratkoročno pamćenje ili verbalno radno pamćenje. Međutim, poznato je da kada se vještina čitanja u potpunosti usvoji,

---

<sup>2</sup> Fonološko procesiranje odnosi se na upravljanje fonemima, a uključuje prepoznavanje, razdvajanje i stapanje fonema

kratkoročno fonološko pamćenje ima manju ulogu s obzirom da dekodiranje postaje automatski proces. Tako više prostora ostaje u radnom pamćenju za bolje razumijevanje značenja riječi i teksta a dugoročno pamćenje preuzima vodeću ulogu pri čitanju (Numminen, 2002). Ono što je dodatno karakteristično za učenike koji imaju poteškoća u čitanju je neosjetljivost na efekt fonološke sličnosti što upućuje na probleme fonološkog kodiranja. Siegel (1994) pak, smatra kako djeca s poteškoćama u čitanju ipak pokazuju osjetljivost na fonološku sličnost. Ukoliko efekt nije prisutan u mlađoj dobi, Siegel (1994) ističe kako se često javlja u adolescenciji. Bez obzira je li efekt prisutan u mlađoj ili tek u starijoj dobi, djeca s poteškoćama u čitanju dosljedno pokazuju lošije rezultate na zadacima koji provjeravaju dosjećanje fonološki sličnih riječi za razliku od djece koja takvih poteškoća nemaju.

Iako se malo zna o ulozi vizuospacijalne komponente u čitanju među znanstvenicima iz tog područja prevladava dogovor da vizuospacijalni dio radnog pamćenja nema nikakvu ulogu u razumijevanju teksta, neka istraživanja pokazuju kako je ona ipak važna u dekodiranju i početnim faza savladavanja čitanja. Naime, Arina, Gathercole i Stella (2015) navode kako vizuospacijalna komponenta ima značajnu ulogu u brzini dekodiranja i čitanja, ali kod predškolske djece dobi do 6 godina. Nakon toga, što odgovara vremenu polaska u školu, opada uloga vizuospacijalnog ekrana, a glavnu riječ preuzima fonološka petlja. Iste autorice također navode kako se pri učenju čitanja aktivira složena neuralna mreža koja uključuje i fonološke i vizuospacijalne funkcije. Rončević Zubković (2010) pretpostavlja kako je vizuospacijalni ekran uključen u svakodnevne zadatke čitanja na način da održava nepromijenjenu reprezentaciju stranice kako bi ona ostala stabilna i olakšala zadatke poput pomicanja očiju s jednog retka na drugi. Daljnja istraživanja trebala bi se dodatno baviti ulogom tog dijela radnog pamćenja u usvajanju čitanja kako bi se mogli donijeti točniji zaključci u vezi prave uloge te komponente.

Siegel (1994) navodi kako bi uloga središnjeg izvršitelja u čitanju mogla biti obrada informacija koje su pohranjene u fonološkoj podkomponenti te istovremeno dosjećanje informacija o sintaksi, značenju riječi i pravilima grafem-fonem. Uloga središnjeg izvršitelja je stoga koordinacija različitih procesa potrebnih za uspješno čitanje. Nadalje, učenici koji imaju problema s inhibicijom, kao jednom od funkcija središnjeg izvršitelja, često ne mogu razlučiti važne informacije od nevažnih te im to stvara probleme u razumijevanju glavne ideje i cijeloga teksta. Funkcioniranje izvršnog dijela radnog pamćenja upravo je ono što razlikuje djecu koja nemaju problema s razumijevanjem pročitane teksta i onu koja imaju (Swanson, Howard i Saez, 2006, prema Dehn, 2008). Osim u razumijevanju, centralni izvršitelj ima ulogu i u kodiranju riječi. Dekodiranje uključuje puno više od jednostavne pohrane fonoloških nizova u kratkoročnom



pamćenju. Spajanje tih nizova fonema u riječi zapravo zahtjeva procesiranje niza informacija (fonema u nizu) u čemu je očita uloga centralnog izvršitelja. Swanson i Jerman (2007) navode kako centralni izvršitelj ima važnu ulogu u napredovanju te konačnoj razini čitanja.

Iako je ovo samo kratki pregled povezanosti radnog pamćenja s vještinom čitanja, lako je zaključiti kako je uloga te vrste pamćenja izrazito važna. Samo čitanje predstavlja jednu od osnovnih i neophodnih školskih vještina bez koje djeca teško mogu napredovati u svom učenju. Stoga, poteškoće u čitanju zaista mogu predstavljati izraziti problem. Djeca s poteškoćama često izbjegavaju čitanje, a time i učenje. Također, imaju problema u prepričavanju teksta svojim riječima što može dodatno otežati učenje bilo kojeg školskog predmeta. Iako je slabije funkcioniranje radnog pamćenja samo jedan od mogućih čimbenika kojima se mogu objasniti te poteškoće, važno ga je uzeti u obzir pri istraživanju i dijagnosticiranju navedenih poteškoća.

### **3.2) Radno pamćenje i matematika**

Za nemali broj djece matematika je najteži školski predmet. Brojna istraživanja nastojala su utvrditi procese u osnovi uspješnosti, ali i poteškoća u matematici. Značajni čimbenici koji doprinose razvoju matematičkih vještina su kapacitet i efikasnost svih komponenti radnog pamćenja te njegove izvršne funkcije. Istraživanja su potvrdila povezanost između mjera radnog pamćenja i razine uspješnosti u matematici (npr. Swanson i Beebe-Frankenberg, 2004). Iako postoji nesuglasnost rezultata oko pitanja koja komponenta radnog pamćenja najbolje predviđa uspješnost u matematici, istraživanja pokazuju kako je radno pamćenje snažan prediktor matematičkih vještina čak i kada se kontrolira utjecaj nekih drugih varijabli kao što je inteligencija (Alloway i Alloway, 2010, prema Friso-van den Bos, van der Ven, Kroesbergen i van Luit, 2013). Nadalje, radno pamćenje ima važnu ulogu u individualnim razlikama u matematičkoj uspješnosti što pokazuju istraživanja koja se bave učenicima s poteškoćama u učenju matematike te longitudinalne studije u kojima se prate i međusobno uspoređuju učenici s poteškoćama u matematici i učenici koji takvih poteškoća nemaju.

Matematičke vještine su najčešće podijeljene u dvije skupine; *osnovno računanje* i *problemske zadatke*. Osnovno računanje odnosi se na zadatke koji uključuju aritmetički izračun odnosno računске operacije. Čak i najjednostavniji matematički izračun zahtjeva odigravanje tri procesa u radnom pamćenju; privremenu pohranu informacija o zadatku, dosjećanje važnih postupaka za rješavanje zadataka i izvedbu operacija kojima će se te informacije pretvoriti u brojčani odgovor. Swanson (2006, prema Dehn, 2008) navodi kako je vizuospacijalna komponenta radnog pamćenja najbolji prediktor uspješnosti u aritmetici, dok neki drugi autori tvrde (npr.

Gathercole i Pickering, 2000, prema Dehn, 2008) kako je kombinacija vizuospacijalne i izvršne komponente u najjačoj vezi s tom matematičkom vještinom. Problemski zadaci odnose se na matematičke zadatke postavljene u tekstualnom obliku te sadrže određene nepoznanice do kojih učenik treba doći upotrebljavajući određeni način razmišljanja i prethodno stečeno matematičko znanje. Takvi zadaci predstavljaju veće opterećenje za radno pamćenje. Naime, rješavanje nekog problemskog zadatka zahtjeva razumijevanje i privremenu pohranu teksta zadatka, dosjećanje matematičkih činjenica i procedura iz dugoročnog pamćenja, prepoznavanje odgovarajućeg algoritma za zadani zadatak, ažuriranje sadržaja u radnom pamćenju, nadgledanje cjelokupnog procesa pronalaženja točnog rješenja i konačno, evaluiranje ponuđenog rješenja (Swanson i Beebe-Frankenberg, 2004). Prema Swansonu (2006; prema Dehn, 2008) izvršna komponenta najbolji je prediktor za uspješnost rješavanja problemskih zadataka. Resursi radnog pamćenja i svih njegovih komponenti potrebni su u različitom stupnju za obje vrste matematičkih vještina, a izrazito tijekom početnih faza usvajanja matematike. Kako znanje i vještine rastu i učenici usvajaju načine rješavanja određenih zadataka, manje se opterećuje radno pamćenje s obzirom da se neka rješenja automatski aktiviraju u dugoročnom pamćenju (Imbo i Vandierendonck, 2007, prema Dehn, 2008). O povezanosti pojedine komponente radnog pamćenja i matematike raspravlja se u sljedećim odlomcima.

Brojna istraživanja potvrdila su značajnu povezanost vizuospacijalnog ekrana i individualnih razlika u matematici. Istraživanja pokazuju kako djeca s poteškoćama u učenju matematike pokazuju slabije rezultate na zadacima vizuospacijalne komponente radnog pamćenja (Gathercole i Pickering, 2000, prema De Smedt, Janssen, Bouwens, Verschaffel, Boets i Ghesquière, 2009). Friso-van den Bos i sur. (2013) u meta-analizi 111 studija navode kako je prosječna povezanost vizuospacijalne komponente i matematičke uspješnosti 0.34. No ipak, doprinos te komponente radnog pamćenja različit je tijekom razvoja djeteta i čini se posebno važan u početnim fazama učenja matematike. Dominantnu ulogu ima u predškolskom razdoblju kada djeca još nisu usvojila simboličku i verbalnu reprezentaciju aritmetike, nego koriste vizualni model (Holmes i Adams, 2006, prema Dehn, 2008). Tako Rasmussen i Bisanz (2005, prema De Smedt i sur. 2009) navode kako je vizuospacijalni ekran najbolji prediktor uspješnosti na standardnim aritmetičkim problemima kod predškolske djece, te da ta povezanost nestaje u prvom razredu. Autori ističu kako predškolci često koriste tehnike kao što su brojanje na prste ili upotreba različitih objekata kako bi stvorili konkretnu reprezentaciju matematičkog računa i na taj način došli do lakšeg rješenja. Potreba konkretne reprezentacije matematičkog zadatka opada s kronološkom dobi, odnosno poboljšanjem znanja i vještina u matematici. Neki autori navode kako

vizuospacijalna komponenta ima ulogu još i u prvom razredu osnovne škole. McKenzie, Bull i Gray (2003, prema Raghobar i sur., 2010) proveli su istraživanje koristeći princip dualnog zadatka u kojem su djeca rješavala jednostavan aritmetički zadatak u 3 uvjeta; bez dodatnog zadatka, uz zadatak koji se odnosi na fonološku petlju i zadatak za vizuospacijalni ekran. Mlađa djeca (6 i 7 godina) pokazala su gotovo potpuno neosjetljivost na fonološku interferenciju, dok je istovremeno rješavanje zadatka za vizuospacijalnu komponentu omelo rješavanje matematičkog zadatka. S druge strane, starija djeca (8 i 9 godina) pokazala su osjetljivost za obje vrste interferencije, s tim da je njihov učinak na zadatku iz matematike pri vizuospacijalnom uvjetu bio bolji nego kod mlađe djece. Prema navedenim rezultatima čini se kako vizuospacijalni ekran ima važnu ulogu u matematičkoj izvedbi najkasnije do kraja 2. razreda osnovne škole. Djeca tada počinju koristiti verbalne strategije u računanju te čak i vizualno prezentirani matematički problem nastoje rekodirati u verbalni kod (Rasmussen i Bisanz, 2005, prema Dehn, 2008). Iako neki autori navode kako vizuospacijalni ekran može biti važan u starijoj dobi kada se učenici susreću s novim geometrijskim zadacima, poznato je kako u višim razredima glavnu ulogu u matematičkim vještinama preuzima fonološka petlja.

S obzirom da su brojevi vrsta riječi, a problemski zadaci pisani su u tekstualnom obliku, očito je da fonološko skladište i procesiranje imaju ulogu u osnovnom računanju i rješavanju problemskih zadataka. Friso-van den Bos i sur. (2013) u meta-analizi navode kako je prosječna povezanost fonološke petlje i matematike 0.31. Swanons i Kim (2007, prema De Smedt i sur., 2009) navode kako je fonološka petlja značajan prediktor matematičkog postignuća kod djece starosti 6 do 10 godina. DeSmedt i sur. (2009) proveli su longitudinalnu studiju kako bi ispitali odnos matematike i svih komponenti radnog pamćenja kod djece u 1. i 2. razredu osnovne škole. Pokazalo se kako fonološka petlja nije značajan prediktor matematičke izvedbe u 1. razredu što je u skladu s navedenim nalazima o važnosti vizuospacijalnog ekrana u prethodnom dijelu teksta. Međutim, fonološka petlja pokazala se kao značajan prediktor uspješnosti u matematici u 2. razredu. Važno je napomenuti kako se fonološka petlja pokazala značajnim prediktorom matematike u 2. razredu čak i kada se kontrolirao utjecaj prethodno stečenog matematičkog znanja u 1. razredu. Ovakvi rezultati nadopunjuju istraživanja o ulozi vizuospacijalnog ekrana u matematici te omogućuju lakše zaključivanje o ulozi pojedine komponente radnog pamćenja u usvajanju ove važne školske vještine. Promjena u važnosti fonološke petlje nakon 1. razreda osnovne škole najvjerojatnije je posljedica povećanog oslanjanja na fonološko kodiranje tijekom računanja te promjene u strategijama računanja. Individualne razlike u rješavanju matematičkih problema u višim razredima, u skladu s navedenim rezultatima, mogu se povezati s razlikama u

funkcioniranju fonološke petlje. Noel, Seron i Trovarelli (2004, prema DeSmedt, 2009) navode kako je bolje funkcioniranje fonološke petlje povezano s češćom upotrebom verbalnih strategija računanja i brojenja te time rjeđom upotrebom računanja na prste. To potvrđuje da je bolje funkcioniranje fonološke petlje povezano sa složenijim i zrelijim strategijama računanja. Stoga, nije iznenađujuće da djeca s određenim matematičkim poteškoćama imaju otežano kratkoročno zadržavanje verbalnih informacija (Swanson i Beebe-Frankenberg, 2004). Razlog otežanog zadržavanja informacija može biti manji raspon fonološke petlje ili neuspješna upotreba fonološkog procesa ponavljanja. Zadržavanje određenih brojeva u petlji izrazito je važno kod složenijih matematičkih zadataka kada je potrebno jedan dio rješenja privremeno pohraniti, dok se izvodi određena računjska operacija s ostatkom zadatka. Primjer za takvo računanje su matematičke jednadžbe ili kada učenik uči zbrajati ili množiti brojeve s tzv. prenošenjem. Neizostavnu ulogu u istovremenoj pohrani i manipuliranju informacija ima središnji izvršitelj.

Središnji izvršitelj igra neophodnu ulogu u svim vrstama matematičkog računanja i rasuđivanja. On je odgovoran za koordinaciju i nadgledanje svih procesa uključenih u matematičke procese; računanje, zadržavanje redoslijeda informacija, praćenje informacija u višetapnim zadacima te odabir i izvršavanje strategije za rješavanje problema. Rezultati istraživanja pokazuju povezanost središnjeg izvršitelja i aritmetike, sugerirajući kako je ta komponenta odgovorna za nadgledanje i koordinaciju različitih koraka pri rješavanju matematičkih zadataka. Swanson i Kim (2004, prema DeSmedt, 2009) navode kako je povezanost centralnog izvršitelja i matematike postojana i kada se kontrolira utjecaj fonološke petlje. Ti rezultati u skladu su s istraživanjem Swansona i Beebe-Frankenbergera (2004) koji ističu kako središnji izvršitelj samostalno doprinosi objašnjenju varijance dječje uspješnosti u rješavanju problemskih zadataka čak i kada se u obzir uzme doprinos fonološkog procesiranja, vještina čitanja, računanje i inhibicija. De Smedt i sur. (2009) navode kako je središnji izvršitelj značajan prediktor matematičke uspješnosti u 1. i 2. razredu osnovne škole kada se kontrolira utjecaj fonološke petlje i vizuospacijalnog ekrana. Međutim, kada se uzme u obzir utjecaj prethodnog znanja matematike iz 1. razreda, izvršitelj više ne pridonosi u objašnjenju individualnih razlika u 2. razredu osnovne škole. Iako postoje neslaganja istraživanja u stupnju važnosti središnjeg izvršitelja, jasno je kako zasigurno ima određenu ulogu u matematičkoj izvedbi kroz različite razrede. Izvršne funkcije također su važne za matematičku izvedbu. Naime, matematički zadaci često od učenika traže prebacivanje pažnje s jednog dijela zadatka na drugi, kao npr. kada je u matematičkoj jednadžbi potrebno nešto zbrojiti, pomnožiti te potom oduzeti. Nadalje, inhibicija i selektivna pažnja omogućuju učeniku usmjerenje na točno određeni dio zadatka te zanemarivanje nevažnih informacija. Ukoliko

učenik ima problema s inhibicijom kao izvršnom funkcijom radnog pamćenja, nevažne informacije opterećuju kapacitet radnog pamćenja tijekom rješavanja određenog zadatka i na taj način dolazi do netočnog rješenja ili produljenog rješavanja zadatka (Dehn, 2008). Friso-van den Bos i sur. (2010) u meta - analizi navode kako je povezanost mjera inhibicije i matematike niska i iznosi 0.27. Međutim, pokazalo se kako povezanost inhibicije i matematičke uspješnosti ovisi i o načinu na koji se ispituje znanje iz matematike; ta povezanost je veća kada se koriste školski testovi matematike nego neki određeni test kao što je test koji ispituje samo aritmetiku. Nadalje, u istoj meta-analizi pronađeno je kako je povezanost prebacivanja kao izvršne funkcije i matematike 0.28. Ne samo da učenici moraju prebacivati pažnju između različitih koraka u zadacima, nego i između različitih operacija i strategija kako bi pronašli rješenje. Od sve tri izvršne funkcije središnjeg izvršitelja, ažuriranje je naj snažnije povezano s matematičkom izvedbom (DeSmedt i sur. 2009). Ono je važno za privremeno zadržavanje rezultata u međukoracima zadatka te praćenje pravilnog redoslijeda rješavanja zadatka. Koliko je važna izvršna komponenta radnog pamćenja, pokazuje i činjenica da ograničeni kapacitet izvršnog dijela radnog pamćenja ili preveliki zahtjevi na njegove resurse rezultiraju sporijim računanjem i većim brojem grešaka čak i kada su matematičke činjenice dobro utemeljene. Swanson i Beebe - Frankenbergera (2009) navode da čak i ako su druge komponente radnog pamćenja izvrsne, izvedba na matematičkim zadacima neće biti zadovoljavajuća ukoliko su osnovni procesi u izvršitelju oslabljeni. Učenici s oštećenjem izvršitelja nisu u mogućnosti aktivirati važne informacije iz dugoročnog pamćenja niti integrirati aktivne jedinice u fonološkoj petlji i vizuospacijalnom ekranu što u konačnici dovodi do otežanog rješavanja zadataka.

Iako istraživanja ne daju u potpunosti jasnu sliku o tome koja komponenta ima naj snažniju ulogu u objašnjenju uspješnosti u matematici, iz brojnih istraživanja vidljivo je kako je cjelokupni sustav radnog pamćenja zasigurno jedan od čimbenika kojeg treba uzeti u obzir kada se promatraju procesi u osnovi matematike. Čini se kako se doprinos pojedinih podkomponenti individualnim razlikama u matematici mijenja s godinama, te se tako mlađa djeca više oslanjaju na vizuospacijalni ekran, a starija na fonološku petlju. Središnji izvršitelj kontrolirali cjelokupni rad podsustava te je važan u svakom segmentu matematike s obzirom da ona zahtjeva istovremenu pohranu i procesiranje informacija. Svakako je važno napomenuti kako se pri tumačenju povezanosti matematike i radnog pamćenja u obzir trebaju uzeti još neki čimbenici. Naime, način i razina uključenosti radnog pamćenja ovise o dobi, ali i razini stručnosti u matematici i vrsti matematičkog problema. Friso-van den Bos i sur. (2013) ukazuju kako način ispitivanja matematičkog znanja utječe na povezanost matematike i radnog pamćenja. Čak i način

prezentiranja zadatka utječe na to koji će se dio radnog pamćenja više aktivirati: vertikalno prikazani matematički problem s dva broja aktivira vizuospacijalnu komponentu, za razliku kada se zadatak prikaže horizontalnu, u obliku „numeričke rečenice“ koja aktivira fonološku petlju (Trbovich i LeFerve, 2003, prema Dehn, 2008). Bez obzira na raznolikost načina ispitivanja radnog pamćenja, matematike te uključenost moderatora ili medijatora u različitim istraživanjima, određeni oblik povezanosti radnog pamćenja i matematičke izvedbe ostaje neupitan.

#### 4.) INTERVENCIJE

Poznavanje povezanosti radnog pamćenja i učenja školskih vještina ima i praktičnu vrijednost. Iako veliki broj autora smatra kako su kapacitet i neka druga obilježja radnog pamćenja urođena i da se kao takva ne mogu puno mijenjati, postoje određeni savjeti i intrevencijski programi kojima se može poboljšati učinak radnog pamćenja kod djece u školskom okružju. Većina tih intervencija sastoji se od podučavanja učenika posebnim kognitivnim strategijama koje omogućuju uspješno korištenje postojećih resursa radnog pamćenja. Iako su većinom namijenjene učenicima sa slabijim kapacitetom radnog pamćenja mogu biti korisne i za učenike koji takvih poteškoća nemaju. Nadalje, brojne takve intervencije ne zahtijevaju nikakva poseban trening te ih stoga mogu provoditi nastavnici u školi. No prije svega važno je povećati svijest nastavnika o tome kako razredne aktivnosti mogu preopteretiti radno pamćenje učenika, posebno kod djece koja imaju određene poteškoće u njegovom funkcioniranju. U nastavku ovog poglavlja bit će ukratko navedeno nekoliko strategija kojim se mogu koristiti nastavnici kako bi smanjili opterećenje radnog pamćenja i tako poboljšali učenje i izvedbu učenika u razredu.

##### 4.1) Strategije radnog pamćenja i mnemotehnike

Strategije za poboljšani učinak radnog pamćenja mogu se provoditi individualno, u grupama ili pak na cijelom razredu. Takve se strategije mogu podijeliti u dvije glavne skupine. Prvu skupinu čine **strategije učenja napamet** (engl. *rote strategies*) koje se odnose na jednostavno reproduciranje materijala u istom obliku u kojem je bio prezentiran. Jednostavne su, ne zahtijevaju puno pažnje i razumijevanja te ne predstavljaju veliki zahtjev za kapacitet radnog pamćenja. No, one su uglavnom od koristi kada učenik mora privremeno usvojiti neki materijal. Ako je cilj dugoročna pohrana informacija bolje je koristiti **strategije odnosa** (engl. *relational strategies*). One zahtijevaju procesiranje na višoj razini, materijal za učenje čine smislenijim i povećavaju vjerojatnost zadržavanja informacija u dugoročnom pamćenju. Jedna od takvih strategija je

*subvokalno ponavljanje*. Iako se ono kod većine djece razvija spontano, djeca s poteškoćama u fonološkoj petlji ponekad ne koriste tu strategiju automatski. Prema tome, takvim učenicima važno je ukazati na važnost ponavljanja, a posebnim se treningom može razvijati i vježbati subvokalno ponavljanje. Nadalje, *elaborativno ponavljanje* ima za cilj povezivanje novih informacija s već postojećim znanjem. Ukoliko djeca trebaju zapamtiti neke nove ključne pojmove na nastavi može se koristiti *semantičko ponavljanje*. Djeci se prezentira novi pojam koji trebaju naučiti te ih se nastoji potaknuti da kreiraju rečenicu u kojoj će upotrijebiti taj isti pojam. Još bolji učinak ima slaganje cijele priče s nekoliko pojmova koje učenik mora usvojiti. *Parafraziranje* se odnosi na ponavljanje informacija svojim vlastitim riječima što od učenika zahtjeva reorganizaciju i sažimanje materijala u manje i dobro integrirane cjeline. Takva tehnika može se koristiti nakon čitanja određenog teksta jer će omogućiti bolje razumijevanje pročitano. Parafraziranje se također može vježbati. Učenicima se prvo prezentira kraća rečenica te se od njih traži da ponove značenje te rečenice svojim riječima. Kako vježba napreduje, povećava se duljina teksta kojeg učenik treba parafrazirati. Jedna od tehnika koja je izrazito korisna naziva se *dvostruko kodiranje*. Naime, ona uključuje prezentiranje određenog materijala za učenje i verbalnim i vizualnim putem. Na taj način stvara se više puteva do iste informacije te se tako olakšava dosjećanje u budućim situacijama.

Mnemotehnike su specifične mentalne strategije koje služe za zadržavanje materijala i poboljšanje pamćenja. Njima se nastoji povezati nepovezano, naći dobre znakove za dosjećanje te besmisleno učiniti smislenim. Najčešća podjela mnemotehnika je na verbalne, predodžbene/vizualne te mješovite. Primjer verbalne mnemotehnike je *skraćivanje* gdje se smanjuje broj informacija kako bi se dobila manja, pamtljiva cjelina. Najčešće se radi o stvaranju akronima (npr. NATO - North Atlantic Treaty Organization). U vizualne mnemotehnike ubrajaju se, na primjer, *bizarno predočavanje* u kojem se stvara određena mentalna slika kojom se smanjuje broj čestica i povećava različitost materijala kako bi on postao otporniji na interferenciju. Mješovite mnemotehnike koriste i verbalne i vizualne informacije, a neke od njih su sustav riječi-klinova, tehnika ključnih riječi, procesni mnemonici itd. Sve ove strategije potrebno je intenzivno uvježbavati i koristiti kako bi one postale automatizirane. Radno pamćenje u osnovi je svakog aspekta učenja, a takve tehnike ne samo da olakšavaju učenje, nego jednom kada su automatizirane, ostavljaju više prostora u radnom pamćenju za dodatne operacije.

#### **4.2) Savjeti za smanjenje opterećenja radnog pamćenja u učionici**

Osim korištenja određenih kognitivnih strategija, nastavnici mogu poduzeti dodatne strategije kako bi u školskom okruženju smanjili rizik od preopterećenja radnog pamćenja kod

učenika. Problemi čitanja vezani uz radno pamćenje mogu se barem djelomično ublažiti ako se uzme u obzir kvaliteta materijala za čitanje i efikasnost procesiranja samog učenika. Jedan od načina je korištenje tzv. *jednostavnog jezika* koji se odnosi na korištenje kratkih rečenica, poznatog rječnika i dobro logički strukturiranog teksta (Numminen, 2002). Također, sve upute i objašnjenja izrečena na nastavi moraju biti kratka i jednostavna. Korištenje kratkih rečenica bez nepotrebnih informacija i nepoznatih riječi smanjit će opterećenje radnog pamćenja, posebno za učenike koji imaju poteškoće u radu fonološke petlje. Nadalje, učenici mogu imati problema u usvajanju gradiva ukoliko istovremeno moraju obavljati dvije aktivnosti. Što je više aktivnosti koje učenici trebaju ispuniti, to je više zahtjeva koji se stavljaju na radno pamćenje. Primjer takve situacije je istovremeno slušanje nastavnika i pisanje bilješki. Stoga je potrebno zadavati *jednostavne, zasebne zadatke*. Pri istovremenom pisanju bilješki i čitanju, nastavnik može učenicima osigurati predložak bilješki u kojem je potrebno nadopuniti neku riječi ili podvući određeni dio teksta. Na taj način ostat će više kapaciteta za slušanje onoga što nastavnik govori. Velike zadatke potrebno je razbiti u manje korake, a prebacivanje pažnje s jednog zadatka na drugi smanjiti koliko god je moguće. Na taj način učenicima se omogućuje rad na jednom zadatku u kojeg mogu uložiti sav svoj kapacitet i pažnju. *Ponavljanje* gradiva također je korisno za sve učenike. Ono će biti još učinkovitije ukoliko se zagovara *procesiranje na višoj razini* tj. aktivno rezoniranje i razmišljanje o gradivu. Korištenje *vanjskih pomagala* koji smanjuju opterećenja radnog pamćenja izrazito je korisno za djecu s poteškoćama u radnom pamćenju. U takva pomagala ubrajaju se na primjer napisane upute sa svim koracima koje učenik mora obaviti ako se radi o nekoj složenoj aktivnosti, brojevni pravac ili kalkulator za lakše rješavanje složenijih matematičkih zadataka. Dobro organizirana nastava omogućuje učenicima lakše praćenje i usvajanje gradiva. Ono što doprinosi organizaciji gradiva, boljem učenju i smanjenju opterećenja radnog pamćenja su različite  *kreativne tehnike organiziranja materijala* za učenje poput nekakvih metafora, analogija, dijagrama ili umnih mapa. Naglašavanje glavnih ideja u tekstu, navođenje različitih primjera koji će povezati prezentirane ideje na nastavi te povlačenje paralele između naučenog gradiva i stvarnog života učenika također olakšava učenje te istovremeno stavlja manje zahtjeva na radno pamćenje.

## 5.) ZAKLJUČAK

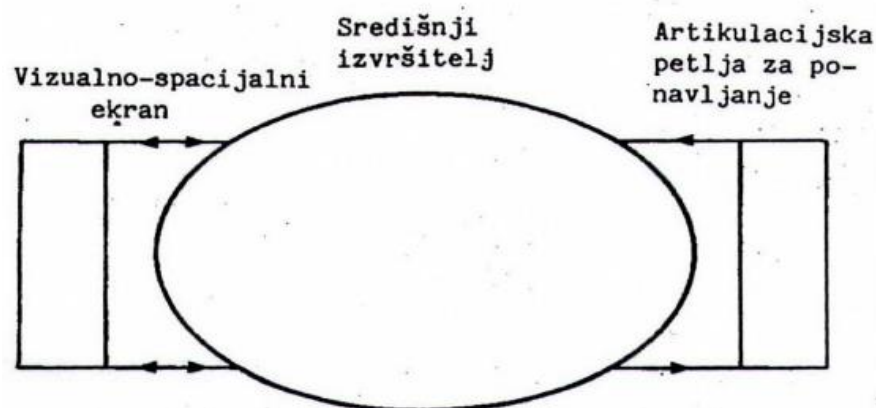
Cilj ovog rada bio je pobliže opisati povezanost radnog pamćenja s čitanjem i matematikom - dvjema osnovnim školskim vještinama koje djeca moraju savladati ukoliko žele uspješno napredovati u svom obrazovanju. Iz ovog rada vidljivo je kako su efikasnost i kapacitet cijelog te svake pojedine komponente radnog pamćenja izrazito važne za uspješno savladavanje tih školskih zadataka. Procesi uključeni u čitanje kao što su dekodiranje teksta, procesiranje fonoloških



informacija, stvaranje smislene reprezentacije teksta, i u konačnici, razumijevanje pročitano­g teksta ne bi bili mogući bez radnog pamćenja s obzirom da svi ti procesi opterećuju i pohranu i procesiranje radnog pamćenja. Uloga radnog pamćenja posebno je važna u početnim stadijima usvajanja čitanja. Djeca koja postižu niže rezultate na svim mjerama radnog pamćenja često su ujedno i lošiji čitači od njihovi vršnjaci čije radno pamćenje uredno funkcionira. Iako istraživanja daju različite rezultate o odnosu radnog pamćenja i matematičke uspješnosti, glavni zaključak je kako se doprinos pojedinih podkomponenti u matematici mijenja s dobi te se tako mlađa djeca više oslanjaju na vizuospacijalni ekran, a starija na fonološku petlju. Individualne razlike u radnom pamćenju također su povezane s uspješnosti savladavanja matematičkih vještine, pa tako djeca sa slabijim funkcioniranjem radnog pamćenja imaju poteškoća u rješavaju aritmetičkih i problemskih zadataka. Iako je radno pamćenje samo jedan od čimbenika koji utječe na uspješnost u čitanju i matematici svakako ga treba uzeti u obzir. Ispitivanje radnog pamćenja trebalo bi biti dio testiranja prilikom polaska u školu kako bi se na vrijeme mogle prepoznati poteškoće u učenju uzrokovane oslabljenim radnim pamćenjem. Takvo ispitivanje radnog pamćenja dobro predviđa koja djeca će u sljedeće tri godine morati pohađati nastavu po posebnom programu. Nadalje, postoje određeni indikatori koji roditeljima i/ili nastavnicima mogu ukazati da se radi o problemima radnog pamćenja. Neki od njih su: teže praćenje i izvršavanje dužih uputa, usporeno računanje, nerazumijevanju dugačkih rečenica ili dijelova teksta ili poteškoće u sudjelovanju u nekom tematskom razgovoru. Ukoliko se posumnja na postojanje problema u funkcioniranju radnog pamćenja, određenim psihološkim mjernim instrumentima moguće je procijeniti njegovo funkcioniranje i utvrditi postoje li zaista problemi te u skladu s tim intervenirati na najbolji mogući način kako bi se djetetu olakšalo učenje.

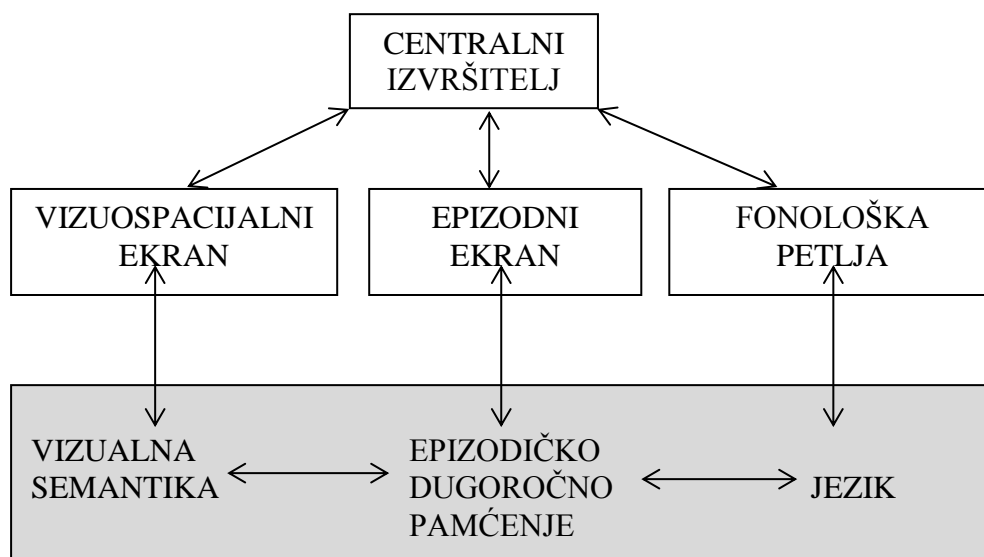
## 6.) PRILOZI

### Prilog 1



Slika 1. Prva verzija Baddeleyevog model radnog pamćenja (preuzeto iz Zarevski, 2001)

## Prilog 2



Slika 1. Model radnog pamćenja s 4 komponente.

## 7.) LITERATURA

Arina, S., Gathercole, S., i Stella, G. (2015). The role of the Working Memory in the early phases of learning to read. *BPA-Applied Psychology Bulletin (Bollettino di Psicologia Applicata)*, 273, 31.

Atkinson, R. C., i Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. *The psychology of learning and motivation*, 2, 89-195.

Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556-559.

Baddeley, A. D., i Hitch, G. (1974). Working memory. *The psychology of learning and motivation*, 8, 47-89.

Baddeley, A., Eysenck, M.W., i Anderson, M.C. (2009). *Memory*. Hove: Psychology Press.

- Brady, S. A. (1991). The role of working memory in reading disability. *Phonological processes in literacy: A tribute to Isabelle Y. Liberman*, 129-151.
- De Smedt, B., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B., i Ghesquière, P. (2009). Working memory and individual differences in mathematics achievement: A longitudinal study from first grade to second grade. *Journal of experimental child psychology*, 103(2), 186-201.
- Dehn, M. J. (2008). *Working memory and academic learning: Assessment and intervention*. Hoboken: John Wiley & Sons
- Friso-van den Bos, I., van der Ven, S. H., Kroesbergen, E. H., i van Luit, J. E. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational research review*, 10, 29-44.
- Gathercole, S. E., Alloway, T. P., Willis, C., i Adams, A. M. (2006). Working memory in children with reading disabilities. *Journal of experimental child psychology*, 93(3), 265-281.
- Numminen, H. (2002). *Working memory in adults with intellectual disability*. Famr, Research Publications. Helsinki: Kehitysvammaliitto.
- Revlin, R. (2011). *Cognition: Theory and Practice*. New York: Worth Publishers.
- Rončević Zubković, B. (2010). Ustrojstvo radnog pamćenja i njegova uloga u jezičnom procesiranju. *Psihologijske teme*, 19(1), 1-29.
- Siegel, L. S. (1994). Working memory and reading: A life-span perspective. *International Journal of Behavioral Development*, 17(1), 109-124.
- Smith, E. E., i Kosslyn, S.M. (2006). *Cognitive Psychology: Mind and Brain*. Pearson.
- Swanson, H. L., i Beebe-Frankenberger, M. (2004). The relationship between working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for serious math difficulties. *Journal of Educational Psychology*, 96(3), 471.
- Swanson, H. L., i Jerman, O. (2007). The influence of working memory on reading growth in subgroups of children with reading disabilities. *Journal of experimental child psychology*, 96(4), 249-283.
- Young, M. L. (2000). Working memory, language and reading. *Brain Connection (e-zine)*.
- Zarevski, P. (2001). *Psihologija pamćenja i učenja*. Jastrebarsko: Naklada Slap.