

**UNIVERZA V MARIBORU**  
**FILOZOFSKA FAKULTETA**  
Oddelek za psihologijo

**MAGISTRSKO DELO**

Marina Horvat

**Maribor, 2014**



**UNIVERZA V MARIBORU**  
**FILOZOFSKA FAKULTETA**  
Oddelek za psihologijo

Magistrsko delo  
**VPLIV TRENINGA DELOVNEGA SPOMINA NA KOGNITIVNE  
SPOSOBNOSTI**

Master thesis  
**THE EFFECT OF WORKING MEMORY TRAINING ON COGNITIVE  
ABILITIES**

Mentor:  
red. prof. dr. Norbert Jaušovec

Kandidatka: Marina Horvat

Maribor, 2014

Lektorica: Nataša Litrop, prof. slov. in soc.

Prevajalka: Nataša Novak, prof. ang.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju, red. prof. dr. Norbertu Jaušovcu, za strokovno vodenje in nasvete pri nastajanju magistrske naloge.

Zahvala je namenjena tudi moji družini in prijateljem za vse spodbude in razumevanje.



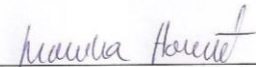
Univerza v Mariboru

Filozofska fakulteta

## IZJAVA

Podpisani-a Marina Horvat, rojen-a 12.10.1989, študent-ka Filozofske fakultete Univerze v Mariboru, študijskega programa 2. stopnje Psihologije, izjavljam, da je magistrsko delo z naslovom Vpliv treninga delovnega spomina na kognitivne sposobnosti pri mentorju-ici red. prof. dr. Norbertu Jaušovcu, avtorsko delo.

V magistrskem delu so uporabljeni viri in literatura korektno navedeni; teksti niso prepisani brez navedbe avtorjev.

  
(podpis študenta-ke)

Maribor, 4.5.2014

## **Povzetek**

V zadnjih nekaj letih se v psihološki literaturi pogosto objavljajo študije, ki nakazujejo, da lahko s treningom delovnega spomina izboljšamo dosežke na netreniranih nalogah, ki merijo višje kognitivne sposobnosti; rezultati različnih študij pa ostajajo nekonsistentni. Namen raziskave za magistrsko nalogo je bil preveriti, ali lahko s treningom delovnega spomina vplivamo na povečanje obsega kratkoročnega spomina in na povišanje točk na testu fluidne inteligentnosti.

Končni vzorec je sestavljajo 29 udeležencev, starih med 13 in 15 let. Od tega jih je bilo 14 v eksperimentalni in 15 v kontrolni skupini. Eksperimentalna skupina je v obdobju dveh tednov končala serijo desetih adaptivnih treningov delovnega spomina, ki so temeljili na dual n-nazaj nalogi. Kontrolna skupina je bila pasivna in v vmesnem času ni opravljala nobenega treninga.

Rezultati raziskave so pokazali, da so vsi udeleženci eksperimentalne skupine izboljšali svoj rezultat na trenirani nalogi dual n-nazaj. Statistično pomembnega učinka treninga eksperimentalne skupine na mero obsega števil in obsega vizualno prostorskega spomina v primerjavi z dosežki kontrolne skupine ni bilo, je pa eksperimentalna skupina v primerjavi s kontrolno skupino pridobila več na meri fluidne inteligentnosti.

Ugotovitve raziskave kažejo na pomembnost preiskovanja dejavnikov učinkovitosti prenosa učinkov treningov delovnega spomina v prihodnjih raziskavah.

## **Ključne besede**

Delovni spomin, kognitivni trening, dual n-nazaj, fluidna inteligentnost, individualne razlike

## **Abstract**

In the last few years, there is a growing evidence in psychological literature indicating that working memory training could serve as a useful tool to improve performance on non-trained tasks that measure higher cognitive abilities; however, results of different studies remain inconsistent. The aim of the present master thesis was to discover whether working memory training could improve short-term memory capacity and increase test scores on test of fluid intelligence in normal developing children.

Final sample consisted of 29 participants, between 13 to 15 years old; 14 of them were in experimental group, 15 was controls. Experimental group completed series of ten working memory trainings, based on adaptive dual n-back task. Control group was passive and did not do any training in the meantime.

Results of our study showed that all participants in experimental group improved their performance on trained task. There was no statistically significant effect of experimental group on measures of digit span and visuospatial memory span before and after training, when comparing with performance of control group. However, experimental group improved more on measure of fluid intelligence compared with control group.

Finding of our study suggest the importance of investigating factors associated with effectiveness of working memory training in future research.

## **Key words**

Working memory, cognitive training, dual n-back, fluid intelligence, individual differences



## Kazalo vsebine

1	Teoretični uvod .....	1
1.1	Delovni spomin .....	2
1.2	Naloge za trening delovnega spomina.....	4
1.2.1	N-nazaj naloga .....	5
1.3	Prenos učinkov treningov delovnega spomina.....	7
1.4	Uspeh na spominskih nalogah.....	8
1.4.1	Uspeh na treniranih nalogah.....	8
1.4.2	Uspeh na drugih nalogah delovnega in kratkoročnega spomina.....	9
1.5	Prenos na mere fluidne inteligentnosti .....	10
1.5.1	Študija Jaeggi idr. (2008) .....	11
1.5.2	Ugotovitve drugih raziskav .....	13
1.5.3	Učinki treninga delovnega spomina na otroke.....	16
1.5.4	Trajanje učinkov prenosa treningov delovnega spomina.....	17
1.5.5	Individualne razlike.....	18
1.6	Vzroki za prenos učinkov treningov delovnega spomina.....	20
2	Namen in hipoteze.....	24
3	Metoda.....	26
3.1	Udeleženci .....	26
3.1.1	Izključitveni kriteriji.....	28
3.2	Pripomočki .....	29
3.2.1	Trening delovnega spomina »dual n-back« .....	29
3.2.2	Ravnove standardne progresivne matrice (SPM).....	31
3.2.3	Obseg števil.....	32

3.2.4	Vizualno prostorski kratkoročni spomin.....	32
3.3	Postopek .....	34
3.4	Statistična obdelava podatkov .....	35
4	Rezultati .....	37
4.1	Izhodiščno testiranje .....	37
4.1.1	Primerjava skupin.....	37
4.1.2	Korelacije med nalogami na začetnem testiranju.....	37
4.2	Dosežki na trenirani nalogi.....	38
4.2.1	N-nazaj glede na spol .....	41
4.2.2	Korelacije dosežkov n-nazaj in izhodiščnim dosežkom na SPM....	42
4.3	Prenos učinka treninga na netrenirane naloge .....	44
4.3.1	Vpliv treninga na obseg števil.....	45
4.3.2	Vpliv treninga na vizualno prostorski kratkoročni spomin.....	46
4.3.3	Vpliv treninga na dosežke na testu fluidne inteligentnosti .....	47
4.3.4	Pridobitek na SPM glede na izhodiščne sposobnosti za eksperimentalno skupino.....	51
4.3.5	Pridobitek na SPM in pridobitek na trenirani nalogi .....	52
5	Interpretacija .....	53
5.1	Dosežki na dual n-nazaj .....	53
5.2	Prenos učinkov na mere kratkoročnega spomina .....	55
5.3	Prenos učinkov na mero fluidne inteligentnosti .....	57
5.4	Predlogi za prihodnje študije .....	63
6	Zaključek.....	64
7	Literatura .....	65
8	Priloge .....	1

A.	Vprašalnik k raziskavi .....	1
----	------------------------------	---

## **Kazalo tabel in slik**

### **Kazalo tabel**

Tabela 1. Osnovne opisne statistike izhodiščnega testiranja za kontrolno in eksperimentalno skupino.....	27
Tabela 2. Korelacijski koeficienti med dosežki na posameznih nalogah na izhodiščnem testiranju.....	37
Tabela 3. Frekvence, odstotne vrednosti in osnovne opisne statistike dosežkov na nalogi dual n-nazaj glede na število treningov.....	38
Tabela 4. Povprečja, standardni odkloni in parni t-testi kontrolne in eksperimentalne skupine za dobljene rezultate na začetnem in končnem testiranju .....	44

### **Kazalo slik**

Slika 1. Primer naloge enojnega n-nazaj z uporabo slušnega dražljaja (Jainta, Hoormann in Jaschinski, 2008).....	6
Slika 2. Uporabljena naloga »dual n-back« iz aplikacije Brain Workshop .....	29
Slika 3. Uporabljena naloga treninga spomina .....	31
Slika 4. Uporabljena naloga obsega kratkoročnega spomina.....	32
Slika 5. Uporabljena naloga obsega vizualno-prostorskega spomina.....	33
Slika 6. Grafični prikaz načrta študije.....	36
Slika 7. Izboljšanje rezultatov na n-nazaj nalogi. ....	40
Slika 8. Povprečne vrednosti dosežkov na posameznem treningu na nalogi n-nazaj glede na spol.....	41
Slika 9. Grafični prikaz korelacij ( $r_s$ ) med dosežki na nalogi n-nazaj in SPM na posameznem treningu.....	42
Slika 10. Povprečne vrednosti na nalogi obsega števil na testu (T1) in retestu (T2) za kontrolno in eksperimentalno skupino .....	45

Slika 11. Povprečne vrednosti na nalogi obsega vizualno prostorskega kratkoročnega spomina na testu (T1) in retestu (T2) za kontrolno in eksperimentalno skupino.....	46
Slika 12. Povprečne vrednosti SPM na testu (T1) in retestu (T2) za kontrolno in eksperimentalno skupino.....	47
Slika 13. Povprečja pri lažjih nalogah pri merjenju 1 in 2 za eksperimentalno in kontrolno skupino. ....	48
Slika 14. Povprečja pri težjih nalogah pri merjenju 1 in 2 za eksperimentalno in kontrolno skupino. ....	48
Slika 15. Povprečne vrednosti SPM oziroma SPM-P na testu (T1) in retestu (T2) glede na spol za eksperimentalno skupino .....	50
Slika 16. Standardiziran pridobitek na Ravnovih matricah glede na izhodiščne dosežke pri eksperimentalni skupini. ....	51
Slika 17. Pridobitek na SPM glede na pridobitek na trenirani nalogi .....	52

## **1 Teoretični uvod**

Kognitivne sposobnosti so ene izmed najpomembnejših lastnosti človeka za njegovo vsakdanje funkcioniranje, saj vključujejo celo vrsto pomembnih procesov, kot so zaznavanje, pozornost, učenje, spomin, mišljenje, jezik, reševanje problemov in sklepanje (Eysenck in Keane, 2007). Ravno zaradi svoje pomembnosti ne preseneča dejstvo, da je v preteklosti bilo veliko poskusov vplivanja na kognitivne sposobnosti z najrazličnejšimi sredstvi, od konzumacije »pametnih zdravil« (za pregled glej Lanni idr., 2008), možganske stimulacije (Meinzer idr., 2014), igranja računalniških in video iger (Boot, Kramer, Simons, Fabiani in Gratton, 2008) do najbolj neposredne oblike - kognitivnih treningov. Pri slednjih se je uspeh z vajo na treniranih nalogah sicer izjemno povečal, kar je sprožilo bolj optimističen pogled na možnost izboljšanja kognicije, vendar je prenos oziroma transfer na druge, netrenirane naloge običajno ostal slab - učinek je bil torej vezan na specifično nalogo (npr. Healy, Wohldmann, Sutton in Bourne, 2006).

To ostaja tudi eden glavnih očitkov uporabe kognitivnih treningov za izboljševanje kognitivnih sposobnosti (Melby-Lervåg in Hulme, 2013), kljub neredkim poročilom v zadnjih letih o uspešnosti prenosa učinkov treningov delovnega spomina na izboljšanje reševanja nalog, ki zahtevajo uporabo kognitivnih spretnosti in niso bile neposredno trenirane, med drugim tudi na naloge fluidne inteligentnosti. Glede na pomembnost delovnega spomina in fluidne inteligentnosti za človekovo uspešno vsakdanje in akademsko funkcioniranje, je koncept možnosti izboljšanja delovanja delovnega spomina in fluidne inteligentnosti tema, ki jo je pomembno preučevati v iskanju dejavnikov učinkovitosti.

Nadalje so predstavljena teoretična izhodišča za prenos učinkov treningov delovnega spomina in dosedanje ugotovitve raziskav.

## 1.1 Delovni spomin

Da bi pojasnili učinke treningov delovnega spomina, najprej pojasnujemo, kaj delovni spomin sploh je. Termin delovni spomin se nanaša na »možganski sistem, ki zagotavlja začasno hrambo in manipulacijo informacij, ki je potrebna za izvajanje kompleksnih kognitivnih nalog, kot so razumevanje jezika, učenje in sklepanje« (Baddeley, 1992, str. 556). Predlagan model je multi-komponenten in predpostavlja obstoj štirih funkcionalnih komponent delovnega spomina: (1) centralnega izvršitelja, za katerega se predvideva, da je sistem z omejeno kapaciteto pozornosti in je odgovoren za manipulacijo informacij znotraj delovnega spomina in nadzor treh sebi podrejenih sistemov: (2) vizualno prostorske skicirke, ki shranjuje vizualne in prostorske informacije, (3) fonološke zanke, ki shranjuje in ohranja informacije, ki temeljijo na govoru ter kasneje, na podlagi empiričnih ugotovitev, dodani (4) epizodični bufer, za katerega se predpostavlja, da ima omejeno kapaciteto shranjevanja in je sposoben več-dimenzionalnega kodiranja in omogoča povezovanje informacij v integrirane epizode (Repovš in Baddeley, 2006).

Delovni spomin je torej fleksibilen, s kapaciteto omejen mentalni konstrukt, ki ga uporabljamo za shranjevanje in procesiranje informacij v kratkem časovnem obdobju (Morrison in Chein, 2010). Njegovo delovanje je ključnega pomena za izvajanje cele vrste kognitivnih nalog in aktivnosti, med drugim tudi šolskih dosežkov učencev v izobraževalnem sistemu (Alloway in Alloway, 2010), njegova kapaciteta pa je eden izmed boljših napovedovalcev dosežkov na testih fluidne inteligentnosti (Conway, Cowan, Bunting, Therriault in Minkoff, 2002).

Kapaciteta delovnega spomina je dolgo bila obravnavana kot relativno nespremenljiva, razen sprememb, ki so nastale kot posledica nevroloških obolenj ali možganskih poškodb (npr. Christodoulou idr., 2001), pri katerih se je kapaciteta spomina občutno zmanjšala. Nekatere izmed novejših študij pa kažejo na to, da je s primerno vsebino in trajanjem treninga možno vplivati na kapaciteto delovnega spomina in jo s tem povečati.

Kapaciteto delovnega spomina merimo z uporabo različnih kognitivnih nalog. Da lahko rezultat na dotični nalogi izboljšamo, če jo večkrat ponavljamo oziroma vadimo, ni nič nenavadnega, zato so v zadnjih letih v središču študije, ki kažejo učinke prenosa oziroma transfera na druge naloge, t.j. izboljšanje dosežkov po treningu na netreniranih nalogah, še posebno pa so aktualne tiste študije, v katerih so preučevali sposobnosti višjega reda (Lilienthal, Tamez, Shelton, Myerson in Hale, 2012).

Nedavni pregledi študij treningov delovnega spomina Morrisona in Cheina (2010) ter pregled Klingberga (2010) zaključujejo, da so rezultati individualnih študij spodbudni in kažejo, da trening delovnega spomina lahko služi kot pomembno orodje za izboljšanje ne le kapacitete delovnega spomina, ampak tudi splošnih kognitivnih sposobnosti tako pri zdravi kot tudi pri klinični populaciji z deficiti delovnega spomina. Lahko pa je uporabljena tudi kot koristna intervencija za posameznike, katerih nizka kapaciteta delovnega spomina predstavlja oviro pri doseganju uspehov v šoli ali v vsakdanjem življenju (Klingberg, 2010).

Spet nekateri drugi avtorji pa poročajo, da t.i. možganski trening<sup>1</sup>, namenjen izboljšanju kognitivnih sposobnosti, ne kaže prenosa učinkov, saj učinkov na rezultate nalog kognitivnih sposobnosti - sklepanja, spomina, načrtovanja, vizualno prostorskih nalogah ali pozornosti, ki niso bile neposredno trenirane, niso potrdili. Učinek treninga se je pokazal le na treniranih nalogah (Owen idr., 2010).

Nasprotujoči si rezultati študij so lahko posledica uporabe različnih nalog in drugačnega eksperimentalnega designa posameznih študij. Pomanjkanje konsistentnosti v eksperimentalnih metodah in uporabljenih nalogah namreč otežuje dejansko primerjanje učinkovitosti, saj ima »vsaka ekipa svoj pristop in brez standardizacije je nemogoče določiti, ali so dobljeni kontradiktorni rezultati posledica specifičnosti pri postopku ali gre specifične razlike v paradigmi« (Morrison in Chein, 2010, str. 57).

---

<sup>1</sup> Učenje načinov za izboljšanje inteligentnosti, spomina, zmožnost mišljenja idr. ("Cambridge dictionaries online," 2014).



V nadaljevanju predstavljamo pregled različnih pristopov k treniranju delovnega spomina in uporabljene naloge za trening.

## **1.2 Naloge za trening delovnega spomina**

Morrison in Chein (2010) v svojem pregledu študij identificirata dva različna pristopa k treningom delovnega spomina - trening strategij in jedrni (ang. *core*) trening. Pri prvem gre za učenje dodatnih, domensko specifičnih strategij, ki udeležencem omogočajo, da si zapomnijo večjo količino informacij specifičnega tipa in so težko prenosljive na drug material.

Pri jedrnem treningu pa so udeleženci naprošeni, da ponavljajo zahteven trening delovnega spomina, ki cilja splošne mehanizme delovnega spomina. Jedrni treningi so običajno oblikovani tako, da znižujejo verjetnost uporabe domensko specifičnih strategij, minimalizirajo avtomatizacijo reševanja, vsebujejo naloge oziroma dražljaje, ki obsegajo več modalitet, zahtevajo nenehno vzdrževanje pozornosti, vzpodbujajo hitro kodiranje in zahteve po ponovni pridobitvi podatkov, se prilagajajo udeležencevi stopnji sposobnosti in zahtevajo visoko intenziteto kognitivnega delovanja. Na podlagi pregleda študij avtorja zaključujeta, da imajo jedrni treningi bolj daljnosežne učinke, saj delujejo na podlagi spodbujanja splošnih mehanizmov delovanja spomina.

Veliko študij je z jedrnimi treningi poskušalo doseči spremembe v kapaciteti delovnega spomina (npr. Jaeggi, Buschkuhl, Perrig in Meier, 2010). Buschkuhl in Jaeggi (2010) sta mnenja, da je tudi pri jedrnem treningu za učinkovit prenos učinkov potrebna skrbna izbira treniranih nalog. Kot prvi pogoj za uspešen transfer navajata, da je potrebno izbrati naloge, ki minimalizirajo razvoj strategij za reševanje nalog. Objekt treninga morajo namreč biti spremembe v sistemu procesiranja informacij, ne pa spremembe v načinu, kako posameznik nalogo opravlja (Ericson in Delaney, 1998; v Jaeggi, Buschkuhl idr., 2010). Naloge morajo tudi biti zasnovane tako, da neprestano vzdržujejo visok nivo zahtevnosti treninga in hkrati upoštevajo individualne razlike v napredku na treniranih nalogah. Upoštevajoč ta vidik se priporoča raba prilagodljive metode treninga, ki nenehno prilagaja težavnost treninga glede na dejansko uspešnost vsakega posameznika, saj s tem zagotavlja, da je sistem izvršilne kontrole v zadostni meri vzdražen, da

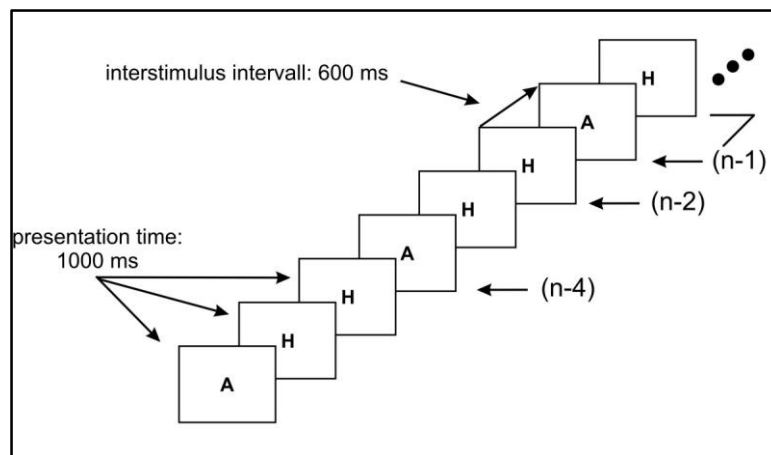
preprečuje avtomatično procesiranje. Tretjič, nujen poudarek je na sistemu procesiranja informacij med samim treningom v obliki uporabe zelo kompleksne paradigme treninga - vključitve več kot ene modalitete dražljaja naenkrat ali pa reševanju dveh nalog simultano (npr. Anguera idr., 2013). Kasnejše raziskave tega pogoja v celoti ne potrjujejo, saj so bili dosežki na nalogah z enim dražljajem v enaki meri povezani z nalogami fluidne inteligentnosti, poleg tega pa je tudi prenos učinkov na mere fluidne inteligentnosti bil podoben kot pri uporabi bolj kompleksnega (dual n-nazaj) treninga (Jaeggi idr., 2010).

Izmed pogostejše uporabljenih so naloge prilagodljivega obsega delovanja (ang. *adaptive operation-span task*) in prilagodljive naloge obsega simetrije (ang. *adaptive symmetry-span task*) (Harrison idr., 2013), kjer si udeleženci morajo zapomniti serijo črk oziroma pozicij kvadrata, vmes pa je prikazana neka kognitivna naloga, npr. enačba ali določanje simetrije likov.

#### 1.2.1 N-nazaj naloga

Največkrat preučevana v zadnjem času z večkrat potrjeno učinkovitostjo pa je t.i. naloga n-nazaj, ki je bila kot trening uporabljena v številnih nedavnih študijah (Chooi in Thompson, 2012; Colom idr., 2013; Heinzl idr., 2013; Jaeggi, Buschkuhl, Jonides in Shah, 2011; Jaeggi, Buschkuhl, Jonides in Perrig, 2008; Jaeggi, Buschkuhl, Shah in Jonides, 2013; Jaeggi, Studer-Luethi, idr., 2010; Lilienthal idr., 2012; Rudebeck, Bor, Ormond, O'Reilly in Lee, 2012; Schweizer, Hampshire in Dalgleish, 2011; Thompson idr., 2013).

Gre za zahtevno nalogo delovnega spomina, pri kateri morajo udeleženci uporabiti več ključnih procesov znotraj delovnega spomina, kot so spremljanje, posodabljanje in manipulacija že zapomnjenih informacij (Owen, McMillan, Laird in Bullmore, 2005). Naloga je sestavljena tako, da je udeležencem predstavljen niz ali kombinacija dražljajev, njihova naloga pa je, da identificirajo ali potrdijo tistega, ki je bil predstavljen neko število - n - dražljajev nazaj (glej tudi sliko na naslednji strani).



*Slika 1.* Primer naloge enojnega n-nazaj z uporabo slušnega dražljaja (Jainta, Hoormann in Jaschinski, 2008). Udeleženci morajo določiti, ali se prikazan dražljaj ujema s tistim 1, 2 oziroma 4 nazaj.

Obstaja več različic n-nazaj naloge. Owen idr. (2005) v svoji metaanalizi ugotavljajo, da lahko uporabljene naloge n-nazaj razdelimo glede na dva kriterija; prvi se nanaša na vsebino dražljaja – približno polovica uporablja verbalne dražljaje (npr. črke, številke), ostale študije pa uporabljajo neverbalne dražljaje (npr. oblike, slike). Drugi kriterij pa je različica manipulacijskega procesa med nalogo. V nekaterih študijah uporabljajo identifikacijo (če je dražljaj enak kot tisti n-nazaj), v drugih pa je uporabljena lokacija dražljaja (če je dražljaj na istem položaju kot tisti n-nazaj).

Pri primerjanju težavnosti nalog med enojnim (kjer morajo udeleženci presoјati le o eni vrsti dražljaja, npr. slušni ali vizualno-prostorski) in dual n-nazaj (udeleženci morajo presoјati o dveh vrstah dražljajev, ki sta prikazana simultano npr. slušni in vizualno-prostorski), se je pri enojnem n-nazaj pri višji težavnosti (3-nazaj) kot zahtevnejša izmed obeh pokazala slušna različica, od vseh različic pa je bila najbolj zahtevna naloga dual n-nazaj (Jaeggi, Buschkuhl idr., 2010), kjer so udeleženci dosegali statistično pomembno nižje rezultate pri enakem številu n-nazaj v primerjavi z nalogo enojnega n-nazaj.

Ta pristop je za preiskovanje daljnega prenosa med prvimi bil potrjen v študiji Jaeggi idr. (2008), kjer so raziskovalci pokazali, da je trening delovnega spomina vplival na povišanje točk po treningu na testih fluidne inteligentnosti. Korelacija pravičnih odgovorov na nalogah n-nazaj s fluidno inteligentnostjo kaže, da je med

obema vsaj nekaj deljene variance. Statistično pomembne korelacije so se pojavile pri težavnejših nalogah (enojni 3-nazaj), medtem ko je najvišja korelacija s fluidno inteligentnostjo bila pri nalogi dual 3-nazaj (Jaeggi, Buschkuhl, idr., 2010).

Kljub temu da je naloga n-nazaj uporabljena v veliko študijah kot mera delovnega spomina, je njena veljavnost še vedno vprašljiva in nejasna. Na podlagi rezultatov študije avtorji zaključujejo, da naloge n-nazaj niso najbolj uporabna mera individualnih razlik v kapaciteti delovnega spomina zaradi slabe zanesljivosti naloge. Je pa priporočljiva uporaba za eksperimentalne namene, saj omogoča enostavno manipulacijo dražljaja.

### **1.3 Prenos učinkov treningov delovnega spomina**

Prenos učinkov treningov delovnega spomina se običajno ocenjuje z napredkom na trenirani nalogi, z generalizacijo učinkov ter z vztrajanjem teh učinkov po končanem treningu. Generalizacija učinkov pomeni, da se kaže napredek po treningu na netreniranih nalogah v primerjavi z začetnim testiranjem in dosežki kontrolne skupine. Prenos učinkov z ene naloge na drugo pričakujemo, kadar si nalogi delita skupne kognitivne mehanizme; pri tem se lahko zanašata na podobne kognitivne procese ali skozi deljeno nevralno podlago (Thompson idr., 2013), najpomembneje pa je, da sta različni do te mere, da ne gre za preprost učinek vaje (Colom idr., 2010).

Razlikujemo lahko med bližnjim prenosom učinkov (ang. *near transfer*), kjer so naloge podobne, vendar ne enake tistim, ki so jih udeleženci trenirali in daljnim prenosom (ang. *far transfer*), kjer so naloge (vsaj navidezno) popolnoma drugačne od materialov, ki so bili uporabljeni za trening (Jaeggi, idr., 2013).

Zaradi nedavnih študij, ki poročajo o uspešnosti prenosa učinkov treningov na kognitivne sposobnosti, so se hitro razvili računalniški programi za treniranje delovnega spomina, ki jih je možno izvajati od doma in so primerni za vse starostne skupine (npr. *Cogmed*, *Lumosity*, *Mindsparte*). Običajno so sestavljeni iz kombinacije več nalog, kar po eni strani zvišuje udeleženčevo motivacijo za vztrajanje pri treningu in ima večjo verjetnost za pozitivne učinke, saj deluje na več različnih procesov; po drugi strani pa je prav zaradi uporabe multiplih nalog, dražljajev in vključenih procesov težko določiti, katere komponente treninga so

osnova pridobitkom in na katere specifične mehanizme delovnega spomina dejansko vplivamo (Morrison in Chein, 2010). S tem razlogom so v nekaterih študijah uporabljali samo eno vrsto treninga, medtem ko so v drugih preverjali učinkovitost kombinacije več različnih treningov (npr. Jaušovec in Jaušovec, 2012; Schmiedek, Lövdén in Lindenberger, 2010).

## **1.4 Uspeh na spominskih nalogah**

### **1.4.1 Uspeh na treniranih nalogah**

Če želimo dokazati učinkovitost treninga, je potrebno najprej preveriti, ali so udeleženci dejansko napredovali na trenirani nalogi. Statistično pomembno izboljšanje rezultata na treniranih nalogah dual n-nazaj se je pokazalo v vseh eksperimentalnih skupinah, medtem ko pri aktivni kontrolni skupini (Jaeggi idr., 2013) ali pasivni kontrolni skupini (Colom idr., 2013; Jaeggi, Studer-Luethi, idr., 2010; Jaeggi idr., 2008; Rudebeck idr., 2012) ni bilo pomembnega izboljšanja rezultata. Pomembno je bilo tudi izboljšanje eksperimentalne skupine na enostavnem (enojnem) n-nazaj v primerjavi z aktivno oziroma pasivno kontrolno skupino (Heinzel idr., 2013; Jaeggi idr., 2011; Jaeggi, Studer-Luethi, idr., 2010). Statistično pomembno izboljšanje se v nekaterih študijah pokazalo tudi pri kontrolni skupini, vendar sta obe eksperimentalni skupini kazali več izboljšanja (Lilienthal idr., 2012).

Kadar primerjamo skupine glede na visok oziroma nizek pridobitek na treniranih nalogah, ni pomembnih razlik glede na spol, starost, razred, število treniranih serij, začetnim dosežkom na nalogi delovnega spomina, ali dosežku na začetnem testiranju na nalogah sklepanja (Jaeggi idr., 2011).

Učinek na trenirane naloge po nekaterih ugotovitvah lahko vztraja tudi do tri mesece za skupino z velikim pridobitkom na treniranih nalogah (Jaeggi idr., 2011), lahko pa tudi do šest ali celo nekaj več mesecev po končanem treningu (Thompson idr., 2013). Na zadnjem (*follow-up*) testiranju so udeleženci sicer dosegli statistično pomembno nižje rezultate v primerjavi s testiranjem takoj po treningu, vendar pomembno višje v primerjavi z dosežki pred treningom.

#### 1.4.2 Uspeh na drugih nalogah delovnega in kratkoročnega spomina

Večina študij potrjuje, da se učinki treninga prenesejo (vsaj) na bližnje naloge prenosa. Nedavna metaanaliza 23 študij, ki vsebuje tako klinične vzorce kot vzorce tipično razvijajočih se otrok in odraslih zaključuje, da treningi delovnega spomina producirajo zanesljiva kratkotrajna izboljšanja v spretnostih delovnega spomina. Za verbalni delovni spomin ti učinki niso imeli dolgotrajnih učinkov, medtem ko za vizualno-prostorski delovni spomin nekatere študije kažejo, da se učinki lahko ohranijo tudi dlje časa po treningu (Melby-Lervåg in Hulme, 2013).

Enostavni obseg spomina se je v nekaterih študijah povečal, pri tem pa je zanimivo to, da ni bila uporabljena nobena specifična mnemotehnika za reševanje teh nalog (Jaušovec in Jaušovec, 2012). Eksperimentalne skupine so izboljšale rezultat na merah kapacitete delovnega spomina tudi na konstruktne nivoju, vendar ne na vseh merah, kar po mnenju raziskovalcev vzbuja dvom o takšnih zaključkih (Harrison idr., 2013).

V nekaterih študijah učinka na kompleksne naloge delovnega spomina niso potrdili (Jaeggi, Studer-Luethi, idr., 2010; Jaeggi idr., 2008). Pri tem pa je zanimivo to, da dosežke na nalogi dual n-nazaj delno lahko napovedujemo s kapaciteto delovnega spomina. Rezultati so presenetljivi predvsem zato, ker sta obe uporabljeni nalogi domnevno meri istega konstrukta - delovnega spomina, vendar tudi rezultati drugih študij kažejo, da si nalogi dual n-nazaj in obseg delovnega spomina ne delita znatne skupne variance, čeprav obe korelirata z dosežki na nalogah višjih kognitivnih sposobnosti, npr. fluidne inteligentnosti (Kane, Conway, Miura in Colflesh, 2007). Naloge n-nazaj so bile šibko povezane z ostalimi merami kapacitete delovnega spomina, kot npr. obseg branja (ang. *reading span RST*) ali obseg števil, kar avtorji pripisujejo različnim procesom, med drugim tudi temu, da je pri n-nazaj nalogah potrebno prepoznavanje dražljajev, pri ostalih kompleksnih merah kapacitete delovnega spomina pa je potreben aktiven priklic informacij.

Avtorji Chein, Moore in Conway (2011) pri primerjanju rezultatov opozarjajo na razlikovanje med nalogami kapacitete delovnega spomina in nalogami kratkoročnega spomina. Pri prvem si morajo udeleženci zapomniti kratek stimulus za kasnejši priklic in so simultano vključeni v sekundarno »procesno« nalogo.

Naloge kapacitete delovnega spomina se tako razlikujejo od tradicionalnih nalog kratkotrajnega spomina v tem, da zahtevajo preusmerjanje pozornosti od vsakega naslednjega stimulusa, ki si ga udeleženci morajo zapomniti, če želijo uspešno opraviti še naslednjo nalogo. Podobno tudi Harrison idr. (2013) pri teh študijah namigujejo na vprašljivo veljavnost mer kapacitete delovnega spomina, saj večina študij, ki meri kapaciteto delovnega spomina uporablja naloge kompleksnega obsega, medtem ko v večini študij, ki preučujejo učinke treninga, uporabljajo naloge kot so n-nazaj ali enostavne naloge obsega spomina. Učinek treninga na naloge kot so n-nazaj tako morda ne odraža enakega konstrukta kot učinek na naloge kompleksnega obsega delovnega spomina.

Avtorji so si sicer enotni, da nobena naloga ni čista mera kapacitete kratkotrajnega ali kapacitete delovnega spomina, saj vse naloge obsega, tako enostavne kot kompleksne, naslavlja do neke mere obe kapaciteti. Bolj kot ena naloga prisili posameznika, da uporablja zahtevno kontrolirano procesiranje in ne avtomatizacijo spretnosti, bolj bo naslavljala kapaciteto delovnega spomina in manj kapaciteto kratkotrajnega spomina (Conway idr., 2002).

Kljub temu da se pri nekaterih študijah kapaciteta delovnega spomina ni povečala, se je po treningu delovnega spomina pokazal daljni prenos učinkov oziroma transfer; med najbolj preučevanimi je prenos na mere fluidne inteligentnosti.

### **1.5 Prenos na mere fluidne inteligentnosti**

Fluidna inteligentnost po Cattellu (1987, v Colom idr., 2013) zahteva sposobnosti reševanja novih in abstraktnih problemov, ki niso pogojeni s kulturno pridobljenim znanjem in spretnostmi, kot npr. verbalne sposobnosti ali matematika. Tako v nasprotju s kristalizirano inteligentnostjo (*Gc*), ki je definirana kot inteligentna uporaba kulturno pridobljenega znanja in veščin (kot jezik ali matematika), fluidna inteligentnost (*Gf*) zahteva sposobnosti soočanja z novimi okolji in abstraktnim razmišljanjem (Sternberg, 2008). S tem nam omogoča učinkovito adaptacijo mišljenja novim kognitivnim problemom in situacijam (Carpenter, Just in Shell, 1990), saj gre za sposobnost razlage in reševanja novih problemov neodvisno od prejšnjega znanja.

Inteligentnost predstavlja ključno komponento za široko paleto kognitivnih nalog in velja za enega glavnih faktorjev učenja in uspešnosti v izobraževalnem sistemu pri vseh testiranih predmetih, največ pri matematiki (Deary, Strand, Smith in Fernandes, 2007). Ni zanemarljiv tudi podatek, da kognitivne sposobnosti (fluidna inteligentnost, kratkoročni spomin in delovni spomin) skupaj s temperamentnimi težavami (iskanje senzacij, iskanje impulzivnost, pomanjkanja straha) skupaj napovedujejo nekaj več kot 60% variabilnosti dosežkov v šoli (Colom, Escorial, Shih in Privado, 2007). Tako je fluidna inteligentnost ključnega pomena za šolske dosežke učencev.

Raziskave kažejo, da je fluidna inteligentnost v veliki meri odvisna od bioloških značilnosti, zato nekateri izražajo dvom v njeno spremenljivost. Še posebno to velja v dobi odraslosti, saj pomembnost genetskih faktorjev inteligentnosti s starostjo narašča (od 20% v otroštvu do 80% v odraslosti), vpliv deljenih vplivov okolja pa se zmanjšuje. Tudi korelacije med različnimi longitudinalnimi merjenji inteligentnosti variirajo od 0,47 za 13-letno obdobje in tudi do 0,80 za krajše časovne intervale, kar nakazuje na relativno stabilnost intelektualnih sposobnosti skozi čas (Hoekstra, Bartels in Boomsma, 2007).

#### 1.5.1 Študija Jaeggi idr. (2008)

V študiji avtorjev Jaeggi idr. (2008) so identificirali kognitivno nalogo, ki si deli osnovne mentalne procese s testi fluidne inteligentnosti. V tej študiji so udeleženci (študenti,  $N = 15 - 22$ ) nalogo dual n-nazaj trenirali 8, 12, 17 ali 19 dni vsak dan razen vikendov po ~ 25 minut na dan. Trening je bil osnovan na paradigmi n-nazaj, pri čemer so raziskovalci uporabili dual n-nazaj različico naloge.

Pri tej različici naloge sta udeležencem bila simultano predstavljena dva dražljaja, prvi je bil sestavljen iz črk (slušni dražljaj), drugi pa iz pozicije oziroma lokacije kvadrata na ekranu (vidni dražljaj). Za vsak predstavljen dražljaj so morali udeleženci določiti, ali se trenutno predstavljen dražljaj ujema s tistim, ki je bil predstavljen n dražljajev nazaj. Naloga je bila prilagodljivega tipa, kjer se je težavnost (število n-nazaj) prilagajala glede na uspešnost reševanja vsakega posameznika. Tako je naloga ostajala zahtevna cel čas reševanja in višji kontrolni procesi so bili sistematično vključeni. Udeleženci so bili po treningu še enkrat



testirani s paralelno obliko testa fluidne inteligentnosti, rezultati pa so bili primerjani še z rezultati pasivne kontrolne skupine za testiranje test-retest učinka.

Glavna ugotovitev te raziskave so bile višje točke na testu fluidne inteligentnosti eksperimentalne skupine, ki je trenirala dual n-nazaj nalogo na končnem testiranju v primerjavi s kontrolno skupino. Rezultat so sicer izboljšale vse skupine, vključno s kontrolo skupino, vendar so eksperimentalne skupine pridobile pomembno več. Poleg tega so ugotovili, da je prenos učinkov bil odvisen od količine treninga (prenos učinkov na mere  $Gf$  je variiral kot funkcija časa treninga) in da so rezultat izboljšali vsi, ne glede na njihove izhodiščne sposobnosti, s tem da se je kazala tendenca, ki sicer ni bila statistično pomembna, da so tisti z nižjimi izhodiščnimi sposobnostmi v splošnem pridobili več na testih  $Gf$ .

Študija je nemudoma sprožila tako pozitivne kot negativne kritike. Sternberg (2008) pravi, da so rezultati študije pomembni, saj nakazujejo na tri pomembne ugotovitve: da s treningom lahko izboljšamo fluidno inteligentnost, da trening učinkuje ne glede na začetno raven inteligentnosti in da ima teoretično utemeljen način delovanja. Ti rezultati imajo pomembno implikacijo predvsem za izobraževalno politiko, saj nakazujejo, da rezultati konvencionalnih testov intelektualnih sposobnosti in zmožnosti dajejo merila, ki so bolj dinamična kot statistična oziroma fiksna.

Po drugi strani pa Sternberg opozarja na nekatere omejitve pri posploševanju rezultatov, saj je bila uporabljena le ena vrsta nalog za trening in testiranje inteligentnosti, ni podatkov o prenosu učinkov na pomenljiva vedenja poleg psihometričnih meritev, trajanje učinkov ni opredeljeno, poleg tega ni bilo kontrole nad placebo učinkom z uporabo aktivne kontrolne skupine. Sternberg zaključuje, da gre za pomenljivo študijo, ki ima kljub določenim pomanjkljivostim pomembne zaključke.

Seveda pa je študija vzbudila tudi precej negativnih kritik, saj se že sama trditev, da inteligentnost lahko treniramo, na videz zdi kontroverzna. Kritike so se nanašale predvsem na metodološke pomanjkljivosti študije: uporabo različnih testov za različne skupine, omejen čas reševanja, ki ne nudi možnosti vpogleda v reševanje težjih nalog, kar po mnenju avtorja otežuje zaključek, da je s tem treningom možno zares povečati tudi inteligentnost (Moody, 2009).

### 1.5.2 Ugotovitve drugih raziskav

Po tej študiji so tudi v drugih študijah ugotavljali vpliv treningov delovnega spomina na fluidno inteligentnost z namenom repliciranja rezultatov zgoraj opisane študije. Študije niso prišle do enoznačnih zaključkov.

Jaeggi idr. (2011) so izvedli raziskavo na otrocih ( $M_{\text{starost}} = 8$  let) z uporabo enojnega n-nazaj treninga (uporabljena je bila samo ena modaliteta dražljaja). Kljub učinku treninga v primerjavi z aktivno kontrolno skupino, statistično pomembnega prenosa na mere  $Gf$  ni bilo. So pa odkrili, da je prenos kritično odvisen od uspešnosti oziroma pridobitkov na trenirani nalogi; rezultat na merah  $Gf$  so tako povišali le tisti udeleženci, ki so imeli velik pridobitek na treniranih nalogah, medtem ko med ostalima skupinama (kontrolno skupino in skupino z nizkim pridobitkom) ni bilo statistično pomembnih razlik v prenosu. Tudi pozitivna korelacija kaže na to, da večji kot je pridobitek na treniranih nalogah, večji je transfer, kar so potrdile tudi druge študije (Schweizer idr., 2011). Avtorji pojasnjujejo, da nekateri udeleženci niso napredovali na trenirani nalogi zaradi pomanjkanja interesa oziroma zaradi težavnosti soočanja s frustracijo, ko je naloga postajala bolj zahtevna, zato opozarjajo, da na prenos lahko vpliva zaznana težavnost nalog in stopnja napredka. V isti raziskavi ugotavljajo še, da so razlike med skupinami v pridobitkih na  $Gf$  ostale stabilne tudi tri mesece po končanem treningu. Tisti, ki so veliko pridobili na nalogah n-nazaj, so ohranili pridobitev na testih  $Gf$ , skupini z nizkim pridobitkom na n-nazaj in aktivna kontrola skupina sta enako izboljšali svoje dosežke iz končnega testiranja v primerjavi s testiranjem po treh mesecih, kar avtorji pripisujejo naravnemu poteku razvoja.

Preverjali so še učinke enojnega in dual n-nazaj treninga na študentih po opravljenih 20 treningih (Jaeggi, Studer-Luethi, idr., 2010). V tej študiji se je pokazalo, da sta obe eksperimentalni skupini izboljšali svoje dosežke na testu  $Gf$  v primerjavi s kontrolno skupino. Skupini sta skoraj enako dobro izboljšali svoje rezultate, statistično pomembne razlike med treniranima skupinama (enojni in dual n-nazaj) v količini pridobitka na testih  $Gf$  ni bilo. Kontrolna skupina brez kontakta je pokazala le manjše izboljšanje na eni meri  $Gf$ , ne pa tudi na drugi. Tudi v naslednji študiji (Jaeggi idr., 2013), kjer so poleg dveh eksperimentalnih skupin (enojni in

dual n-nazaj), vključili še aktivno kontrolno skupino (udeleženci so imeli trening znanja), so potrdili prenos učinkov treningov na n-nazaj nalogah na mere vizualno-prostorskega sklepanja za obe eksperimentalni skupini, medtem ko na nalogah verbalnega sklepanja ni bilo pomembnega prenosa učinkov treninga. Med obema eksperimentalnima skupinama ni bilo pomembnih razlik.

Pomembno povišanje na testu *Gf* so po treningu delovnega spomina odkrili še drugi avtorji. V raziskavi Rudebeck idr. (2012), kjer so uporabili nekoliko spremenjeno različico dual n-nazaj naloge (3D prostor s slikami) so poleg učinka na teste *Gf* dokazali tudi vpliv treninga na epizodični spomin, ki je del dolgotrajnega spomina za osebne dogodke in je pomembna kapaciteta za vsakodnevno življenje. Na epizodični spomin je vplivala uspešnost treninga, ne pa obstoječe sposobnosti, medtem ko se je pri testiranju na merah *Gf* pokazalo ravno obratno – na testne dosežke po treningu so vplivale obstoječe sposobnosti in ne dejanska uspešnost treninga. Avtorji zaključujejo, da je pri interpretaciji podatkov potrebno biti pozoren na oba dejavnika.

V nekaterih raziskavah so odkrili prenos učinkov dual n-nazaj treninga samo na dve izmed uporabljenih štirih mer *Gf* (Stephenson in Halpern, 2013), pri tem ni bilo razlik med ženskimi in moškimi udeleženci. Pomembno povišanje je sledilo tudi po treningu, ki je vključeval vizualno prostorske komponente, zato avtorji opozarjajo, da je ta komponenta treningov nujna, da pride do učinkov prenosa na mere *Gf*.

V drugi raziskavi so primerjali afektivni in nevtralen n-nazaj trening. Poleg učinkov treningov delovnega spomina na mere *Gf* so dokazali, da je prenos učinkov vezan na material, ki ga uporabljamo. Če uporabimo afektivni n-nazaj trening, so ti učinki vezani na kongruenten material. Podatki kažejo realnosti koristnosti prenosa učinkov in v primeru, da želimo vplivati na čustva, moramo izbrati trening, ki je kongruentnem temu kontekstu in nasprotno, če želimo vplivati na kapaciteto delovnega spomina, uporabimo temu primeren material (Schweizer idr., 2011).

Pozitivne učinke treninga potrjuje tudi študija, kjer so uporabili kombinacijo več treningov (skupaj 30 ur treninga), med njimi tudi dual n-nazaj (Jaušovec in Jaušovec, 2012). Analiza vedenjskih podatkov kaže, da so udeleženci treninga delovnega spomina statistično pomembno izboljšali svoje rezultate na končnem

testiranju, to je bilo še najbolj očitno pri Ravnovih zahtevnih matricah (RAPM), izboljšanje rezultatov je bilo prisotno tudi pri drugih nalogah iz baterije uporabljenih testov: razpon spomina in naloga prepogibanja papirja (prostorska predstavljalnost), povečanje dosežkov na nalogah verbalne analogije je bilo le rahlo nad točko statistične pomembnosti. Povečanje na RAPM se je pokazalo ne le na lahkih nalogah, ampak tudi na težjih. Udeleženci aktivne kontrolne skupine, ki so v vmesnem času opravljali trening socialnih veščin, niso kazali pomembnega izboljšanja na nobeni nalogi uporabljeni na posttestu.

V isti študiji so preučevali še učinek treningov na možgansko aktivnost. Hemodinamični vzorec možganske aktivnosti po treningu se je spremenil iz višje aktivacije desne hemisfere na bolj uravnoteženo aktivnost v obeh frontalnih področjih. Spremembe so bile pričakovane v theta in zgornjih alfa valovih, saj so theta oscilacije povezane s procesi delovnega spomina, zgornji alfa valovi pa so povezani z dolgotrajnimi procesi spomina (Klimesch idr., 2008 v Jaušovec in Jaušovec, 2012). Spremembe v nevroelektričnem in hemodinamičnem vzorcu možganske aktivnosti po treningu potrjujejo, da je trening vplival na retencijo informacij v spominu, kot tudi na procesne komponente, ki jih nadzira centralni izvršitelj. Spremembe v desinhronizaciji zgornjih alfa valov nadalje kažejo, da so spremembe vplivale tudi na procese, povezane z dolgotrajnim spominom (Jaušovec in Jaušovec, 2012).

Ena izmed najbolj intenzivnih in ekstenzivnih študij je gotovo študija COGITO (Schmiedek idr., 2010), kjer je 101 mladih (20 - 31 let) in 103 starejših (65 - 80 let) odraslih sodelovalo v 100-dnevnem računalniškem treningu kombiniranih nalog delovnega spomina (3 naloge), hitrosti zaznavanja (6 nalog) in epizodičnega spomina (3 naloge) po eno uro dnevno. Za mlade odrasle se je pokazal zanesljiv prenos učinkov treninga na latenten faktor fluidne inteligentnosti. Velikosti učinka so bile sicer nizke, vendar je bilo področje delovanja široko, saj je bil faktor osnovan na devetih zelo heterogenih nalogah sklepanja, ki si niso delile očitnih prekrivajočih se karakteristik s treniranimi nalogami. Pri starejših odraslih prenos na mere  $Gf$  ni bil zanesljiv.

Niso pa tudi v vseh študijah potrdili prenos učinkov na mere *Gf* (Heinzel idr., 2013; Redick idr., 2013; Thompson idr., 2013), kljub dejstvu da je uspešnost na dual n-nazaj nalogah bila enaka kot pri študijah, ki so potrdile prenos učinkov. Izboljšanje se sicer pokazalo na podobnih nalogah z uporabo drugih materialov, a generalizacije učinkov na mere *Gf* ni bilo (Harrison idr., 2013). Statistično pomembnih sprememb po dual n-nazaj treningu v ocenjevanih psiholoških konstruktih trenirane skupine v primerjavi s pasivno kontrolno ni bilo. Post-hoc analize nakazujejo na to, da so specifični testi in naloge vizualno prostorskega procesiranja lahko občutljivi na trening (Colom idr., 2013).

Pregled študij Shipsteada, Redicka in Engla (2012) ni najbolj optimističen glede učinkov treninga in tudi metaanaliza avtorjev Melby-Lervåg in Hulme (2013) zaključuje, da ni prepričljivih dokazov za generalizacijo učinkov treningov delovnega spomina na druge spretnosti, kot so neverbalne in verbalne sposobnosti, inhibitorni procesi v pozornosti, dekodiranje besed, matematika. Nekaj študij sicer kaže pozitivne učinke treninga delovnega spomina na neverbalne naloge, predvsem na naloge sklepanja takoj po treningu, vendar opozarjajo, da pri rezultatih randomiziranih študij z uporabo aktivne kontrolne skupine skoraj ni prepričljivih dokazov za prenos učinkov na neverbalne naloge. Programi delovnega spomina naj bi običajno producirali kratkotrajne, za trening specifične učinke, ki naj ne bi imeli tendence generalizacije.

### 1.5.3 Učinki treninga delovnega spomina na otroke

Študije, ki so preučevale vpliv treningov delovnega spomina na otroke, so izhajale iz različnih paradigem treningov, večini pa je skupno, da so bile opravljene na populaciji, ki ima določene primanjkljaje na tem področju.

Pri otrocih z nizkim obsegom delovnega spomina tako ugotavljajo učinkovitost adaptivnega treninga s kompleksnimi nalogami delovnega spomina na netrenirane naloge verbalnega delovnega spomina ter vizualno prostorskega delovnega in kratkoročnega spomina. Pozitivnih učinkov pri uporabi neadaptivnega treninga ni bilo (Dunning, Holmes in Gathercole, 2013; Holmes, Gathercole in Dunning, 2009). Intenziven trening delovnega spomina je bil apliciran tudi pri otrocih z diagnosticirano ADHD, starih od 7 do 12 let (Klingberg idr., 2005). Kot posledica

treninga so se izboljšali rezultati na netreniranih nalogah vizualno prostorskega delovnega spomina in inhibiciji odzivov (Stroopov test), verbalni delovni spomin, mere fluidne inteligentnosti (Ravnove matrice), po oceni staršev so se zmanjšali tudi simptomi ADHD.

Nekaj študij je bilo opravljenih tudi na neklinični populaciji. Študija Bergman Nutleya idr. (2011) na neklinični populaciji predšolskih otrok (starih 4 leta) kaže, da so po 25 dneh treniranja na neverbalni nalogi sklepanja izboljšali svoje rezultate na meri *Gf* na konstruktnem nivoju, medtem ko tisti, ki so trenirali naloge delovnega spomina napredovanja po treningu niso pokazali. Poleg študije Jaeggija idr. (2011) in dvojno slepe študije na neklinični populaciji otrok, starih med 9 in 11 let, ki so po 15 dneh treninga delovnega spomina pokazali pomembno izboljšanje dosežka na testu *Gf* (merjeno s SPM) (npr. Jaeggi idr., 2011; Zhao, Wang, Liu in Zhou, 2011), je le malo študij, ki so preučevale vpliv treningov na dosežke *Gf* pri otrocih brez posebnih primanjkljajev.

#### 1.5.4 Trajanje učinkov prenosa treningov delovnega spomina

Malo študij je preverjalo tudi trajanje učinkov prenosa, čeprav je kratkoročnost učinkov ena glavnih kritik uporabe tega pristopa.

V redkih študijah, kjer so preučevali učinke adaptivnega treninga, so le-ti bili zaznani še tri mesece po končanem treningu na mere vzdrževanja pozornosti, bilo je tudi manj samoporočanja o težavah s spominjanjem, ne glede na to, ali je šlo za mlajše ali starejše udeležence (Brehmer, Westerberg in Bäckman, 2012). V študiji avtorjev Dunning idr., (2013), kjer so preučevali učinkovitost treningov pri učencih z nizkim obsegom delovnega spomina, poročajo o delnih učinkih tudi po enem letu na nekaterih netreniranih nalogah.

V drugih študijah poročajo, da po treh mesecih ni bilo pomembnih razlik med skupinami, čeprav opozarjajo na upad števila udeležencev na ponovnem testiranju, saj to predstavlja nesistematiziran upad in bi lahko vplivalo na rezultate. Skupina, ki je trenirala na dual n-nazaj, je kazala najdaljše učinke retencije glede na velikosti učinka na meri *Gf* in hitrosti kodiranja (Jaeggi idr., 2013). V drugih študijah so pridobitki na merah *Gf* ostali stabilni tudi tri mesece po končanem treningu (Jaeggi idr., 2011).

Avtorji ugotavljajo, da gre pri učinkih treninga delovnega spomina podobno kot pri učinkih fizične vadbe – rezultati niso več tako očitni kot posledica upada treninga. Priporočajo pa uvedbo občasnih vadb in intenzivnih treningov za maksimiranje retencije učinkov.

#### 1.5.5 Individualne razlike

Individualne razlike lahko pomembno vplivajo na prenos učinkov treninga na druge mere, čeprav so si tudi tukaj rezultati študij pogosto kontradiktorni. Med najpomembnejšimi individualnimi razlikami so učinek treniranih nalog, izhodiščne sposobnosti, starost, motivacija, osebnostne značilnosti.

*Značilnosti reševanja trenirane naloge.* Učinkovitost reševanja treniranih nalog je lahko pomemben dejavnik prenosa učinkov na mere *Gf* (Jaeggi idr., 2011), čeprav tega dejavnika niso potrdili v vseh študijah, saj so rezultat enako izboljšali vsi udeleženci, ne glede na uspešnost na treniranih nalogah (Rudebeck idr., 2012) ali pa nobena skupina ni napredovala in količina pridobitka na treniranih nalogah ni statistično pomembno napovedovala izboljšanj na katerikoli nalogi, ki je merila prenos učinkov (Thompson idr., 2013). Tudi količina treninga se je v nekaterih študijah izkazala kot pomembna - tisti, ki so končali več serij treninga, so bolj izboljšali rezultate (Jaeggi idr., 2008). Predvidevali so, da je učinek prenosa odvisen od količine treninga (ang. *dosage dependent*), vendar kasneje v študiji Owen idr. (2010) korelacije med številom treningov in izboljšanjem na kognitivnih nalogah ni bilo.

*Izhodiščne sposobnosti.* Začetne vrednosti na testih *Gf* so se izkazale kot pomemben dejavnik pridobitka na končnem testiranju, saj so tisti, ki so imeli začetno nižje vrednosti, na končnem testiranju pridobili več (Rudebeck idr., 2012). Tudi kadar skupino razdelimo glede na pridobitke na trenirani nalogi (VP in NP – visok in nizek pridobitek) ni bilo nobenih razlik v začetnih merjenjih *Gf*. Torej tisti, ki so imeli začetno višje vrednosti na testu *Gf*, ni nujno, da so bolj napredovali na trenirani nalogi. Tako statistično pomembnih razlik med skupinami v velikosti pridobitkov na trenirani nalogi ne moremo pripisati pred obstoječim razlikam v sposobnostih. V nekaterih študijah je bila razlika med pridobitki glede na začetne sposobnosti ravno na meji statistične pomembnosti (Jaeggi idr., 2008).

*Starost.* Pregled študij Morrisona in Cheina (2010) kaže, da obstaja presenetljivo malo študij na starejši populaciji, ki bi kazale učinke na netreniranih nalogah, vendar hkrati opozarjata, da je s pravo kombinacijo treningov možno doseči kognitivno izboljšanje ali vsaj upočasnitev kognitivnih izgub tudi v poznih letih. Avtorji Valentijn idr. (2005) poročajo, da je po intervenciji s skupinsko obliko spominskega treninga pri zdravih udeležencih, starih 55 let ali več bilo več poročanj o stabilnosti v funkcioniranju spomina in manj aksioznosti in stresa o delovanju spomina, pozitivni učinki so se pokazali tudi na objektivni meri funkcioniranja spomina.

Ne glede na poročila o učinkovitosti spominskega treninga pri starejših, mlajši udeleženci običajno bolj napredujejo na trenirani nalogi v primerjavi s starejšimi udeleženci. Pri tem tudi starejši udeleženci nekaj pridobijo, vendar ne toliko kot mlajši z uporabo adaptivnega treninga. V splošnem velja, da mlajši udeleženci dosegajo boljše učinke treninga na nekaterih nalogah, ne pa tudi na vseh (Brehmer idr., 2012). Tudi starejši udeleženci so namreč izboljšali dosežke na nekaterih testih po treningu, npr. na obsegu spomina. Po drugi strani pa ni bilo razlik na prenosu učinkov na Ravnove progresivne matrice med mlajšimi in starejšimi udeleženci, medtem ko je do povišanja pri mlajši skupini prišlo na drugi meri inteligentnosti (Heinzel idr., 2013). Tudi v COGITO študiji so pri mlajših odraslih dokazali učinke prenosa na *Gf*, medtem ko pri starejših odraslih prenosa na mere *Gf* niso opazili (Schmiedek idr., 2010). Te ugotovitve govorijo v prid hipotezi, da so kognitivne intervencije bolj učinkovite v zgodnji odraslosti v primerjavi s pozno odraslostjo. Mlajši udeleženci se namreč bolje prilagodijo višjim zahtevam naloge v primerjavi s starejšimi udeleženci, kar gre pripisati večji plastičnosti možganov v zgodnejših letih (Brehmer, Li, Müller, von Oertzen in Lindenberger, 2007).

Zaključimo lahko, da je daljni prenos učinkov do neke mere možen tudi v starosti in trening delovnega spomina tako lahko predstavlja učinkovito intervencijo za vzdrževanje ali izboljšanje kognitivnega funkcioniranja na vseh stopnjah razvoja.

*Motivacija.* Preučevali so vlogo notranje in zunanje motivacije na dosežke in učinke prenosa treninga (Jaeggi idr., 2013). Pri udeležencih, ki za svoje sodelovanje niso dobili plačila ali je le-to bilo nizko (npr. \$20), se je pokazal prenos učinka, medtem



ko pri tistih študijah, kjer so udeleženci dobili relativno visoko plačilo za sodelovanje (~ \$200, \$352 ali celo \$800), se učinek prenosa na uporabljene mere ni pokazal. Razlike med skupinami z visokim in nizkim plačilom so vidne tudi v številu doseženih stopenj n-nazaj, pri čemer so udeleženci z višjim plačilom dosegali nižje nivoje težavnosti v primerjavi (n-nazaj med 1,6 in 1,8) v primerjavi z udeleženci z nižjim plačilom (n-nazaj med 2,3 in 2,6). Ekstrinzična ali intrinzična motivacija lahko torej pomembno vplivata na rezultate študij.

*Osebnostne značilnosti.* Nevroticizem je bil negativno povezan z uspešnostjo na treniranih nalogah, vendar korelacija ni dosegla statistične pomembnosti. Večja vestnost pa je bila povezana z boljšimi dosežki na dual n-nazaj nalogah, je pa napovedovala manj prenosa učinkov treninga na mere fluidne inteligentnosti (Studer-Luethi, Jaeggi, Buschkuhl in Perrig, 2012). V študiji Thompsona idr. (2013) se vestnost in odločnost nista pokazala kot pomembna dejavnika prenosa učinkov. Kot pomemben moderator učinkov se je pokazal še dejavnik naravnosti k rasti (ang. *growth mindset*) oziroma prepričanje, da lahko vplivamo na inteligentnost. Tisti, ki so verjeli, da lahko vplivamo na inteligentnost, so v večji meri izboljšali svoj rezultat v primerjavi s tistimi, ki so menili, da je inteligentnost fiksna, kar so pokazali tudi v drugih študijah (Jaeggi idr., 2013).

## **1.6 Vzroki za prenos učinkov treningov delovnega spomina**

Lilienthal idr. (2012) so želeli raziskati pet mehanizmov, ki bi lahko pojasnili osnovo učinkov prilagodljivega dual n-nazaj treninga na delovni spomin – izboljšanje izvršilnih funkcij, posodabljanje in menjavanje fokusa, povečanje kapacitete fokusiranja pozornosti in kratkoročnega spomina. Pokazalo se je, da so udeleženci prilagodljive oblike treninga, ne pa tudi neprilagodljive oblike dual n-nazaj treninga, pokazali izboljšanje na netrenirani nalogi, ki meri kapaciteto fokusiranja pozornosti. Pri ostalih merah ni bilo statistično pomembnega izboljšanja. Rezultati te študije predstavljajo dokaz, da je povečanje v kapaciteti fokusiranja pozornosti lahko osnova za prenos učinkov treninga oblike dual n-nazaj. Tudi kadar ni bil uporabljen dual n-nazaj trening, je prilagodljiv trening vodil do večjih pridobitkov kot treniranje na nižji zahtevnosti (Brehmer idr., 2012).

Sodeč po teh izsledkih, je vzdrževanje pozornosti z ohranjanjem zahtevnosti treninga eden možnih razlogov, da pride do prenosa učinkov. Na testu fluidne inteligentnosti so procesi, ki ločujejo posameznike glede na njihove dosežke na Ravnovih progresivnih matricah primarno sposobnosti sklepanja abstraktnih povezav in sposobnosti dinamičnega upravljanja velikega števila ciljev, kadar rešujejo problem v delovnem spominu (Carpenter idr., 1990). Ta sposobnost ohranjanja več ciljev v delovnem spominu naenkrat, je pomembna za reševanje nalog fluidne inteligentnosti, kjer je potrebno (še posebno pri kompleksnejših nalogah) biti pozoren na več spreminjajočih se faktorjev hkrati, saj pogojujejo pravilno rešitev. Možno je torej, da s treningom delovnega spomina spodbujamo razvoj nadzora pozornosti, povečujemo sposobnost ohranjanja relevantnih informacij in ignoriranja nerelevantnih, kar je ključnega pomena za fluidno inteligentnost. Močna povezava med delovnim spominom in fluidno inteligentnostjo naj bi primarno izhajala prav iz vključenosti nadzora pozornosti, ki je ključnega pomena za obe lastnosti, saj n-nazaj trening lahko facilitira sposobnost nadzora pozornosti (Jaeggi idr., 2008). Razlaga je možna, saj je naloga sestavljena tako, da vsak nov dražljaj zahteva spremembo pozornosti; poleg tega naloga zmanjšuje verjetnost razvoja enostavne, za nalogo specifične strategije reševanja nalog, ki bi bila možna brez prisotnosti kontrolirane razporeditve pozornosti.

Povezavo med merami kapacitete delovnega spomina in testi *Gf* tako nekateri avtorji pripisujejo zahtevi po nadzoru pozornosti (Engle, Tuholski, Laughlin in Conway, 1999), ki je v domeni centralnega izvršitelja. Ta ohranja aktivacijo za cilj relevantnih informacij in blokira oziroma inhibira informacije, ki za cilj niso relevantne. Če določeno nalogo lahko opravljamo z avtomatičnimi strategijami, kot so združevanje ali ponavljanje, potem centralni izvršitelj ne bo vključen, je pa prisoten pri reševanju nalog kompleksnega delovnega spomina, ki se ne zanašajo le na avtomatično procesiranje informacij. Za reševanje nalog delovnega spomina je pomembno, da zahtevajo aktivno ohranjanje informacij hkrati s sočasnim procesiranjem in interferenco ter tako vključijo delovanje izvršilnih mehanizmov za nadzor pozornosti, da se bojuje z interferenco (Conway, Kane in Engle, 2003) in podobno se dogaja tudi pri reševanju nalog fluidne inteligentnosti z vključenostjo več pravil in ohranjanjem za cilj relevantnih informacij (Carpenter idr., 1990).

Morrison in Chein (2010) ugotavljata, da glede na močno povezavo med splošnimi komponentami delovnega spomina in kognitivno kontrolo, fluidno inteligentnostjo in bralnim razumevanjem, bi te naloge, vsaj teoretično, morale pridobiti z jedrnim treningom tipa n-nazaj. Zanimivo je, da naloge n-nazaj in obseg delovnega spomina nizko korelirata, kar kaže na to, da meri primarno ne odražata enega konstrukta; poleg tega predstavljata neodvisno varianco v *Gf* (Kane idr., 2007). Po drugi strani pa obe različici naloge n-nazaj (enojni in dual) korelirata z dosežki na testih *Gf*, kar pojasni učinke prenosa, medtem ko korelacija n-nazaj nalog z nalogami, ki ocenjujejo kapaciteto delovnega spomina, ostaja nizka (Jaeggi, Studer-Luethi, idr., 2010). Se pa je v raziskavah z uporabo strukturnega modeliranja pokazalo, da kapaciteta delovnega spomina, ne pa tudi kapaciteta kratkotrajnega spomina in hitrost procesiranja, napoveduje splošno fluidno inteligentnost pri mladih odraslih (Conway idr., 2002).

Možnost povečanja inteligentnosti s treningom delovnega spomina lahko podpremo z visokimi korelacijami med kompleksnimi merami delovnega spomina in *Gf* (Conway idr., 2002), kar kaže na deljene psihološke mehanizme in ugotovitvami, da kompleksne naloge delovnega spomina in naloge *Gf* aktivirajo podobne nevronske poti, kar kaže na deljene nevralne mehanizme (Gray, Chabris in Braver, 2003). Iz tega izhaja mnenje nekaterih avtorjev, da je razlog za povezavo med inteligentnostjo in delovnim spominom v enakosti konstruktov. Delovni spomin in inteligentnost si sicer delita nekaj skupne variance; mere spomina so pogosto del testov inteligentnosti in spomske sposobnosti so velikokrat vključene v teorije inteligentnosti, vendar v nasprotju z nekaterimi raziskavami, metaanaliza avtorjev Ackerman, Beier in Boyle (2005) kaže, da konstrukta vseeno nista izomorfčna. Največja korelacija med inteligentnostjo in delovnim spominom je bila 0,614 (0,634 za *Gf* in delovni spomin), kar kaže, da obstajajo še drugi faktorji (poleg delovnega spomina), ki prispevajo k individualnim razlikam v *Gf*.

Navkljub številnim dokazom vedenjskih študij o koristnih učinkih treninga delovnega spomina na naloge, ki niso bile trenirane, je nevtralna podlaga po kateri trening deluje, še relativno neraziskana z izjemo nekaj študij v zadnjih letih. Analiza obstoječe literature (Buschkuhl, Jaeggi in Jonides, 2012) zaključuje, da na podlagi nekaj objavljenih študij na to tematiko, trenutno ni nobenega jasnega trenda, ki bi

specifično nakazoval na tipično nevralno podlago treninga in transferja in bi ustrežal enemu samemu okviru. So študije, ki kažejo, da se aktivacija v enakih regijah poveča ali zniža, ali pa je prisotna kombinacija obojega. Spremembe so zaznane na mirujočem stanju povezljivosti, kot tudi v strukturnih spremembah in spremembah v dopaminergičnih funkcijah. Kot zadnje avtorji omenjajo, da ni enoznačne možganske regije, ki bi bila konsistentno vključena v vsako intervencijo s treningom, nasprotno – aktivacija in strukturne spremembe so v veliki meri odvisne od uporabljene naloge.

## 2 Namen in hipoteze

Namen pričujoče raziskave za magistrsko delo je bil raziskati učinek treninga delovnega spomina z uporabo naloge dual n-nazaj na kognitivne sposobnosti in pojasniti dejavnike, ki so povezani s treningom povezano spremembo.

Iz prejšnjega poglavja lahko razberemo, da si ugotovitve raziskav pogosto nasprotujejo, poleg tega pa so raziskave na temo treningov delovnega spomina običajno opravljene na odrasli populaciji študentov ali na populacijah otrok z deficiti delovnega spomina. Z izjemo nekaj študij (npr. Jaeggi idr., 2011; Zhao idr., 2011), je le malo študij o učinkih treninga delovnega spomina, ki so bile opravljene na neklinični (zdravi) populaciji otrok osnovnošolske populacije. Glede na pomembnost koncepta za izobraževalne dosežke nas zanima učinek treninga z uporabo naloge dual n-nazaj pri učencih v višjih razredih osnovne šole.

Bolj specifično nas zanima, ali (1) lahko s treningom delovnega spomina vplivamo na povečanje obsega kratkoročnega spomina (obseg števil) in obsega vizualno prostorskega kratkoročnega spomina in ali (2) lahko s treningi vplivamo na dosežke na testih fluidne inteligentnosti (daljni prenos učinkov) na vzorcu osnovnošolskih učencev v 9. razredu osnovne šole.

Zanima nas predvsem učinek specifičnega kognitivnega treninga v primerjavi z običajnim funkcioniranjem brez treninga, zato je bila uporabljena tudi pasivna kontrolna skupina. Razlika med pasivno in aktivno kontrolno je namreč relevantna kadar primerjamo dve različni intervenciji (Colom idr., 2013). Zanima nas torej, če se rezultati na testih *Gf* povišajo kot posledica treninga delovnega spomina v primerjavi s kontrolno skupino, ki ni bila deležna treningov delovnega spomina. Poleg tega želimo ugotoviti, (3) kateri so tisti dejavniki, ki bi lahko bili povezani z učinkovitostjo treninga.

V magistrskem delu bomo preverjali naslednje hipoteze:

H1: Udeleženci eksperimentalne skupine bodo izboljšali rezultat na trenirani nalogi po treningu.

H2: Obseg kratkoročnega spomina se bo pri udeležencih eksperimentalne skupine po treningu v primerjavi s kontrolno skupino povečal.

H3: Obseg vizualno prostorskega spomina se bo pri udeležencih eksperimentalne skupine po treningu v primerjavi s kontrolno skupino povečal.

H4: Udeleženci eksperimentalne skupine bodo ob testiranju po treningu dosegli več pridobitka na testu *Gf* v primerjavi s kontrolno skupino.

H5: Udeleženci eksperimentalne skupine z nižjim izhodiščnim dosežkom na testih *Gf* bodo po treningu pridobili več na testu *Gf* v primerjavi s tistimi udeleženci, ki so imeli višje izhodiščne dosežke na testu *Gf*.

### 3 Metoda

#### 3.1 Udeleženci

Udeleženci raziskave za magistrsko nalogo so bili zdravi mladostniki, stari med 13 in 15 let, ki so obiskovali 8. in 9. razred osnovne šole. K sodelovanju so bili povabljeni tisti učenci, katerih starši so podpisali informirano soglasje o sodelovanju njihovega otroka v raziskavi in so hkrati izpolnjevali pogoje za vključitev v študijo (glej poglavje 3.1.1 Izključitveni kriteriji na strani 28).

Zaradi manjkanja na testiranjih, premalo treninga ali neizpolnjevanja pogojev za vključitev v študijo, je med raziskavo prišlo do manjšega upada števila udeležencev. Skupno je vse obveznosti opravilo 82,86 % začetnih udeležencev (za podroben prikaz glej Slika 6. Grafični prikaz načrta študije na strani 36).

Končni vzorec je tako sestavljalo 29 udeležencev (12 deklet, 17 fantov,  $M_{\text{starost}} = 13,86$  let;  $SD = 0,52$ ). Od tega je bilo 15 udeležencev v kontrolni skupini (6 deklet, 9 fantov,  $M_{\text{starost}} = 13,67$  let;  $SD = 0,62$ ) in 14 udeležencev v eksperimentalni skupini (6 deklet, 8 fantov,  $M_{\text{starost}} = 14,07$ ;  $SD = 0,27$ ). Razlika v številu fantov in deklet med skupinama ni bila statistično pomembna,  $\chi^2(1) = 0,024$ ;  $p = 0,876$ . Prav tako razlika v povprečni starosti med skupinama ni bila statistično pomembna,  $U = 144,5$ ,  $z = 2,20$ ,  $p = 0,085$ ,  $r = 0,41^2$ .

Predvidevali smo, da med skupinama tudi ne bo pomembnih razlik v ostalih merjenih spremenljivkah. S tem namenom smo najprej preverili, ali se eksperimentalna in kontrolna skupina razlikujeta v dosežkih na merah testa inteligentnosti, razponu spomina ali v obsegu vizualno-prostorskega kratkoročnega spomina. Rezultati so predstavljeni v Tabeli 1.

---

<sup>2</sup> Velikost učinka je izračunana po formuli  $r = z / \sqrt{N}$  (Rosenthal, 1991; v Field (2013))

Tabela 1.

*Osnovne opisne statistike izhodiščnega testiranja za kontrolno in eksperimentalno skupino*

	Kontrolna ( <i>N</i> = 15)		Eksperimentalna ( <i>N</i> = 14)		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>				
Obseg števil	5,13	1,25	5,00	0,88	0,331	27	0,743	0,12
VPKS	6,00	1,13	6,21	1,67	-0,401	23	0,692	0,15
RSPM	46,27	6,79	43,86	3,70	1,198	22	0,244	0,44

*Opombe.* Obseg števil = razpon števil; VPKS = razpon vizualno-prostorskega spomina; RSPM = surov rezultat na testu Ravnovih standardnih progresivnih matric; Eksperimentalna = končna eksperimentalna skupina, Kontrolna = končna kontrolna skupina; *M* = aritmetična sredina; *SD* = standardni odklon; *t* = t-test za neodvisne vzorce; *df* = stopnje svobode; *p* = statistična pomembnost, *d* = Cohenov *d*.

Rezultati so pokazali, da med eksperimentalno in kontrolno skupino ni bilo statistično pomembnih razlik v začetnih merah na nalogi obsega števil, obsega vizualno-prostorskega spomina ali surovih rezultatih na testu inteligentnosti (SPM).

Primerjali smo še začetno eksperimentalno skupino (*N* = 18) s kontrolno (*N* = 17). Tudi pri primerjavi teh skupin ni bilo statistično pomembnih razlik v merah obsega števil, ( $M_{exp} = 5,22$ ;  $SD_{exp} = 0,94$ ), ( $M_k = 5,12$ ;  $SD_k = 1,17$ ),  $t(33) = -0,293$ ,  $p = 0,772$ ,  $d = 0,09$ . Prav tako ni bilo statistično pomembnih razlik v merah obsega vizualno-prostorskega spomina, ( $M_{exp} = 6,11$ ;  $SD_{exp} = 1,61$ ), ( $M_k = 5,82$ ;  $SD_k = 1,19$ ),  $t(31) = -0,605$ ,  $p = 0,549$ ,  $d = 0,20$  ali začetnih točkah na RSPM testu, ( $M_{exp} = 44,06$ ;  $SD_{exp} = 3,4$ ), ( $M_k = 44,29$ ;  $SD_k = 8,45$ ),  $t(21) = 1,108$ ,  $p = 0,915$ ,  $d = 0,03$ .

Noben izmed udeležencev še ni sodeloval v treningu spomina, medtem ko je 8 udeležencev (5 v kontrolni skupini in 3 v eksperimentalni) v preteklosti že bilo testiranih s testom inteligentnosti, v povprečju pred 51 meseci (4,25 let). Vsi so bili testirani z namenom ugotavljanja nadarjenosti. Udeleženci, ki so že bili testirani s testom inteligentnosti, so sicer dosegali nekoliko višje rezultate na izhodiščnem testiranju ( $M = 47,75$ ;  $SD = 4,98$ ) v primerjavi z ostalimi udeleženci, ki še niso nikoli bili testirani ( $M = 44,10$ ;  $SD = 5,54$ ), vendar razlika ni bila statistično pomembna,  $p = 0,115$ ,  $d = 0,69$ .

Udeleženci so v raziskavi sodelovali prostovoljno in za sodelovanje niso dobili nobenega plačila oziroma nagrade.



### 3.1.1 Izključitveni kriteriji

Pri izbiri udeležencev smo upoštevali določene izključitvene kriterije, ki bi lahko vplivali na testne dosežke ali na učinkovitost treninga delovnega spomina. Izključeni so bili tisti udeleženci, ki so v zadnjih šestih mesecih bili udeleženi v kakršni koli obliki spominskega treninga ali pa so v zadnjih šestih mesecih bili testirani s testom inteligentnosti.

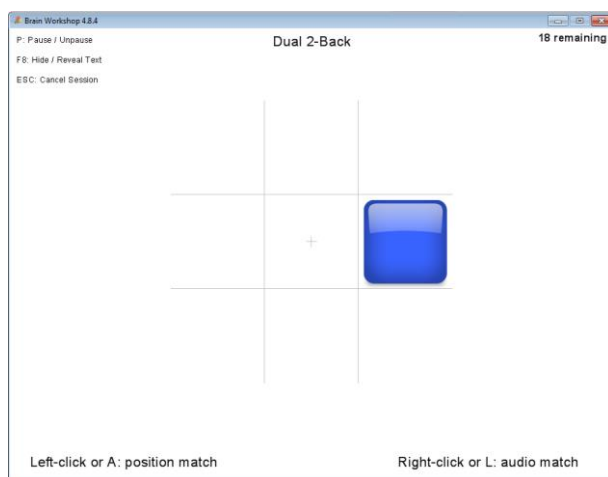
Ostala merila za izključitev so bila: nekorigirana vizualna poškodovanost (npr. slabovidnost brez očal), nekorigirana oškodovanost sluha (npr. naglušnost brez uporabe slušnega aparata), slabša gibljivost zgornjih udov (rok, dlani, prstov), zgodovina zdravljenja s kemoterapijo, poškodba glave, zgodovina ali trenutna prisotnost nevrološke ali psihiatrične motnje (epilepsija, možganski tumor, operacija možganov, meningitis, motnje razpoloženja, motnja pomanjkljive pozornosti/hiperaktivnost, zloraba drog ali odvisnost), prisotnost motenj učenja, ali trenutna konzumacija zdravil, ki bi lahko vplivala na kognitivne dosežke.

## 3.2 Pripomočki

### 3.2.1 Trening delovnega spomina »dual n-back«

Udeleženci eksperimentalne skupine so bili vključeni v trening delovnega spomina, ki je deloval po principu dual n-nazaj (ang. *dual n-back*). Takšen tip nalog je bil uporabljen tudi v študiji Jaeggi idr. (2008).

V našem primeru je bil uporabljen trening delovnega spomina, ki se je izvajal s pomočjo računalniške aplikacije »Brain workshop« (verzija 4.8.4. za operacijske sisteme Microsoft Windows), ki je brezplačno dostopna na spletni strani: <http://brainworkshop.sourceforge.net/download.html>. V tej aplikaciji sta slušni in vidni dražljaj prikazana oziroma predvajana simultano. Dražljaja sta predvajana neodvisno. Slušni dražljaji tipično predstavljajo številke ali črke, vidni pa so predstavljeni kot položaji objektov v matrikah 3 x 3 (vodoravno in navpično, glej Slika 2).



Slika 2. Uporabljena naloga »dual n-back« iz aplikacije Brain Workshop.

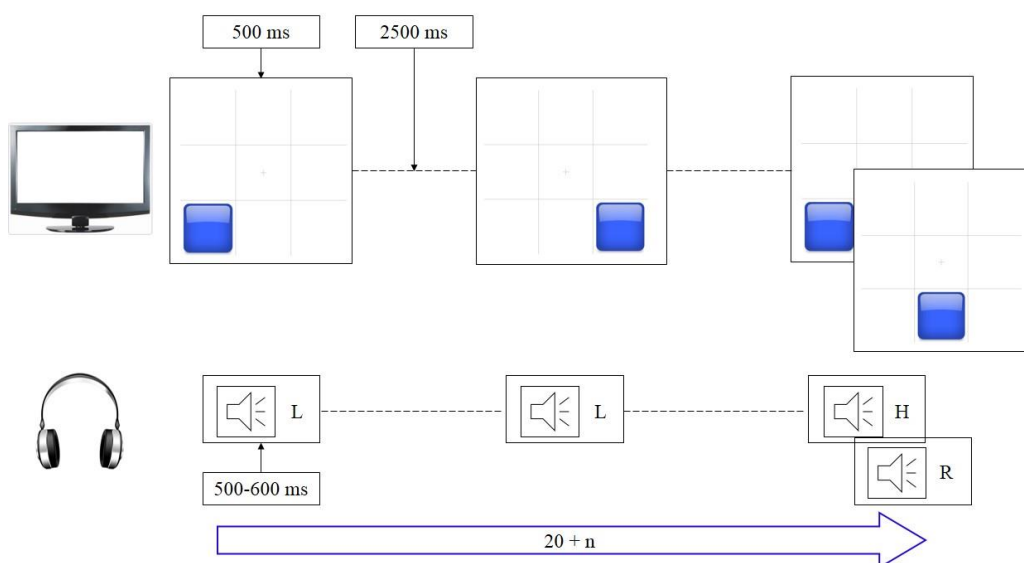
Naloga udeležencev je, da ugotovijo, ali se predstavljeni dražljaj v danem trenutku slušno in/ali vidno ujema z dražljajem, ki je bil predstavljen določeno število dražljajev (»n«) nazaj. Npr. v nalogah 1-nazaj (najnižja raven zahtevnosti), morajo udeleženci prepoznati, ali je trenutno slišan (črka) in viden dražljaj (položaj osvetljenega modrega polja) enak slišanemu in/ali vidnemu dražljaju en dražljaj nazaj (tistemu, ki je bil prikazan pred tem); v nalogah 2-nazaj pa morajo udeleženci prepoznati, ali je slišan oziroma viden dražljaj (položaj osvetljenega polja) enak

slišanemu oziroma videnemu dva dražljaja nazaj (tistemu slišnemu oziroma videnemu dražljaju, ki je bil prikazan oziroma slišan 2 dražljaja pred trenutnim).

Vrednost n-ja je bila vedno enaka za vidni in slušni dražljaj. Težavnost (vrednost »n«-ja) je variirala in se prilagajala glede na uspešnost reševanja vsakega udeleženca; če je udeleženec v večini primerov (80 % ali več) pravilno odgovoril, se je težavnost (»n« nazaj) povečala za eno stopnjo, t.j. število n-nazaj se je povečalo za eno stopnjo. V primeru, da je posameznik v več kot 50 % primerov v treh serijah zaporedno napačno odgovoril, se je težavnost temu primerno zmanjšala (število »n« nazaj se zmanjša za eno stopnjo). Z adaptivno težavnostjo nalog je bilo zagotovljeno, da se je naloga individualno prilagajala udeležencu in zmeraj ostajala zahtevna glede na udeleženčeve rezultate. S tem so vedno bili vzpodbujeni izvršilni procesi, poleg tega pa je bila manjša verjetnost razvoja za nalogo specifičnih strategij reševanja in avtomatičnega procesiranja iz dveh razlogov: zaradi variacije n-ja in zaradi vključitve dveh različnih vrst dražljajev, ki na vsaki stopnji zahtevajo visok nivo usmerjene pozornosti (Jaeggi idr., 2008).

V našem eksperimentu smo uporabili kombinacijo vidno-prostorskega dražljaja: osvetljenega položaja objekta - modrega kvadrata (glej Slika 2) in slušno-verbalnega dražljaja - črk, ki so bile predvajane preko slušalk (za kombinacijo glej Slika 3 na strani 31). Črke smo za potrebe eksperimenta prevedli iz angleščine v slovenščino, da smo nalogo čim bolj približali udeležencem. Pri tem smo ohranili vse izhodiščno uporabljene črke, razen črke »Q«, ki je slovenska abeceda ne pozna; namesto te smo uporabili črko »O«. Uporabljene so bile naslednje črke: C, H, K, L, O, R, S, T.

Kadar se je dražljaj na n-nazaj mestu ujema v položaju kvadrata, so udeleženci morali pritisniti tipko »A« na tipkovnici, kadar se je ujema v zvoku, so morali pritisniti tipko »L« na tipkovnici; v primeru, da se je ujema v položaju in zvoku, so udeleženci morali pritisniti obe tipki. Kadar se ni ujema niti položaj niti zvok, ni bil zahtevan noben odziv (udeleženci niso pritisnili nič).



Slika 3. Uporabljena naloga treninga spomina.

Vsaka serija je bila sestavljena iz  $20 + n$  enot (v primeru 1-nazaj 21 enot dražljajev), kjer je ena enota trajala 3 s, od tega je 500 ms trajal dražljaj (vidni in slušni), ostalih 2500 ms je bilo namenjeno odzivu udeleženca.

### 3.2.2 Ravnove standardne progresivne matrice (SPM)

Za testiranje fluidne inteligentnosti sta bili uporabljeni različici Ravnovih standardnih progresivnih matric (RSPM; Raven 1975) za izhodiščno testiranje in paralelna oblika standardnih progresivnih matric (RSPM-P; Raven 1998), ki smo jo uporabili za končno testiranje.

Vsako različico sestavlja 5 setov nalog (A, B, C, D in E) po 12 nalog v vsakem setu, kar skupaj tvori 60 nalog v vsaki različici. Vsaka pravilno rešena naloga je doprinesla 1 točko k skupnemu rezultatu. Ravnove standardne progresivne matrice so bile uporabljene tudi v drugih študijah kot mera fluidne inteligentnosti (npr. Jaeggi, Buschkuhl, Jonides in Shah, 2011). Za reševanje nalog udeleženci niso imeli časovne omejitve, velika večina udeležencev je za reševanje rabila med 30 in 45 minut. Klasična in vzporedna oblika SPM sta po končnih rezultatih enakovredna.

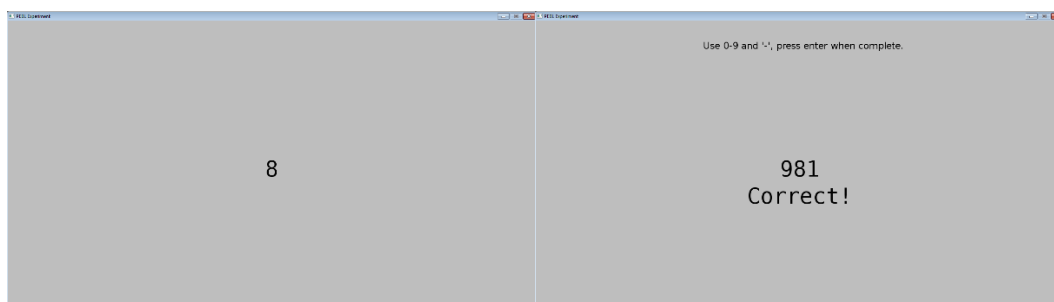
V splošnem standardizirani testi inteligentnosti kažejo visoko zanesljivost (Bucik, 1997). Tudi Ravnove matrice so se na 1620 mladostnikih, starih med 7,5 in 18 let, izkazale kot visoko zanesljive (Cronbach  $\alpha = 0,946$ ). Tudi na našem vzorcu smo

dobili zadovoljivo visoke vrednosti zanesljivosti (test-retest korelacija za kontrolno skupino  $r = 0,910$ ,  $p < 0,01$ , za eksperimentalno  $r = 0,617$ ,  $p < 0,05$ ).

### 3.2.3 Obseg števil

Obseg kratkoročnega spomina števil je bil merjen s pomočjo računalniškega programa PEBL (The psychology experiment building language) verzija 0.13 za operacijske sisteme MS Windows, ki je brezplačno dostopna na spletni strani: <http://pebl.sourceforge.net/> in sicer z aplikacijo »digit span« (Mueller, 2011b).

Na ekranu so bila prikazana zaporedja števil – eno število naenkrat (glej Slika 4 levo), (npr. 9, 8, 1), udeleženci pa so morali ponoviti oziroma vpisati vse prikazane številke v enakem vrstnem redu, kot so bile prikazane, ter pritisniti tipko »Enter« (glej Slika 4 desno). Čas, v katerem so vpisali pravilen vrstni red števil, ki so bile predstavljene na zaslonu, ni bil omejen. Vsi so začeli z zaporedjem treh števil v eni seriji. V primeru, da je udeleženec pravilno ponovil vsaj eno izmed dveh serij prikazanih števil iste dolžine, se je število prikazanih števil znotraj serije povečalo (npr. 3, 0, 9, 8). Če je posameznik napačno ponovil obe seriji prikazanih števil, se je program ustavil. Na podlagi rezultatov dobimo podatke o obsegu spomina, ki je dolžina najdaljše serije števil, ki jo je posameznik pravilno obnovil oziroma priklical brez napake. Udeleženci so to nalogo reševali 5 - 10 minut.



Slika 4. Uporabljena naloga obsega kratkoročnega spomina (PEBL Digit Span Test).

### 3.2.4 Vizualno prostorski kratkoročni spomin

Obseg vizualno prostorskega spomina je bil merjen s pomočjo računalniškega programa PEBL 0.13 in sicer z aplikacijo »corsi« (Mueller, 2011a), ki velja za ustaljeno mero vizualno prostorskega spomina v kliničnem in raziskovalnem kontekstu (Farrell Pagulayan, Busch, Medina, Bartok in Krikorian, 2006).

Naloga poteka tako, da se na ekranu prikaže 9 modrih kvadratkov (glej Slika 5 na strani 33), ki se osvetlujejo v določenem zaporedju, udeleženci pa si morajo zapomniti vrstni red po katerem so bili kvadrati osvetljeni. Ko se zaporedje konča, morajo udeleženci z miško klikniti na kvadratke v takšnem vrstnem redu, kot so se osvetljevali.

V našem primeru se je prvi poskus začel z zaporedjem dveh osvetljenih kvadratkov. Po vsaj enem pravilno izpolnjenem zaporedju izmed dveh zaporedij istega števila, se je število v zaporedju osvetljenih kvadratkov povečalo. Zadnja dolžina zaporedja kvadratkov, ki ga je udeleženec pravilno odgovoril brez napake, je mera njegovega obsega vizualno-prostorskega spomina. Udeleženci so za dokončanje naloge rabili približno 5 - 10 minut.



Slika 5. Uporabljen nalog obsega vizualno prostorskega spomina (PEBL Corsi).

### 3.3 Postopek

Po dogovoru z vodstvom osnovne šole, katere učenci so sodelovali v raziskavi, so bila učencem 8. in 9. razreda posredovana informirana soglasja staršev o sodelovanju njihovega otroka v raziskavi, ki so jih učenci odnesli v podpis staršem. Tisti učenci, ki so vrnilo podpisana soglasja, so izpolnili kratek vprašalnik, ki je poleg demografskih podatkov vseboval tudi vprašanja o zgodovini prejšnjih (predvsem nevroloških in psihiatričnih) bolezni ter morebitni udeležbi na treningih spomina ali testiranju inteligentnosti v zadnjih šestih mesecih. Na tej točki so učenci tudi dobili šifre, s čimer je bila zagotovljena anonimnost njihovih podatkov. Šifre so bile sestavljene iz šestih znakov, tako da učenci vmes niso pozabili svoje šifre.

Učenci, ki so izpolnjevali merila za vključitev, so bili testirani s testom fluidne inteligentnosti (SPM), prav tako pa so rešili naloge za merjenje obsega spomina ter vizualno prostorskega kratkoročnega spomina. Začetno testiranje je trajalo približno 60 minut. Po izhodiščnem testiranju so učenci bili razdeljeni v 2 skupini: eksperimentalno skupino (9. razred), ki je opravljala trening delovnega spomina, ter pasivno kontrolno skupino brez treninga (8. in 9. razred). Učencev iz praktičnih razlogov nismo mogli naključno razvrščati v eksperimentalno in kontrolno skupino. Predvidevali smo, da bosta kontrolna in eksperimentalna skupina izenačeni po spolu in izhodiščnih dosežkih na testu fluidne inteligentnosti.

Po začetnem testiranju je eksperimentalna skupina začela s treningi, ki so potekali v računalniški učilnici osnovne šole. Treningi so potekali v skupinah, zato je vsak udeleženec tudi imel svoje slušalke, da zvok ni motil drugih udeležencev v skupini. Skupno je bilo izvedenih 10 treningov (vsak trening je trajal 20 - 25 minut), ki so bili opravljeni v časovnem obdobju dveh tednov. Po tem so bili tako udeleženci eksperimentalne kot kontrolne skupine še enkrat testirani s paralelno obliko testa fluidne inteligentnosti (SPM-P) in še enkrat opravili naloge za obseg spomina ter obseg vizualno prostorskega spomina v enakem časovnem intervalu. Vse naloge na končnem testiranju so bile enake kot tiste na začetnem, le uporabljeni so bili drugačni dražljaji oziroma vprašanja.

### 3.4 Statistična obdelava podatkov

Pridobljeni podatki so bili statistično obdelani z računalniških programom IBM SPSS, verzija 21 (statistični paket za socialne znanosti).

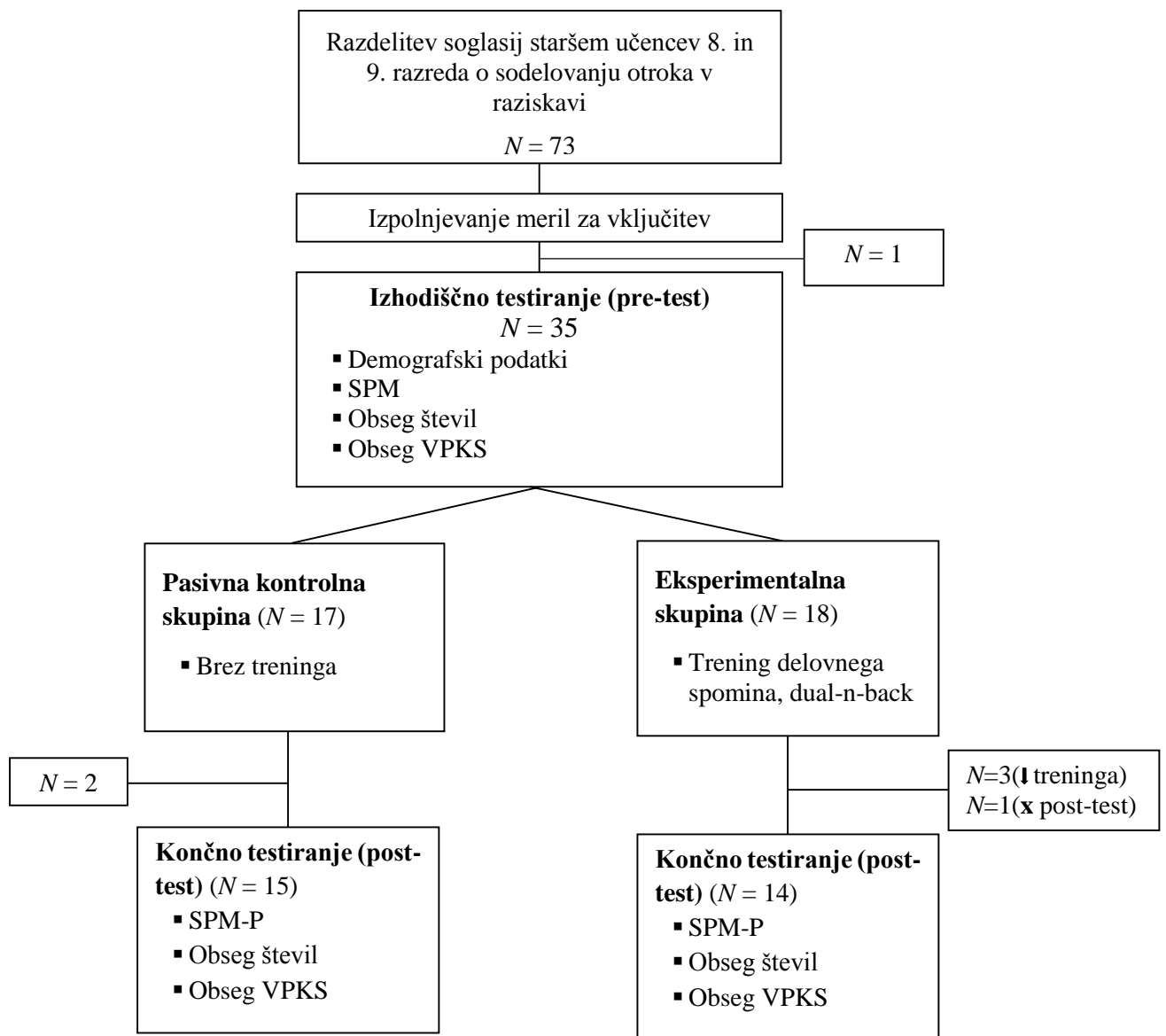
Za preverjanje izenačenosti skupin po izhodiščnem dosežku na testu inteligentnosti in starosti je bil uporabljen Studentov T-test za neodvisne vzorce oziroma Mann-Whitneyev U test za neodvisne vzorce v primeru porazdelitve podatkov, ki deviiirajo od normalnosti. Za preverjanje enakosti skupin po spolu je bil uporabljen Pearsonov  $\chi^2$  preizkus.

Napredek na trenirani nalogi smo preverjali s Friedmanovo ANOVO za več odvisnih vzorcev in Wilcoxonovim testom predznačnih rangov za odvisne vzorce, za primerjavo dosežkov po spolu na posameznih treningih je bil opravljen Mann-Whitneyev U test za neodvisne vzorce.

Primerjava dosežkov (na testu fluidne inteligentnosti, obsega spomina, obsga vizualno prostorskega spomina) pred in po testiranju znotraj posamezne skupine je bila opravljena s pomočjo parnega T-testa (za odvisne vzorce). Analiza interakcije med izpostavljenostjo treningu = skupina (eksperimentalna ali kontrolna) x čas (pred in po treningu), je bila opravljena s pomočjo splošnega linearnega modela - analize variance za ponovljene meritve (split plot GLM RM-ANOVA), s pomočjo katere smo ugotavljali statistično pomembnost razlik med eksperimentalno in kontrolno skupino (faktor med skupinama) v obsegu spomina, dosežkih na fluidni inteligentnosti in vizualno prostorskem spominu (faktor znotraj skupin) glede na čas testiranja (pred in po treningu v primerljivih časovnih intervalih).

Za vse mere so podane tudi velikosti učinka kot dopolnitev k  $p$  – vrednostim.





Slika 6. Grafični prikaz načrta študije.

## 4 Rezultati

### 4.1 Izhodiščno testiranje

#### 4.1.1 Primerjava skupin

Eksperimentalna in kontrolna skupina se na začetnem testiranju nista pomembno razlikovali v nobeni od merjenih spremenljivk (vsi  $p$ -ji so bili nad 0,05, glej *Tabela 1* na strani 27). Razlike niso bile statistično pomembne niti ko smo iz analize izločili tiste udeležence, ki niso končali vseh treningov ali se niso udeležili končnega testiranja. Udeleženci obeh končnih skupin so dosegli primerljive rezultate na vseh izmed merjenih spremenljivk na izhodiščnem testiranju, nekoliko večja razlika je bila le v dosežkih na testu SPM, vendar ni bila statistično pomembna. Tudi vse nadaljnje analize so bile opravljene na udeležencih, ki so opravili vse obveznosti ( $N_{\text{exp}} = 14$ ;  $N_{\text{k}} = 15$ ).

#### 4.1.2 Korelacije med nalogami na začetnem testiranju

Mere povezanosti merjenih spremenljivk na začetnem testiranju so prikazane v spodnji tabeli. Opazimo lahko, da se je edina statistično pomembna korelacija pokazala med dosežki na SPM in obsegom števil, medtem ko dosežki na SPM niso statistično pomembno korelirali z obsegom vizualno prostorskega kratkoročnega spomina. Najnižja korelacija je bila med obema merama kratkoročnega spomina.

Tabela 2.

*Korelacijski koeficienti med dosežki na posameznih nalogah na izhodiščnem testiranju*

	Obseg števil	VPKS	SPM
Obseg števil	-		
VPKS	0,067	-	
SPM	0,427*	0,261	-

*Opombe.* VPKS = vizualno-prostorski kratkoročni spomin, SPM = standardne progresivne matrice.

Po začetnem testiranju je eksperimentalna skupina pričela s treningi delovnega spomina. Dosežki in značilnosti reševanja naloge so prikazani v nadaljevanju.

## 4.2 Dosežki na trenirani nalogi

Vsi udeleženci, ki so končali trening, so izboljšali svoje rezultate na trenirani nalogi n-nazaj. Kljub nihanju dosežkov iz treninga v trening, so se povprečni dosežki postopoma izboljševali. Vsi udeleženci so dosegli težavnost vsaj 3-nazaj, pri tem se je kot dosežek vedno upošteval najboljši dosežen rezultat na posameznem treningu. Ob daljšem treningu bi pričakovali doseganje še višjih vrednosti n-nazaj.

Frekvenčna porazdelitev in osnovne opisne statistike doseženih vrednosti n-nazaj na posameznem treningu so prikazane v spodnji tabeli.

Tabela 3.

*Frekvence, odstotne vrednosti in osnovne opisne statistike dosežkov na nalogi dual n-nazaj glede na število treningov*

	1-nazaj		2-nazaj		3-nazaj		4-nazaj		<i>M</i>	<i>SD</i>
	f	%	f	%	f	%	f	%		
1.	9	64,3	5	35,7	-	-	-	-	1,36	0,50
2.	3	21,4	11	78,6	-	-	-	-	1,79	0,43
3.	-	-	11	78,6	3	21,4	-	-	2,21	0,43
4.	-	-	9	64,3	5	35,7	-	-	2,36	0,50
5.	-	-	5	35,7	8	57,1	1	7,1	2,71	0,61
6.	-	-	4	28,6	7	50,0	3	21,4	2,93	0,73
7.	-	-	3	21,4	11	78,6	-	-	2,79	0,27
8.	-	-	1	7,1	10	71,4	3	21,4	3,14	0,54
9.	-	-	-	-	10	71,4	4	28,6	3,29	0,47
10.	-	-	-	-	11	78,6	3	21,4	3,21	0,43

*Opombe.* f = frekvenca doseženih n-nazaj, % = delež udeležencev, ki so dosegli določeno število n-nazaj, *M* = povprečni n-nazaj, *SD* = standardni odklon.

Na prvem treningu je večina udeležencev (skoraj 2/3) nalogo opravljala na najnižji težavnosti (1-nazaj), nekaj pa jih je že po prvem treningu napredovalo na 2-nazaj. Po tretjem treningu so že vsi napredovali na težavnost vsaj 2-nazaj, pri kateri so nekateri dolgo ostali, medtem ko so posamezni udeleženci po tretjem treningu že opravljali nalogo na nivoju 3-nazaj.

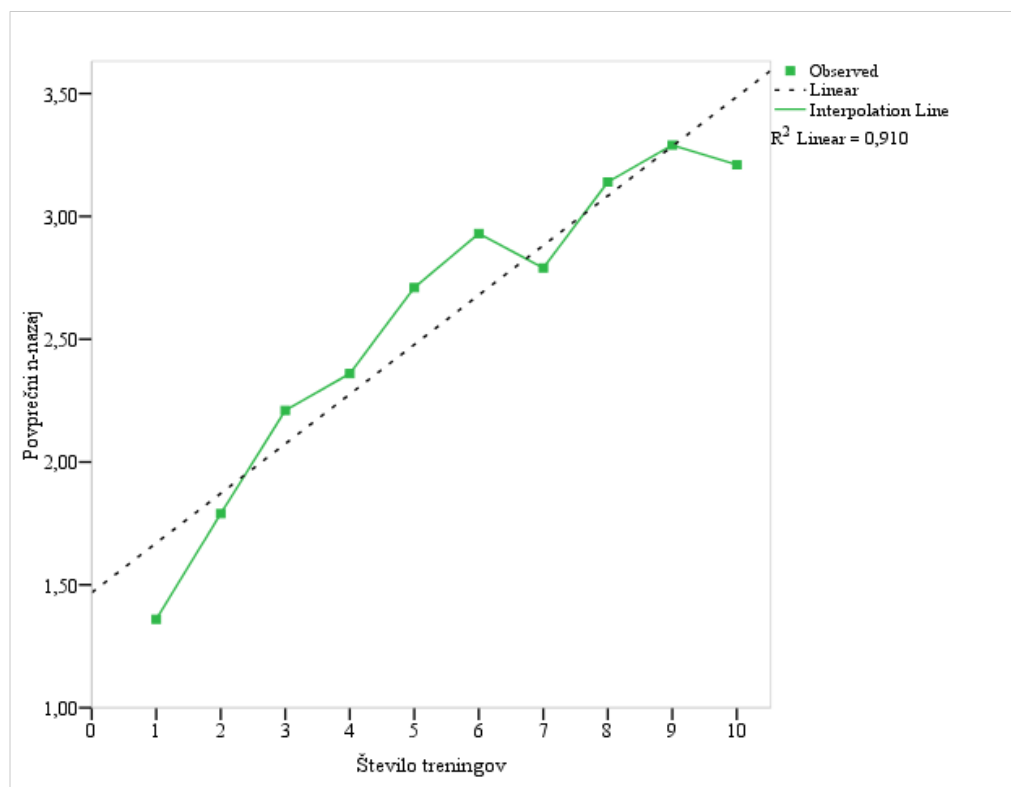
Po petem treningu je eden med udeležencev dosegel vrednost 4-nazaj, kar je bila tudi najvišja dosežena vrednost na celem vzorcu. Sedmi trening je prinesel nekoliko upada, saj je na šestem treningu petina udeležencev že dosegla vrednost 4-nazaj, na

sedmem treningu pa noben izmed udeležencev ni prišel do te vrednosti. Po devetem treningu so vsi udeleženci dosegli vsaj 3-nazaj in največ udeležencev je doseglo 4-nazaj (28,6 %), po zadnjem treningu so bili dosežki sicer nekoliko nižji, a primerljivi z rezultati po devetem treningu.

Najnižja povprečna vrednost je bila po prvem treningu, ko so udeleženci dosegali povprečno vrednost 1,36 n-nazaj ( $SD = 0,50$ ), nato so s treningom udeleženci postopoma napredovali na trenirani nalogi in najvišje dosežke dosegli po devetem treningu ( $M = 3,29$ ). Po zadnjem (10.) treningu je povprečje dosežkov sicer nekoliko upadlo, vendar razlika med povprečnimi dosežki 9. in 10. treninga ni bila statistično pomembna,  $T = 2$ ,  $p = 0,564$ ,  $r = 0,15$ .

Največji standardni odklon dosežkov je bil na sredini treninga (peti in šesti trening), ko so nekateri že pričeli s težavnostjo 4-nazaj, drugi pa še niso dosegli nivoja 3-nazaj. Prehod iz 1-nazaj na 2-nazaj so udeleženci relativno hitro dosegli in jim ni predstavljal velikih težav; večjo oviro je za nekatere udeležence predstavljal prehod na 3-nazaj, medtem ko so težavnost 4-nazaj v času treniranja dosegli le redki.

Analiza dosežkov na treniranih nalogah je pokazala, da so dosežki na trenirani nalogi enakomerno naraščali (glej Slika 7). Izboljšanje dosežkov je skladno z linearno funkcijo,  $y = 0,2x + 1,47$ ;  $R^2 = 0,910$ .



Slika 7. Izboljšanje rezultatov na n-nazaj nalogi. Za vsak trening so prikazane povprečne vrednosti doseženega števila n-nazaj. Število n-nazaj se je spreminjalo glede na uspešnost posameznika. Pridobitke na trenirani nalogi lahko razložimo z linearno funkcijo  $R^2 = 0,910$ .

Izboljšanje dosežkov na trenirani nalogi glede na posamezni trening smo preverjali s Friedmanovo ANOVO za odvisne vzorce, ki je pokazala, da glede na število treningov obstajajo pomembne razlike v dosežkih,  $\chi^2(9) = 93,40$ ,  $p < 0,001$ . Nadaljnje parne primerjave kažejo, da so statistično pomembno višji rezultati v primerjavi s prvim treningom bili v primerjavi s petim treningom in naprej ( $p < 0,05$ ), po drugem v primerjavi s šestim in naprej ( $p < 0,05$ ), tretjem v primerjavi z osmim in naprej ( $p < 0,05$ ) ter po četrtem v primerjavi z devetim treningom ( $p < 0,05$ ). Med ostalimi treninki ni bilo statistično pomembnih razlik oziroma izboljšanj v dosežkih n-nazaj.

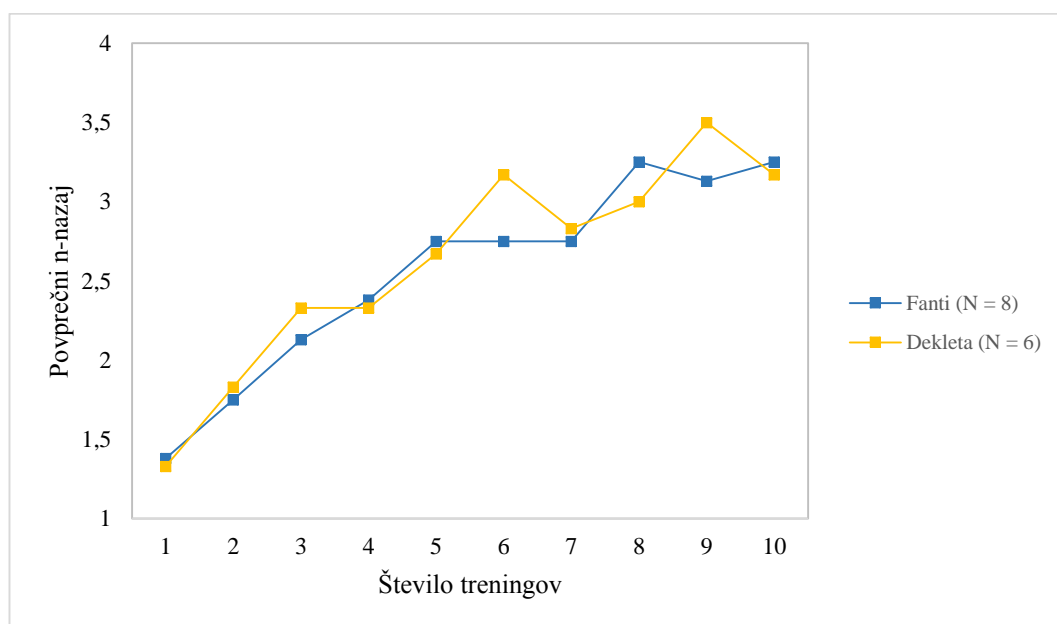
Izračunali smo še odstotek izboljšanja na treniranih nalogah eksperimentalne skupine. Delež izboljšanja je bil izračunan po sledeči formuli (Chooi in Thompson, 2012):

$$\% \text{ izboljšanja} = \frac{M(\text{največji doseženi } n) - M(n \text{ na prvem treningu})}{M(\text{največji doseženi } n)} \times 100$$

Odstotek izboljšanja po treningu je na našem vzorcu znašal 58,7 %, kar pomeni, da so v povprečju udeleženci svoje rezultate izboljšali za nekaj več kot polovico v primerjavi s prvim treningom.

#### 4.2.1 N-nazaj glede na spol

Nadalje predstavljamo dosežke na nalogi n-nazaj glede na spol. Povprečni dosežki na trenirani nalogi po posameznem treningu glede na spol so prikazani na spodnji sliki.



Slika 8. Povprečne vrednosti dosežkov na posameznem treningu na nalogi n-nazaj glede na spol.

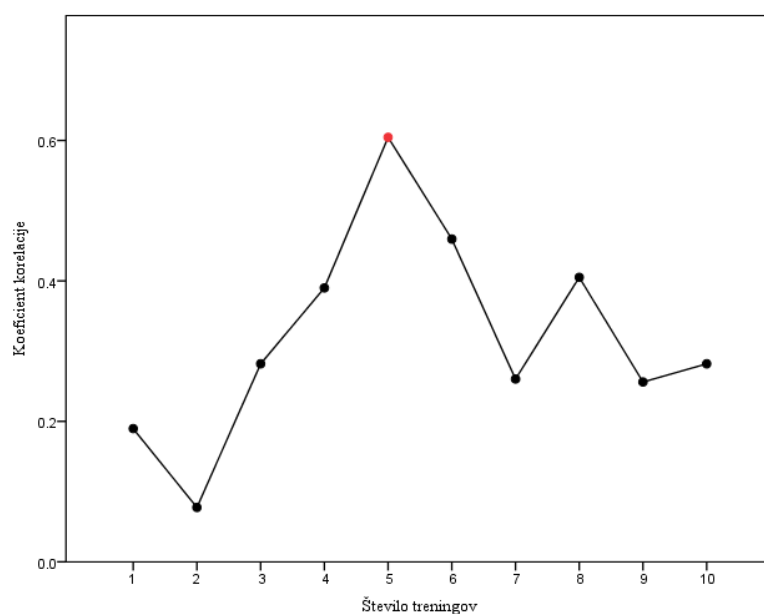
Kot je razvidno iz slike, se dosežki fantov in deklet po posameznih treningih bistveno ne razlikujejo, nekoliko večje razlike lahko zaznamo po šestem in devetem treningu, vendar razlike niso bile statistično pomembne za šesti trening,  $U_{6.\text{trening}} = 31,50$ ,  $z = 1,05$ ,  $p = 0,345$ ,  $r = 0,28$ , niti za deveti trening,  $U_{9.\text{trening}} = 33,00$ ,  $z = 1,48$ ,  $p = 0,282$ ,  $r = 0,39$ . Prav tako razlike v dosežkih fantov in deklet niso bile statistično

pomembne po katerem koli drugem treningu,  $p < 0,05$ . Dobljeni rezultati nakazujejo, da je uspešnost reševanja naloge na posameznem treningu in v povprečnem rezultatu bila primerljiva glede na spol.

Zbrani rezultati torej kažejo, da so vsi udeleženci, ne glede na spol, svoje rezultate na treniranih nalogi dual n-nazaj izboljšali. Na podlagi analiz lahko hipotezo 1, ki pravi, da se bo rezultat na trenirani nalogi pri eksperimentalni skupini kot posledica treninga izboljšal, potrdimo za vse udeležence eksperimentalne skupine.

#### 4.2.2 Korelacije dosežkov n-nazaj in izhodiščnim dosežkom na SPM

Zanimalo nas je še, ali so dosežki na trenirani nalogi povezani z izhodiščnimi sposobnostmi posameznikov. Na spodnjem grafu prikazujemo Spearmanove korelacijske koeficiente med dosežki na n-nazaj in dosežki na SPM glede na število treningov.



Slika 9. Grafični prikaz korelacij ( $r_s$ ) med dosežki na nalogi n-nazaj in SPM na posameznem treningu. Najvišja korelacija je označena z rdečo barvo in je edina statistično pomembna ( $p < 0,05$ ).

Najvišja in hkrati edina statistično pomembna korelacija se je pokazala po petem treningu ( $r_s = 0,661$ ), ostale korelacije niso bile statistično pomembne in vse so bile pozitivne.

Opazimo, da do petega treninga višina korelacijskih koeficientov narašča, kar pomeni, da so izhodišče sposobnosti nekoliko napovedovale dosežke na dual n-nazaj nalogi, nato pa višina korelacij nekoliko upade. Takšni rezultati so lahko posledica majhnih sprememb dosežkov na nalogi n-nazaj ter časa, da je do spremembe dosežka prišlo. Prav tako ni zanemarljiv podatek, da je po petem treningu standardni odklon rezultatov bil relativno visok.

Pridobitek na trenirani nalogi nekateri avtorji izračunajo z odštetjem dosežkov povprečja prvih dveh treningov od zadnjih dveh (formula uporabljena v Jaeggi idr., 2011)

$$\text{Pridobitek n-nazaj} = M(9. \text{ trening}, 10. \text{ trening}) - M(1. \text{ trening}, 2. \text{ trening})$$

Glede na količino pridobitka smo na našem vzorcu dobili le dve skupini: skupina, ki je v povprečju pridobila 1,5 ( $N = 9$ ; 6 fantov, 3 dekleta) ter druga, ki je pridobila 2 ( $N = 5$ ; 2 fanta, 3 dekleta). Razlika glede na spol ni bila statistično pomembna,  $\chi^2(1) = 0,933$ ,  $p = 0,334$ .

Med obema skupinama pridobitkov na trenirani nalogi tudi ni bilo pomembnih razlik v izhodiščnih dosežkih na SPM,  $t(12) = 0,104$ ,  $p = 0,919$ ,  $d = 0,05$ . Nekoliko večje razlike nastanejo, ko primerjamo udeležencev, ki so dosegli 4-nazaj v primerjavi z ostalimi,  $M_{4\text{-nazaj}} = 45,50$ ,  $SD_{4\text{-nazaj}} = 2,52$ ;  $M_{\text{ostali}} = 43,20$ ,  $SD_{\text{ostali}} = 3,99$ , vendar razlika ni bila statistično pomembna,  $t(12) = 1,056$ ,  $p = 0,312$ ,  $d = 0,68$ .

Na podlagi tega lahko zaključimo, da izhodišče sposobnosti (kot merjene s testom  $Gf$ ) niso bile pomemben dejavnik pridobitka na nalogi n-nazaj.



### 4.3 Prenos učinka treninga na netrenirane naloge

Osnovne opisne statistike za kontrolno in eksperimentalno skupino za vse merjene spremenljivke na začetnem in končnem testiranju so povzete v tabeli spodaj.

Tabela 4.

*Povprečja, standardni odkloni in parni t-testi kontrolne in eksperimentalne skupine za dobljene rezultate na začetnem in končnem testiranju*

	Kontrolna skupina				
	Test		Retest		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>df</i> (14)
DS	5,13	1,25	5,60	0,83	$t = 1,39, p = 0,187, d = 0,44$
VPKS	6,00	1,13	6,93	1,40	$t = 2,43, p = 0,029, d = 0,73$
SPM	46,27	6,79	47,0	7,49	$t = 0,74, p = 0,474, d = 0,10$
	Eksperimentalna skupina				
	Test		Retest		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>df</i> (13)
DS	5,00	0,88	5,50	0,86	$t = 2,19, p = 0,047, d = 0,57$
VPKS	6,21	1,67	6,43	1,45	$t = 1,39, p = 0,189, d = 0,14$
SPM	43,86	3,70	48,00	5,68	$t = 3,81, p = 0,002, d = 0,86$

*Opombe.* DS=obseg števil, VPKS=obseg vizualno prostorskega kratkoročnega spomina, SPM=Ravnove standardne progresivne matrice.

Na končnem testiranju so se vrednosti vseh spremenljivk v primerjavi z začetnim testiranjem povišale. Parne primerjave kažejo, da se je pri kontrolni skupini v primerjavi z začetnim testiranjem statistično pomembno povišal dosežek na nalogi obsega vizualno prostorskega spomina pri končnem testiranju ( $p = 0,029$ ). Pri ostalih merah (obseg števil in dosežek na SPM) ni bilo statistično pomembnih povišanj rezultatov na končnem testiranju v primerjavi z začetnim pri kontrolni skupini.

Eksperimentalna skupina je malo pod mejo statistične pomembnosti povišala rezultat z začetnega testiranja na meri obsega števil ( $p = 0,047$ ). V primerjavi z začetnim testiranjem je eksperimentalna skupina dosežek na meri fluidne inteligentnosti na končnem testiranju izboljšala ( $p = 0,002$ ), medtem ko pri obsegu vizualno prostorskega spomina ni bilo statistično pomembnih razlik na retestu.

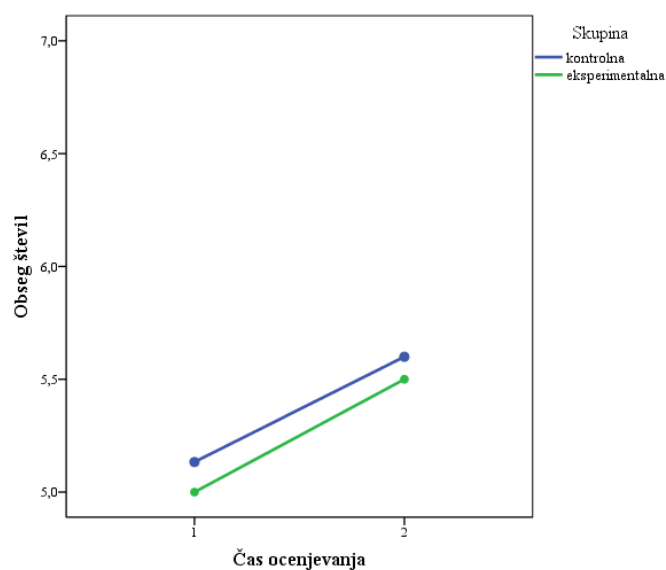
V nadaljevanju smo preverili, ali so učinki vezani na trening, saj je za preverjanje učinkov prenosa treninga nujno prikazati izboljšanje dosežkov končnega testiranja eksperimentalne skupine v primerjavi z rezultati kontrolne skupine.

Vpliv treninga na dosežke pred in po treningu je bil analiziran z generalnim linearnim modelom (GLM) za ponovljene meritve.

#### 4.3.1 Vpliv treninga na obseg števil

Za preverjanje učinkov treninga pred in po treningu na nalogo obsega števil smo uporabili GLM za ponovljene meritve, kjer je uspešnost reševanje naloge obsega števil pred in po treningu bila definirana kot faktor znotraj skupin ter skupina (eksperimentalna in kontrolna) kot faktor med skupinami.

Rezultati kažejo, da je bil statistično pomemben učinek časa (pred in po testiranju),  $F(1,27) = 5,497$ ,  $p = 0,027$ ,  $\eta_p^2 = 0,169$ . Ni pa bilo pomembnega učinka skupine,  $F(1,27) = 0,156$ ,  $p = 0,70$ ;  $\eta_p^2 = 0,006$  ali statistično pomembne interakcije čas (pred in po) x skupina (kontrolna in eksperimentalna),  $F(1,27) = 0,007$ ,  $p = 0,936$ ,  $\eta_p^2 = 0,000$ . Dobljeni rezultati kažejo, da so na celotnem vzorcu v povprečju vsi udeleženci izboljšali rezultate s prvega testiranja, ni pa bilo statistično pomembne interakcije med skupino in časom testiranja, kar pomeni, da skupina ni imela drugačnega učinka na rezultate. Sprememba rezultatov glede na čas ocenjevanja za obe skupini je prikazana na spodnji sliki.

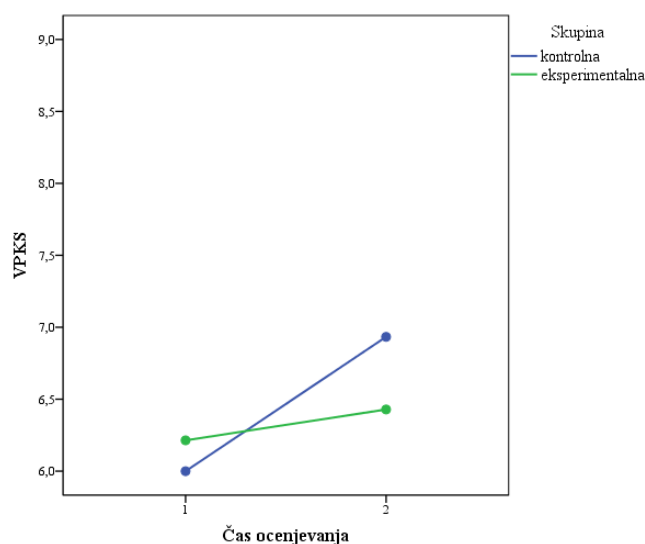


Slika 10. Povprečne vrednosti na nalogi obsega števil na testu (T1) in retestu (T2) za kontrolno in eksperimentalno skupino.

Hipoteze 2, da se bo po treningu rezultat na nalogi obsega števil pri eksperimentalni skupini povišal, ne moremo potrditi. Parne primerjave sicer kažejo, da je nekoliko večja sprememba bila pri eksperimentalni skupini ( $p = 0,047$ ), vendar v primerjavi z dosežki kontrolne skupine ta razlika ni statistično pomembna.

#### 4.3.2 Vpliv treninga na vizualno prostorski kratkoročni spomin

Za preverjanje učinkov treninga na obseg vizualno prostorskega spomina smo uporabili GML za ponovljene meritve, kjer smo kot faktor med skupinami definirani skupino, znotraj skupine pa dosežek na nalogi obsega vizualno kratkoročnega spomina pred in po treningu.



Slika 11. Povprečne vrednosti na nalogi obsega vizualno prostorskega kratkoročnega spomina na testu (T1) in retestu (T2) za kontrolno in eksperimentalno skupino.

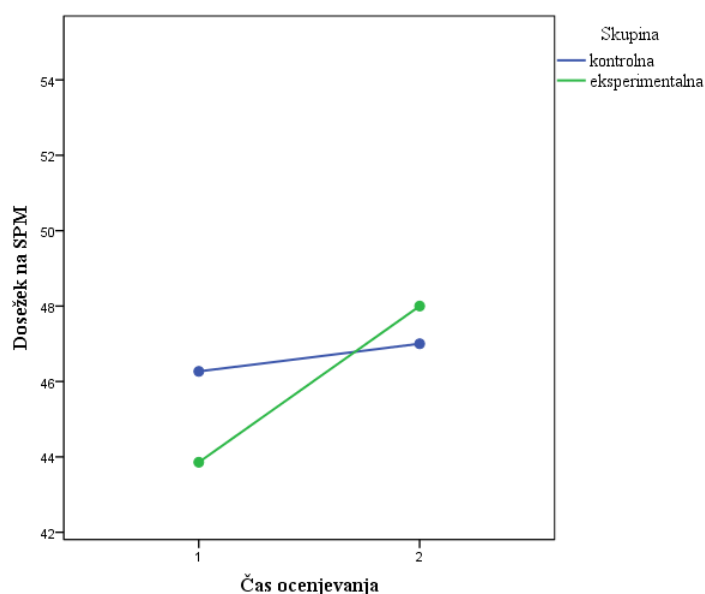
Statistična analiza rezultatov je pokazala, da ni bilo statistično pomembnega učinka skupine,  $F(1,27) = 0,091$ ,  $p = 0,766$ ,  $\eta_p^2 = 0,003$ , pokazal pa se je pomemben učinek časa (pred in po treningu) za celotno skupino, kjer se je na ravni povprečja rezultat po treningu povišal,  $F(1,27) = 7,297$ ,  $p = 0,012$ ,  $\eta_p^2 = 0,213$ . Statistično pomembne interakcije čas x skupina ni bilo  $F(1,27) = 2,864$ ,  $p = 0,102$ ,  $\eta_p^2 = 0,096$ .

Na končnem testiranju so torej v povprečju vsi udeleženci, ne glede na skupino, izboljšali svoj rezultat, na obsegu vizualno-prostorskega kratkoročnega spomina, skupina ni imela vpliva na doseganje rezultatov. S tem lahko hipotezo 3, ki pravi, da bo eksperimentalna skupina pridobila več na tem testu v primerjavi s kontrolno

skupino zavržemo. Parne primerjave nakazujejo celo na obratno, da je nekoliko več pridobila kontrolna skupina.

#### 4.3.3 Vpliv treninga na dosežke na testu fluidne inteligentnosti

Učinke treninga na dosežke na testu *Gf* smo preverjali za GML za ponovljene meritve, kjer je kot faktor znotraj skupin bil definiran dosežek na testu *Gf* pred in po treningu, kot faktor med skupinami pa skupina (kontrolna ali eksperimentalna). Sprememba dosežkov na testu *Gf* pred in po treningu za obe skupini je prikazana na spodnji sliki.



Slika 12. Povprečne vrednosti SPM na testu (T1) in retestu (T2) za kontrolno in eksperimentalno skupino.

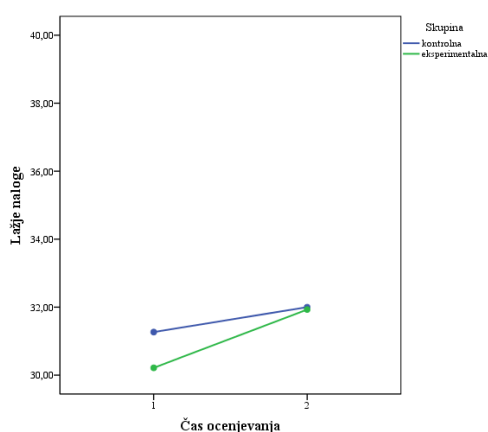
Rezultati kažejo, da ni bilo statistično pomembnega učinka skupine,  $F(1,27) = 0,107$ ,  $p = 0,746$ ,  $\eta_p^2 = 0,004$ . Bil pa je statistično pomemben učinek časa,  $F(1,27) = 10,948$ ,  $p = 0,003$ ,  $\eta_p^2 = 0,228$ , kar pomeni, da so na retestu v povprečju vsi izboljšali svoje rezultate. Statistično pomembna interakcija čas x skupina,  $F(1,27) = 5,352$ ,  $p = 0,029$ ,  $\eta_p^2 = 0,165$  pa kaže na to, da je povišanje dosežkov na retestu bilo odvisno od skupine. Rezultati nakazujejo, da je pri tem eksperimentalna skupina pridobila več v primerjavi s povišanjem dosežkov pri kontrolni skupini, kot je razvidno tudi iz grafičnega prikaza povprečnih dosežkov. Eksperimentalna skupina je točke izboljšala iz začetnih 43,86 na 48,00; medtem ko je kontrolna skupina v povprečju izboljšala rezultat iz 46,27 na 47,00 točk. Interakcija ostane

statistično pomembna tudi kadar kot kovariat damo izhodiščne vrednosti na nalogi obsega števil,  $F(1,26) = 5,602$ ;  $p = 0,026$ ,  $\eta_p^2 = 0,177$ .

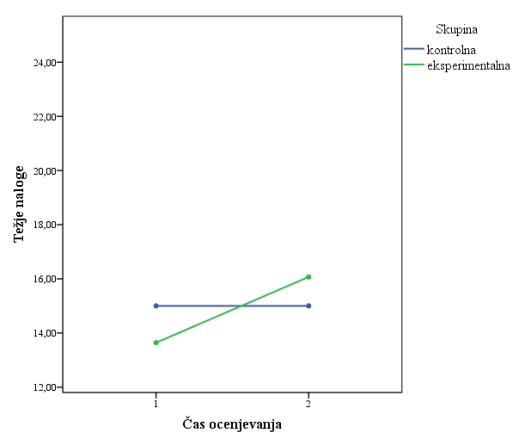
Hipotezo 4, ki pravi, da bodo udeleženci eksperimentalne skupine po treningu dosegli več izboljšanja na meri Gf v primerjavi z dosežki kontrolne skupine, lahko na podlagi dobljenih rezultatov potrdimo, ( $p < 0,05$ ). Pridobitek na SPM eksperimentalne skupine, ki je opravljala trening delovnega spomina je pomembno višji v primerjavi s pridobitkom kontrolne skupine.

#### 4.3.3.1 Vpliv treninga na dosežke na testu fluidne inteligentnosti glede na težavnost nalog

Nadalje nas je zanimalo, ali je prišlo do razlik med težjimi in lažjimi nalogami pred in po testu. S tem namenom smo naloge iz setov A, B in C uvrstili med lažje naloge, seta D in E pa med težje, saj kompleksnost nalog na SPM narašča. Spremembe pred in po treningu za lažje in težje naloge so prikazane na spodnjih slikah.



Slika 13. Povprečja pri lažjih nalogah pri merjenju 1 in 2 za eksperimentalno in kontrolno skupino.



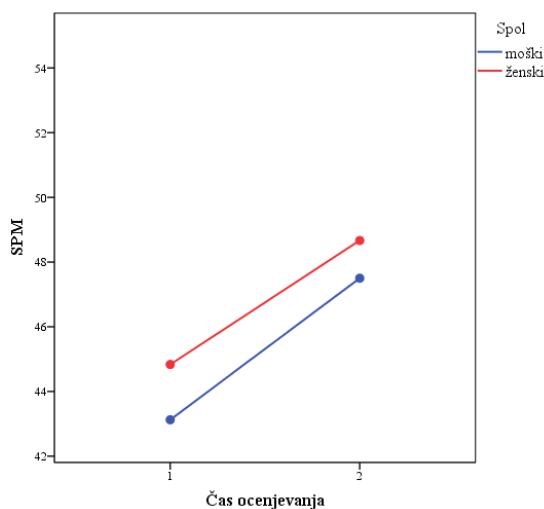
Slika 14. Povprečja pri težjih nalogah pri merjenju 1 in 2 za eksperimentalno in kontrolno skupino.

Tako pri lažjih kot pri težjih nalogah se je pokazal učinek časa na celotnem vzorcu, saj so v povprečju vsi izboljšali svoje rezultate. Pri analizi interakcij pa ugotovimo, da interakcija čas x skupina za lažje naloge ni bila statistično pomembna,  $F(1,27) = 1,450$ ,  $p = 0,239$ ,  $\eta_p^2 = 0,051$ ; medtem ko je malo nad mejo statistične pomembnosti bila interakcija čas x skupina za težje naloge,  $F(1,27) = 4,816$ ,  $p = 0,037$ ,  $\eta_p^2 = 0,151$ , kar kaže na to, da je učinek treninga bil nekoliko bolj očiten pri težjih v primerjavi z lažjimi nalogami. Eksperimentalna skupina je izboljšala rezultat iz 13,64 na 16,07 na končnem testiranju, medtem ko kontrolna skupina

svojega rezultata ni izboljšala in je na končnem testiranju dosegla enako število točk kot na izhodiščnem (glej tudi Slika 14).

#### 4.3.3.2 Vpliv treninga na dosežke na testu fluidne inteligentnosti glede na spol pri eksperimentalni skupini

Naslednje smo želeli preveriti, ali je prišlo do razlik v prenosu na mero *Gf* glede na spol. Spremembe pred in po treningu so prikazane na spodnji sliki.



Slika 15. Povprečne vrednosti SPM oziroma SPM-P na testu (T1) in retestu (T2) glede na spol za eksperimentalno skupino.

Kot je razvidno iz zgornje slike, so vsi udeleženci ne glede na spol približno enakomerno izboljšali svoj rezultat z začetnega testiranja. Pokazal se je učinek časa, kar pomeni, da so iz izhodiščnega testiranja v povprečju vsi izboljšali svoje dosežke,  $F(1,12) = 12,911$ ;  $p = 0,004$ ,  $\eta_p^2 = 0,518$ . Statistično pomembne interakcije čas x spol ni bilo,  $F(1,12) = 0,056$ ;  $p = 0,817$ ,  $\eta_p^2 = 0,005$ , kar pomeni, da med izboljšanjem dosežkov fantov in deklet pri eksperimentalni skupini ni bilo pomembnih razlik.

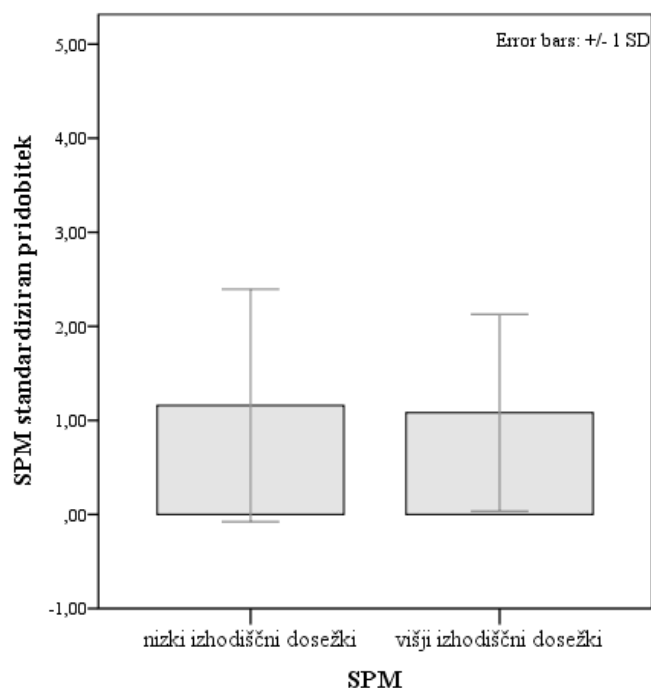
#### 4.3.4 Pridobitek na SPM glede na izhodiščne sposobnosti za eksperimentalno skupino

V naslednjem koraku nas je zanimalo, ali so na pridobitke na SPM vplivale izhodiščne sposobnosti, saj so v nekaterih študijah ugotovili, da so udeleženci z nižjimi izhodiščnimi sposobnostmi bolj napredovali v primerjavi s tistimi, ki so imeli nekoliko višje izhodiščne sposobnosti.

Najprej smo izračunali standardiziran pridobitek na SPM po sledeči formuli (Colom idr., 2013):

$$\Delta = \frac{Posttest - pretest}{SD(pretest)}$$

Po zgledu prejšnjih študij smo udeležence z nižjim oziroma višjim izhodiščnim dosežkom na SPM razlikovali s pomočjo vrednosti mediane (*Me*).



Slika 16. Standardiziran pridobitek na Ravnovih matricah<sup>3</sup> glede na izhodiščne dosežke pri eksperimentalni skupini.

Na zgornji sliki so prikazane povprečne vrednosti in vrednosti enega standardnega odklona standardiziranih pridobitkov na Ravnovih matricah v primerjavi z

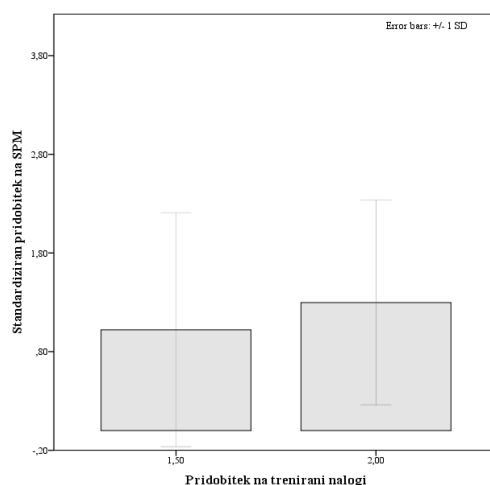
<sup>3</sup> Standardiziran pridobitek je izračunan znotraj pridobitkov eksperimentalne skupine.

izhodiščnim testiranjem. Opazimo, da so vsi približno enako pridobili, ne glede na izhodišče dosežke. Razlika med njimi ni bila statistično pomembna,  $t(12) = 0,126$ ,  $p = 0,902$ ,  $d = 0,07$ . Tudi korelacija med izhodiščnimi dosežki in pridobitkom je bila nizka,  $r_s = 0,065$  in statistično nepomembna.

Na podlagi dobljenih rezultatov lahko hipotezo 5, ki je predvidevala, da bodo udeleženci eksperimentalne skupine z nižjimi izhodiščnimi sposobnostmi pridobili več na testu *Gf* po treningu, ovržemo, saj sta obe skupini (nizki oziroma višji izhodiščni dosežek) v enaki meri pridobili s treningom.

#### 4.3.5 Pridobitek na SPM in pridobitek na trenirani nalogi

V nekaterih raziskavah so pokazali, da se je prenos učinkov pokazal le pri tistih udeležencih, ki so uspešno napredovali na trenirani nalogi. Zaradi nizkega števila treningov in uporabe kompleksne različice naloge dual n-nazaj, smo dobili le dve skupini, ki sta se le malo razlikovali v količini pridobitka na trenirani nalogi ( $\bar{x} = 1,5$  in  $\bar{x} = 2,0$ ). Nadalje smo preverili, ali je med skupinama prišlo do pomembnih razlik v standardiziranem pridobitku na testu *Gf*.



Slika 17. Pridobitek na SPM glede na pridobitek na trenirani nalogi.

Iz slike zgoraj lahko vidimo, da je skupina, ki je bolj napredovala na trenirani nalogi, pridobila nekaj več na testu *Gf*, vendar razlika ni bila statistično pomembna,  $t(12) = 0,436$ ,  $p = 0,671$ ,  $d = 0,25$ . Razlika ostaja statistično nepomembna tudi kadar primerjamo pridobitke na SPM glede na to, ali so posamezniki dosegli 4-nazaj ali ne,  $t(12) = 0,341$ ,  $p = 0,739$ ,  $d = 0,22$ , čeprav so tudi v tem primeru tisti udeleženci, ki so dosegli 4-nazaj pridobili nekaj več v primerjavi z ostalimi.



## 5 Interpretacija

Z uporabo naloge dual n-nazaj smo želeli preveriti, ali lahko s treniranjem te naloge delovnega spomina vplivamo na kognitivne sposobnosti. Bolj specifično nas je zanimal prenos učinkov treninga na obseg števil, obseg vizualno kratkoročnega spomina in prenos na testne dosežke na testu fluidne inteligentnosti ter dejavnike, ki so povezani s to spremembo.

Prišli smo do 5 ključnih ugotovitev: (1) vsi udeleženci eksperimentalne skupine so svoje dosežke na trenirani nalogi dual n-nazaj po koncu treninga izboljšali, statistično pomembnih razlik glede na spol ali izhodiščne sposobnosti ni bilo; (2) pomembnega pridobitka eksperimentalne skupine po treningu na merah obsega števil in obsega vizualno prostorskega kratkoročnega spomina v primerjavi z izboljšanjem kontrolne skupine ni bilo; (3) eksperimentalna skupina je po treningu v primerjavi s kontrolno skupino statistično pomembno izboljšala svoj rezultat na meri fluidne inteligentnosti; (4) analiza pridobitkov kaže, da so udeleženci eksperimentalne skupine bolj napredovali na težjih nalogah, ne pa tudi na lažjih v primerjavi s pridobitkom kontrolne skupine in (5) pridobitek na meri fluidne inteligentnosti eksperimentalne skupine ni bil odvisen od spola, izhodiščnih sposobnosti ali pridobitka na trenirani nalogi.

### 5.1 Dosežki na dual n-nazaj

Rezultati naše študije so potrdili rezultate vseh ostalih študij, v katerih so posamezniki, ki so trenirali določeno nalogo, rezultate po končanem treningu statistično pomembno izboljšali. Pri tem statistično pomembnih razlik v naši študiji glede na spol in začetni rezultat na testu *Gf* ni bilo, kar potrjujejo tudi druge študije (Jaeggi idr., 2011). Izhodiščne sposobnosti in spol torej nista bila pomembna dejavnika pridobitka na trenirani nalogi dual n-nazaj.

Z uporabo enakih nalogah so v drugih študijah po večjem številu treningov (običajno okoli 20) na populaciji mladih odraslih dosegli sicer večje število n-nazaj; v povprečju nekaj manj kot 5-nazaj (Colom idr., 2013; Jaeggi idr., 2008; Thompson idr., 2013), ali pa v povprečju okoli 4-nazaj (Jaeggi, Studer-Luethi, idr., 2010; Redick idr., 2013). Po osmih treningih so v študiji Lilienthal idr. (2012) udeleženci

v povprečju dosegli 3,5 nazaj, na našem vzorcu je povprečje dosežkov po desetih treningih bilo nekoliko nižje ( $M_{n-nazaj} = 3,21$ ).

Če pogledamo rezultate ostalih študij samo do desetega treninga, so naši rezultati še vedno nekoliko nižji od rezultatov drugih študij, vendar pa so kljub temu vsi udeleženci statistično pomembno napredovali na trenirani nalogi po treningu. Kadar primerjamo rezultate, opazimo tudi, da so v drugih študijah, kjer so sodelovali študenti, že po prvem treningu dosegali višje vrednosti v primerjavi z našimi rezultati. V drugih študijah so morda tudi zaradi starosti udeleženci hitreje dojeli princip reševanja naloge in so zato imeli višje dosežke že ob začetku izvajanja treningov. Če pa obravnavamo razliko med prvim in zadnjim treningom (= pridobitek), udeleženci naše raziskave ne zaostajajo veliko, pravzaprav so celo bolj napredovali, saj so rezultat izboljšali za 58,7 %; v študiji Chooi in Thompson (2012) so svoj rezultat izboljšali za 44 %, v študiji Colom idr. (2013) pa za 53 %.

Sposobnosti delno napovedujejo dosežke na nalogi n-nazaj (Jaeggi, Studer-Luethi, idr., 2010) in glede na to, da je populacija študentov že v osnovi nekoliko selekcionirana v primerjavi s populacijo osnovnošolcev, bi lahko takšen rezultat lahko pripisali tudi temu. Na našem vzorcu so rezultati po vsakem treningu pozitivno korelirali z izhodiščnim dosežkom na testu Gf, vendar je edina statistično pomembna korelacija bila po petem treningu, ko jih je veliko napredovalo iz 2- na 3-nazaj, eden izmed udeležencev pa je že opravljal nalogo na 4-nazaj.

Jakosti korelacij po petem treningu nekoliko upadajo, kar razlagamo s časom, ki je potreben, da so udeleženci lahko nadaljevali na naslednjo stopnjo in prav na prehodih opazimo najvišje korelacije dosežkov z izhodiščnimi rezultati na testu Gf, kjer so udeleženci, ki so dosegali višje rezultate na SPM napredovali na višjo stopnjo. Dobljeni rezultati so skladni z ugotovitvami Coloma idr. (2013), kjer prav tako ugotavljajo povezavo (ki tudi variira) med doseženim n-nazaj na dual verziji naloge s fluidno in kristalizirano inteligentnostjo ter kapaciteto delovnega spomina, ne pa tudi s kontrolo pozornosti.

Skupno naši študiji in podobnim študijam je enakomerno postopno izboljševanje dosežkov na trenirani nalogi. Podobno kot v drugih študijah, se tudi v naši študiji rezultati na trenirani nalogi linearno povečujejo, kar je skladno z ugotovitvami

ostalnih študij: ( $R^2 = 0,73$ ) v študiji Jaeggi idr. (2008) in ( $R^2 = 0,92$ ) v študiji Smith, Stibric in Smithson (2013). Postopno izboljševanje dosežkov iz treninga v trening in dejstvo, da več treningov vodi do boljših rezultatov na trenirani nalogi (Jaeggi idr., 2008), nam daje upravičeno pričakovanje, da bi z daljšim treningom prišli še do večjega izboljšanja rezultatov na trenirani nalogi.

Bergman Nutley idr. (2011) razlagajo, da obstajata dva razloga, zakaj posamezniki izboljšajo svoj rezultat na nalogi, ki jo večkrat intenzivno ponavljajo. Prvi je zaradi napredovanja, ki je za nalogo specifičen, kot npr. razvoj učinkovitih strategij reševanja in priminga specifičnega dražljaja, drugi pa zaradi izboljšanja osnovnih sposobnosti, ki se lahko generalizirajo tudi na drugi naloge, ki vključujejo enake sposobnosti.

Uporabljena naloga paradigme n-nazaj je ustvarjena tako, da zmanjšuje uporabo avtomatičnih strategij reševanja (Buschkuehl in Jaeggi, 2010), zato menimo, da so učinki treninga vplivali na izboljšanje osnovnih sposobnosti in obstaja možnost, da se učinki lahko generalizirajo tudi na sorodne naloge.

## **5.2 Prenos učinkov na mere kratkoročnega spomina**

Kratkoročni spomin smo preverjali z dvema nalogama: nalogo obsega števil in nalogo obsega vizualno prostorskega kratkoročnega spomina. Dosežka na obeh nalogah sta na našem vzorcu zelo nizko korelirala na izhodiščnem testiranju, nekoliko višje so bile korelacije med njima na končnem testiranju, vendar še vedno statistično nepomembne, kar kaže na to, da merita različne komponente spomina.

Čeprav je več študij pokazalo visoke korelacije med obema merama, v študiji avtorjev Kessels, van den Berg, Ruis in Brands (2008) ugotavljajo zelo nizko korelacijo med obema merama spomina na naprej verziji, poleg tega pa rezultati njihove faktorske analize kažejo, da gre za dva različna faktorja in vključenost različnih komponent delovnega spomina. Tako naj bi pri verbalni različici obsega števil naprej delovala fonološka zanka in centralni izvršitelj za različico nazaj, saj gre za aktivno manipulacijo informacij znotraj spomina, medtem ko je pri obsegu vizualno prostorskega kratkoročnega spomina vključena vizualno-prostorska skicirka, vključenost centralnega izvršitelja pa ostaja nejasna (Kessels idr., 2008). Te rezultate moramo s previdnostjo prenašati na rezultate naše študije, saj je v naši

študiji obseg števil bil podan v računalniški obliki, brez verbalne komponente in ne moremo z gotovostjo reči, kateri procesi so bili vključeni med reševanjem naloge, so pa udeleženci poročali, da so si pri reševanju te naloge pomagali s tihim ponavljanjem prikazanih črk na zaslonu.

Rezultati naše študije kažejo, da je eksperimentalna skupina po treningu statistično pomembno izboljšala svoj rezultat na nalogi obsega števil naprej, vendar v primerjavi s kontrolno skupino ni bilo statistično pomembno večjega pridobitka na tej nalogi. Za razliko od drugih študij, smo uporabili drugačno različico naloge. Običajno so obseg števil testirali z branjem števil naglas, pri čemer je prišlo do učinka na obseg števil, kar je zanimivo še posebno ob upoštevanju dejstva, da ni bila uporabljena nobena posebna mnemotehnika (Jaušovec in Jaušovec, 2012). Dobljene rezultate lahko pojasnimo s tem, da preproste naloge spomina, kot so ponavljanje števil vključujejo minimalno vključenost delovnega spomina (ki smo ga trenirali), poleg tega pa ne napovedujejo fluidne inteligentnosti (Conway idr., 2002). Največji del variabilnosti fluidne inteligentnosti napovedujejo kompleksne naloge delovnega spomina, kar podpira tezo o zahtevi po nadzoru pozornosti centralnega izvršitelja.

Na nalogi obsega vizualno prostorskega kratkoročnega spomina eksperimentalna skupina po treningu ni izboljšala svojega rezultata s pretesta, je pa kontrolna skupina izboljšala svoj rezultat, čeprav v primerjavi s pridobitkom eksperimentalne skupine, pribitek kontrolne skupine ni bil statistično pomemben. Večina študij takšnega rezultata ne potrjuje, saj so običajno po treningu zaznali vpliv na mere vizualno prostorskega delovnega spomina, ki so imeli tudi dolgotrajne učinke (Melby-Lervåg in Hulme, 2013).

Avtorji so mnenja, da trening tipa n-nazaj na nek način lahko celo ovira dosežke na obsegu spomina. Udeleženci so med treningom bolj urili prepoznavo kot proces priklica, kar lahko vpliva na dosežke na nalogah obsega delovnega spomina (Jaeggi, Studer-Luethi, idr., 2010). Tudi korelacija med dosežki na n-nazaj nalogah in obsegom delovnega spomina je nizka, kar kaže na to, da meri primarno ne odražata enakega konstrukta (Kane idr., 2007). Tudi kadar je bila uporabljena kompleksna

naloga obsega delovnega spomina ni bilo statistično pomembnega učinka po treningu (Jaeggi idr., 2008; Jaeggi, Studer-Luethi, idr., 2010)

Pri interpretaciji rezultatov moramo opozoriti tudi na razlikovanjem med kratkotrajnim in delovnim spominom. Kratkotrajni spomin je definiran kot preprost shranjevalec informacij, pri katerem je kapaciteta odvisna od spretnosti in strategij, ki jih posameznik uporablja, kot sta npr. ponavljanje ali združevanje. V nasprotju s tem pa je delovni spomin kompleksnejši v tem pogledu, da je ga poleg komponente shranjevanja informacij sestavlja tudi komponenta pozornosti (Conway idr., 2002). Večina nalog, ki so jih za preverjanje učinka treninga delovnega spomina uporabili v drugih študijah za ocenjevanje bližnjega prenosa učinkov, so bile kompleksne naloge delovnega spomina, ki zahtevajo večjo angažiranost izvršilnih funkcij v primerjavi z enostavnejšimi nalogami, ki smo jih mi uporabili in ne zahtevajo tolikšne vključenosti delovnega kot kapacitete kratkoročnega spomina in strategij reševanja. Dual n-back naloga zahteva večopravilnost nalog, naša mera obsega kratkoročnega spomina pa je le enostavna naloga obsega spomina, saj zahteva le priklic in nima tolikšne zahteve po večopravilnosti; morda tudi zato ni prišlo do pomembnega povečanja v primerjavi s kontrolno skupino.

### **5.3 Prenos učinkov na mero fluidne inteligentnosti**

V naši raziskavi smo ugotovili, da je po treningu delovnega spomina dual n-nazaj prišlo do prenosa učinkov na mero fluidne inteligentnosti (kot merjeno z Ravnovnimi standardnimi matricami). Pridobitek iz pretesta je bil statistično pomembno višji pri eksperimentalni skupini v primerjavi s pridobitkom kontrolne skupine. Tendenco povišanja rezultatov eksperimentalne skupine so potrdile tudi parne primerjave, saj pri kontrolni skupini ni bilo razlik s pretesta, eksperimentalna skupina pa je statistično pomembno izboljšala rezultat na končnem testiranju v primerjavi z izhodiščnim testiranjem. Statistično pomembnih razlik glede na spol v pridobitku eksperimentalne skupine ni bilo.

Ugotovitve potrjujejo rezultate drugih študij z uporabo enake paradigme, kjer so učinki treninga bili opazni na merah fluidne inteligentnosti (Jaeggi idr., 2008; Jaeggi, Studer-Luethi, idr., 2010; Jaušovec in Jaušovec, 2012; Rudebeck idr., 2012; Schweizer idr., 2011; Stephenson in Halpern, 2013; Zhao idr., 2011). V omenjenih

študijah so udeleženci bili v večini odrasli in z ozirom na poročila o večji dovzetnosti mlajših udeležencev za učinke treninga (npr. Heinzl idr., 2013; Schmiedek idr., 2010), so rezultati na osnovnošolski populaciji še bolj opazni. Kognitivne intervencije naj bi namreč bile bolj učinkovite pri mlajših udeležencih, saj se lahko bolje prilagodijo višjim zahtevam naloge, kar je posledica večje plastičnosti možganov v tem obdobju (Brehmer idr., 2007).

Razlika med testnimi nalogami in treniranimi je bila vsebinsko gledano velika, kar zmanjšuje možnost, da bi izboljšanje uspešnosti bil rezultat podobnosti med treniranimi nalogami in nalogami uporabljenimi na testiranju, kar pomeni, da pridobitek ne moremo pojasniti z učinkom vaje.

Pridobitek na testih *Gf* kot posledico treninga lahko pripišemo visokim korelacijam med delovnim spominom in fluidno inteligentnostjo (Conway idr., 2002). Naloge, ki merijo fluidno inteligentnost (med njimi tudi SPM), so tipično sestavljene tako, da je, še posebno pri težjih nalogah, za pravilno rešitev problema potrebno spremljati več različnih pravil hkrati (Carpenter idr., 1990). Tudi za reševanje nalog, ki merijo delovni spomin je potrebno aktivno ohranjati več informacij v spominu hkrati s sočasnim procesiranjem, kar spodbudi delovanje izvršilnih mehanizmov (Conway idr., 2003). Ravno ta splošna kapaciteta vzdrževanja aktivne reprezentacije v spominu vpricho menjevanja pozornosti ali distrakcije je tista, ki je po mnenju nekaterih avtorjev odgovorna za povezavo med delovnim spominom in raznih kognitivnih sposobnosti višjega reda (Kane, Conway in Engle, 1999). Iz tega sledi, da kadar treniramo nalogo, ki zahteva shranjevanje informacij in sočasno pozornost na prihajajoče informacije, lahko pričakujemo prenos učinkov na naloge, ki zahtevajo podobne spretnosti za reševanje, kot so naloge fluidne inteligentnosti.

Zanimiv je tudi podatek, da se je učinek v primerjavi s kontrolno skupino pokazal le pri težjih nalogah; pri lažjih pa so udeleženci eksperimentalne skupine dosegli enak rezultat na posttestu kot kontrolna skupina. Rezultati delno potrjujejo prejšnje ugotovitve, kjer so udeleženci, ki so trenirali naloge delovnega spomina, svoj rezultat izboljšali tako na težkih kot tudi na lažjih nalogah fluidne inteligentnosti (Jaušovec in Jaušovec, 2012).

Dejstvo, da so izboljšali rezultat le na težjih nalogah, je zanimivo tudi iz perspektive študij, ki so imele omejen čas za reševanje nalog fluidne inteligentnosti. V študiji avtorjev Harrison idr. (2013) so udeleženci za reševanje nalog 18 zahtevnih Ravnovih progresivnih matric (RAPM) imeli na voljo le 10 minut, v povprečju so pravilno rešili 10 nalog, povišanje točk kot posledico treninga pa niso zaznali. Tudi v študiji Thompsona idr. (2013) so udeleženci imeli omejen čas reševanja nalog RAPM in niso zaznali učinkov prenosa. Vsaka verzija je bila sestavljena iz 17 postavk, udeleženci pa so imeli za reševanje na voljo 25 minut. V drugi študiji se je pri mlajših testirancih pokazala razlika z uporabo Ravnovih matric, vendar ne statistično pomembna, kar je morda posledica časovno omejenega reševanja, saj so udeleženci za reševanje imeli na voljo le 7,5 minut (Heinzel idr., 2013). V tako kratkem času je kljub morebitnim spremembam v procesiranju podatkov težko doseči boljši rezultat. Sicer je čas reševanja bil omejen tudi v nekaterih študijah, kjer so dokazali prenos učinkov na mere  $Gf$  (npr. Jaeggi idr., 2008), vendar v tej študiji niso bile uporabljene Ravnove matrice, ampak BOMAT test. Običajno pa so vsi testi inteligentnosti sestavljeni tako, da se posamezniki soočajo z vedno težjimi nalogami; če ta čas omejimo, onemogočimo posameznikom, da napredujejo na bolj težkih postavkah testa, ki so bolj zahtevne za fluidno inteligentnost (Moody, 2009).

Ne izključujemo tudi možnosti, da je zaradi vključitve pasivne kontrolne skupine namesto aktivne kontrolne skupine prišlo do placebo učinka. Analize moderatorjev so namreč pokazale, da so študije, ki niso imele aktivne kontrolne skupine običajno bile nagnjene k precenjevanju učinkov treninga (Melby-Lervåg in Hulme, 2013), zato je v naslednji študijah potrebno vključiti tudi aktivno kontrolno skupino, da bi se izognili morebitnemu placebo učinku. Po drugi strani pa placebo učinek v naši raziskavi ne more pojasniti selektivnost učinka, saj se napredek eksperimentalne skupine ni pokazal na vseh nalogah, zato menimo, da je placebo učinek ob teh rezultatih malo verjeten.

Nadalje smo preverili še, ali se pridobitki na  $Gf$  po treningu razlikujejo glede na izhodiščne sposobnosti in pridobitek na trenirani nalogi za eksperimentalno skupino. Rezultate na meri  $Gf$  so izboljšali vsi približno enako, ne glede na izhodiščne sposobnosti. Takšen rezultat je skladen z ugotovitvami (Jaeggi idr., 2008), kjer so sicer opazili trend, da so udeleženci z nižjimi izhodiščnimi

sposobnostmi pridobili več, vendar razlika ni bila statistično pomembna. So pa v študiji Rudebeck idr. (2012) potrdili, da so udeleženci z nižjimi začetnimi sposobnostmi po treningu pridobili več kot tisti z začetnimi višjimi izhodiščnimi točkami, saj imajo domnevno več kapacitete za izboljšanje svojih točk.

Ne moremo izključiti možnosti, da je tudi v vaši študiji prišlo do tega učinka pri primerjanju kontrolne in eksperimentalne skupine, saj je kontrolna skupina na začetnem testiranju dosegla nekoliko višje (čeprav statistično nepomembne) rezultate. Tudi razlika po treningu med kontrolno in eksperimentalno skupino ni bila statistično pomembna (eksperimentalna skupina je sicer dosegla nekoliko boljši rezultat na končnem testiranju, vendar statistično nepomemben), čeprav so udeleženci eksperimentalne skupine pridobili statistično pomembno več kot udeleženci kontrolne skupine. Z ozirom na nekatera poročanja, da udeleženci z nižjimi sposobnostmi pridobijo več s treningom (Rudebeck idr., 2012), je možno, da so tudi pri nas ti udeleženci pridobili več, saj imajo na voljo več kognitivne rezerve.

Rezultati naše študije kažejo tudi, da pridobitek na nalogi dual n-nazaj ni bil povezan s količino pridobitka na meri  $Gf$ . Tisti, ki so pridobili več na trenirani nalogi, so nekoliko izboljšali svoj rezultat na meri  $Gf$ , vendar razlika ni bila statistično pomembna. Do podobnih rezultatov so prišli tudi v študiji Rudebeck idr. (2012), kjer so rezultat enako izboljšali vsi udeleženci, ne glede na uspešnost na treniranih nalogah, medtem ko so v študiji Jeaggi idr. (2011) na vzorcu otrok, ki so trenirali nalogo enojnega n-nazaj odkrili, da je pridobitek na meri  $Gf$  kritično odvisen od količine pridobitka na trenirani nalogi. V naši raziskavi, kot že omenjeno, do tega učinka ni prišlo. Kazal se je sicer trend, da tisti udeleženci z več pridobitka na trenirani nalogi za več izboljšajo rezultat na meri  $Gf$ , ki pa ni bil statistično pomemben. Do takšnega rezultata je morda prišlo tudi zaradi dejstva, da smo po količini pridobitkov dobili le dve skupini in bi bil potreben daljši trening in večja variabilnost količine pridobitkov, da bi lahko potrdili takšen rezultat.

Nekateri avtorji izpostavljajo tudi problem z merami kapacitete delovnega spomina. Ne moremo namreč z gotovostjo reči, da smo izboljšali delovni spomina na konstruktne nivoje. Teoretična perspektiva sloni na logičnem zahtevku, da moramo za prenos učinkov najprej izboljšati delovni spomina na konstruktne



nivoju, kar pa lahko dokažemo le, če multiple mere kapacitete delovnega spomina kažejo izboljšanje kot posledico treninga in če si te mere ne delijo veliko priložnostnih značilnosti s trenirano nalogo (Harrison idr., 2013). Pridobitek na testih  $Gf$  kot rezultat treninga vseeno gre pripisati povišani kapaciteti delovnega spomina, čeprav je kapaciteta delovnega spomina relevantna za obe vrsti nalog. Naloge, s katerimi merimo  $Gf$  zahtevajo tudi druge kognitivne sposobnosti in morda ima trening učinke na te sposobnosti čeprav mere kapacitete niso občutljive na njih (Jaeggi idr., 2008).

### **Prednosti in pomanjkljivosti raziskave**

Kot prednost naše raziskave bi izpostavili, da je trening v nasprotju z nekaterimi drugimi študijami bil nadzorovan. V večini drugih raziskav so namreč delali na zaupanje s pošiljanjem rezultatov, ni pa bilo pravega nadzora nad tem, kdo naloge dejansko opravlja. Ena izmed prednosti je uporaba samo ene paradigme treninga, saj lahko izboljšanja pripišemo uporabi teh nalog. Kadar namreč uporabimo več nalog za trening, ne vemo, katera je bila tista, ki je dejansko imela učinek, katere komponente naloge so podlaga za prenos učinkov in nenazadnje, na katere dele spomina naloge delujejo (Morrison in Chein, 2010). Prav tako v naši študiji čas za reševanje SPM ni bil omejen. S tem so udeleženci dobili možnost, da so lahko rešili tudi naloge, ki so bolj kompleksne in pri teh je bilo tudi največ razlik. V nekaterih drugih študijah so za reševanje udeležencem dopustili zelo kratek čas (npr. 7,5 minut v Heinzl idr., 2013) in udeleženci tako niso imeli časa, da bi rešili še kompleksnejše naloge. Časovna omejenost reševanja v večini študij se namreč razlikuje od običajne administracije in je zato na račun tega tudi podprta kritikam (Conway in Getz, 2010). Udeleženci naše študije so bili učenci v višjih razredih osnovne šole, kjer so tudi sposobnosti bolj enakomerno porazdeljene kot v študentskih vzorcih, ki so običajno predmet preučevanja in imajo običajno nekoliko višje intelektualne sposobnosti.

Uporabo skupinskih treningov dojemamo hkrati kot prednost in slabost, saj je tekmovanje med udeleženci delovalo zelo spodbudno, po drugi strani pa so skupinski treningi vnesli tudi več nemira med reševanjem nalog in je občasno prišlo do motenja drugih. Naša študija si deli nekaj skupnih pomanjkljivosti vseh

podobnih študij, kot je upad števila udeležencev ter pristranost vzorca, saj se za študije treninge prijavijo udeležencev, ki so bili pripravljeni sodelovati (v našem primeru pristranost s soglasji staršev). Imeli smo tudi nekaj omejitev zaradi praktične izvedbe naloge. Tako kontrolna in eksperimentalna skupina nista bili določeni naključno. Druga praktična omejitev pa je bila število treningov, saj bi težko izvedli več treningov brez večjih motenj normalnega poteka pouka. Pri večini raziskav so uporabili več srečanj in sicer okoli 20 treningov (Jaeggi idr., 2011; Jaeggi idr., 2010), nekateri pa tudi manj, okoli 10 treningov (Heinzel idr., 2013; Lilienthal idr., 2012).

Uporabljena je bila le ena mere fluidne inteligentnosti. Naloge z uporabo matric, kot Ravnove matrice in BOMAT test so sicer prototipične mere fluidne inteligentnosti, kjer Ravnove matrice najbolj nasičujejo faktor  $Gf$  (Gray in Thompson, 2004), vendar so vseeno le približek  $Gf$ , zato bi bilo potrebno uporabiti celo baterijo testov za bolj natančne meritve tega kompleksnega konstrukta. Kot v vrsti drugih raziskav, tudi mi nismo uporabili aktivne kontrolne skupine, tako je raziskava dojemljiva za kritike, da so udeleženci treningov bili enostavno bolj motivirani za reševanje nalog že zaradi tega, da so dobili pozornost eksperimentatorja (Hawthornov učinek<sup>4</sup>).

Po drugi strani pa takšna razlaga ne razloži selektivnost prenosa, saj če bi šlo za ta učinek, bi morala eksperimentalna skupina biti boljša na vseh merah, ne le na eni, kar pa se v naši študiji ni pokazalo.

---

<sup>4</sup> Dejstvo, da udeleženci vedo, da so vključeni v študijo lahko povzroči boljše dosežke zaradi psihološkega fenomena, poznanega pod imenom Hawthornov učinek ("Cambridge dictionaries online," 2014)

#### **5.4 Predlogi za prihodnje študije**

V nadaljnjih študijah se zato priporoča uporaba aktivne kontrolne skupine, katere trening je primerljiv z eksperimentalno skupino, vendar ima določene variacije v načinu izvedbe: npr. prilagodljivost treninga, računalniška izvedba, napredovanje na nalogah ipd., da se izločita morebitna placebo ali Hawthornov učinek. Priporoča se tudi uporaba kompleksnejših mer delovnega spomina in večja distinkcija med merami kratkoročnega in delovnega spomina.

Predlogi za naslednje raziskave vključujejo primerjavo po vertikali in horizontali, torej vključitev več starostnih skupin (otroci, mladostniki, odrasli, starejši) ter preučevati napredovanja v treningu in na merah Gf, da vidimo za kakšno populacijo je trening najbolj učinkovit in pod katerimi pogoji prenos deluje. Potrebne pa so tudi variacije v horizontali: uporaba različnih nalog, saj je nujno odkriti mehanizme, ki so v ozadju učinkovitosti prenosa. Še eno področje, ki ni dokončno raziskano, do dolgotrajni učinki ter tudi koliko naslednjih treningov je potrebnih za ohranjanje optimalnih učinkov. Vsekakor bi bilo zanimivo preveriti še, ali ima trening tudi bolj praktične učinke, kot npr. na šolsko uspešnost ali reševanje problemov v vsakodnevnem življenju.

## 6 Zaključek

Rezultati naše študije kažejo, da lahko na populaciji osnovnošolskih otrok uporabimo kompleksen trening spomina oblike dual n-nazaj, da ga udeleženci razumejo in da pomembno napredujejo na trenirani nalogi. Kažejo se tudi tendence, da lahko že po kratkotrajnem intenzivnem treningu sprožimo spremembe v dosežkih na testih Gf. Pomemben zaključek raziskave je še, da so rezultat po treningu izboljšali vsi udeleženci v eksperimentalni skupini, ne glede na spol ali začetne sposobnosti.

Glede na pomembnost fluidne inteligentnosti v vsakodnevnom življenju in uspešnosti v izobraževalnem sistemu že v osnovni šoli (Colom idr., 2007), te ugotovitve predstavljajo pomembne implikacije za izobraževanje in tudi vsakodnevno funkcioniranje. Fluidna inteligentnost namreč ni pomembna samo v izobraževanju, ampak se močno povezuje s psihosocialno adaptacijo, kar kaže na to, da inteligentnost ni ključnega pomena le za izvršilne funkcije, ampak ima vlogo tudi pri bolj splošni kapaciteti adaptacije na socialni kontekst (Huepe idr., 2011).

Kljub omejitvam raziskave menimo, da je trening delovnega spomina primeren za izboljševanje splošne kapacitete spomina, njegovi učinki pa se prenašajo na vsaj nekatere druge naloge, kateri učinki so zaznani še nekaj časa po treningu. Seveda pa gre v primeru opustitve treninga pri tem za običajen upad dosežkov, zato raziskovalci priporočajo, da za podaljšanje učinkov reševanje nalog po intenzivnem treningu še nekajkrat ponovimo. Treningi delovnega spomina oblike n-nazaj ali pa tudi drugih oblik treningov lahko nenazadnje predstavljajo koristno intervencijo za posameznike, ki imajo nizko kapaciteto spomina in jih to ovira pri vsakodnevnom in akademskem funkcioniranju (Klingberg, 2010).

Pri interpretaciji rezultatov moramo imeti v mislih, da je fluidna inteligentnost širok pojem, ki presega psihometrična merjenja in da prenos učinkov treningov na vsakodnevno življenje ostaja neznanka., zato bi bilo potrebno preveriti še učinke na druga področja.

## 7 Literatura

- Ackerman, P. L., Beier, M. E. in Boyle, M. O. (2005). Working Memory and Intelligence: The Same or Different Constructs? *Psychological Bulletin*, 131(1), 30–60. doi:10.1037/0033-2909.131.1.30
- Alloway, T. P. in Alloway, R. G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology*, 106(1), 20–29. doi:10.1016/j.jecp.2009.11.003
- Anguera, J. A., Boccanfuso, J., Rintoul, J. L., Al-Hashimi, O., Faraji, F., Janowich, J., ... Gazzaley, A. (2013). Video game training enhances cognitive control in older adults. *Nature*, 501(7465), 97–101. doi:10.1038/nature12486
- Baddeley, A. (1992). Working Memory. *Science*, 225(5044), 556–559.
- Bergman Nutley, S., Söderqvist, S., Bryde, S., Thorell, L. B., Humphreys, K. in Klingberg, T. (2011). Gains in fluid intelligence after training non-verbal reasoning in 4-year-old children: a controlled, randomized study: Fluid intelligence gains after training non-verbal reasoning. *Developmental Science*, 14(3), 591–601. doi:10.1111/j.1467-7687.2010.01022.x
- Boot, W. R., Kramer, A. F., Simons, D. J., Fabiani, M. in Gratton, G. (2008). The effects of video game playing on attention, memory, and executive control. *Acta Psychologica*, 129(3), 387–398. doi:10.1016/j.actpsy.2008.09.005
- Brehmer, Y., Li, S.-C., Müller, V., von Oertzen, T. in Lindenberger, U. (2007). Memory plasticity across the life span: Uncovering children's latent potential. *Developmental Psychology*, 43(2), 465–478. doi:10.1037/0012-1649.43.2.465
- Brehmer, Y., Westerberg, H. in Bäckman, L. (2012). Working-memory training in younger and older adults: training gains, transfer, and maintenance. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6. doi:10.3389/fnhum.2012.00063
- Bucik, V. (1997). *Osnove psihološkega testiranja*. Ljubljana: Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani, Oddelek za psihologijo.

- Buschkuehl, M. in Jaeggi, S. M. (2010). Improving intelligence: A literature review. *Swiss Medical Weekly*, 140(19-20), 266–272.
- Buschkuehl, M., Jaeggi, S. M. in Jonides, J. (2012). Neuronal effects following working memory training. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2, S167–S179. doi:10.1016/j.dcn.2011.10.001
- Cambridge dictionaries online. (2014). Retrieved from <http://dictionary.cambridge.org>
- Carpenter, P. A., Just, M. A. in Shell, P. (1990). What one intelligence test measures: a theoretical account of the processing in the Raven Progressive Matrices Test. *Psychological Review*, 97(3), 404.
- Chein, J. M., Moore, A. B. in Conway, A. R. A. (2011). Domain-general mechanisms of complex working memory span. *NeuroImage*, 54(1), 550–559. doi:10.1016/j.neuroimage.2010.07.067
- Chooi, W.-T. in Thompson, L. A. (2012). Working memory training does not improve intelligence in healthy young adults. *Intelligence*, 40(6), 531–542. doi:10.1016/j.intell.2012.07.004
- Christodoulou, C., DeLuca, J., Ricker, J. H., Madigan, N. K., Bly, B. M., Lange, G., ... Diamond, B. J. (2001). Functional magnetic resonance imaging of working memory impairment after traumatic brain injury. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 71(2), 161–168.
- Colom, R., Escorial, S., Shih, P. C. in Privado, J. (2007). Fluid intelligence, memory span, and temperament difficulties predict academic performance of young adolescents. *Personality and Individual Differences*, 42(8), 1503–1514. doi:10.1016/j.paid.2006.10.023
- Colom, R., Quiroga, M. Á., Shih, P. C., Martínez, K., Burgaleta, M., Martínez-Molina, A., ... Ramírez, I. (2010). Improvement in working memory is not related to increased intelligence scores. *Intelligence*, 38(5), 497–505. doi:10.1016/j.intell.2010.06.008
- Colom, R., Román, F. J., Abad, F. J., Shih, P. C., Privado, J., Froufe, M., ... Jaeggi, S. M. (2013). Adaptive n-back training does not improve fluid intelligence

- at the construct level: Gains on individual tests suggest that training may enhance visuospatial processing. *Intelligence*, 41(5), 712–727. doi:10.1016/j.intell.2013.09.002
- Conway, A. R. A., Cowan, N., Bunting, M. F., Theriault, D. J. in Minkoff, S. R. (2002). A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence*, 30(2), 163–183.
- Conway, A. R. A. in Getz, S. J. (2010). Cognitive Ability: Does Working Memory Training Enhance Intelligence? *Current Biology*, 20(8), 362–364. doi:10.1016/j.cub.2010.03.001
- Conway, A. R. A., Kane, M. J. in Engle, R. W. (2003). Working memory capacity and its relation to general intelligence. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(12), 547–552. doi:10.1016/j.tics.2003.10.005
- Deary, I. J., Strand, S., Smith, P. in Fernandes, C. (2007). Intelligence and educational achievement. *Intelligence*, 35(1), 13–21. doi:10.1016/j.intell.2006.02.001
- Dunning, D. L., Holmes, J. in Gathercole, S. E. (2013). Does working memory training lead to generalized improvements in children with low working memory? A randomized controlled trial. *Developmental Science*, n/a–n/a. doi:10.1111/desc.12068
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E. in Conway, A. R. A. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent-variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128(3), 309–331.
- Eysenck, M. W. in Keane, M. T. (2007). *Cognitive psychology: a student's handbook* (5th ed.). New York: Psychology Press.
- Farrell Pagulayan, K., Busch, R. M., Medina, K. L., Bartok, J. A. in Krikorian, R. (2006). Developmental Normative Data for the Corsi Block-Tapping Task. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 28(6), 1043–1052. doi:10.1080/13803390500350977

- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics* (4th ed.). London: Sage Publication Inc.
- Gray, J. R., Chabris, C. F. in Braver, T. S. (2003). Neural mechanisms of general fluid intelligence. *Nature Neuroscience*, 6(3), 316–322. doi:10.1038/nn1014
- Gray, J. R. in Thompson, P. M. (2004). Neurobiology of intelligence: science and ethics. *Nature Reviews Neuroscience*, 5(6), 471–482. doi:10.1038/nrn1405
- Harrison, T. L., Shipstead, Z., Hicks, K. L., Hambrick, D. Z., Redick, T. S. in Engle, R. W. (2013). Working Memory Training May Increase Working Memory Capacity but Not Fluid Intelligence. *Psychological Science*, 24(12), 2409–2419. doi:10.1177/0956797613492984
- Healy, A. F., Wohldmann, E. L., Sutton, E. M. in Bourne, L. E. (2006). Specificity effects in training and transfer of speeded responses. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32(3), 534–546. doi:10.1037/0278-7393.32.3.534
- Heinzel, S., Schulte, S., Onken, J., Duong, Q.-L., Riemer, T. G., Heinz, A., ... Rapp, M. A. (2013). Working memory training improvements and gains in non-trained cognitive tasks in young and older adults. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 1–28. doi:10.1080/13825585.2013.790338
- Hoekstra, R. A., Bartels, M. in Boomsma, D. I. (2007). Longitudinal genetic study of verbal and nonverbal IQ from early childhood to young adulthood. *Learning and Individual Differences*, 17(2), 97–114. doi:10.1016/j.lindif.2007.05.005
- Holmes, J., Gathercole, S. E. in Dunning, D. L. (2009). Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. *Developmental Science*, 12(4), F9–F15. doi:10.1111/j.1467-7687.2009.00848.x
- Huepe, D., Roca, M., Salas, N., Canales-Johnson, A., Rivera-Rei, Á. A., Zamorano, L., ... Ibañez, A. (2011). Fluid Intelligence and Psychosocial Outcome:



- From Logical Problem Solving to Social Adaptation. *PLoS ONE*, 6(9), e24858. doi:10.1371/journal.pone.0024858
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J. in Shah, P. (2011). Short- and long-term benefits of cognitive training. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(25), 10081–10086. doi:10.1073/pnas.1103228108
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J. in Perrig, W. J. (2008). Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(19), 6829–6833.
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Perrig, W. J. in Meier, B. (2010). The concurrent validity of the *N*-back task as a working memory measure. *Memory*, 18(4), 394–412. doi:10.1080/09658211003702171
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Shah, P. in Jonides, J. (2013). The role of individual differences in cognitive training and transfer. *Memory & Cognition*. doi:10.3758/s13421-013-0364-z
- Jaeggi, S. M., Studer-Luethi, B., Buschkuhl, M., Su, Y.-F., Jonides, J. in Perrig, W. J. (2010). The relationship between n-back performance and matrix reasoning — implications for training and transfer. *Intelligence*, 38(6), 625–635. doi:10.1016/j.intell.2010.09.001
- Jainta, S., Hoormann, J. in Jaschinski, W. (2008). Ocular accommodation and cognitive demand: An additional indicator besides pupil size and cardiovascular measures? *Journal of Negative Results in BioMedicine*, 7(1), 6. doi:10.1186/1477-5751-7-6
- Jaušovec, N. in Jaušovec, K. (2012). Working memory training: Improving intelligence – Changing brain activity. *Brain and Cognition*, 79(2), 96–106. doi:10.1016/j.bandc.2012.02.007
- Kane, M. J., Conway, A. R. A. in Engle, R. W. (1999). What do working-memory tests really measure? *Behavioral and Brain Sciences*, 22(10), 101–102. doi:10.1017/S0140525X99291789
- Kane, M. J., Conway, A. R. A., Miura, T. K. in Colflesh, G. J. H. (2007). Working memory, attention control, and the n-back task: A question of construct

- validity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33(3), 615–622. doi:10.1037/0278-7393.33.3.615
- Kessels, R. P. C., van den Berg, E., Ruis, C. in Brands, A. M. A. (2008). The Backward Span of the Corsi Block-Tapping Task and Its Association With the WAIS-III Digit Span. *Assessment*, 15(4), 426–434. doi:10.1177/1073191108315611
- Klingberg, T. (2010). Training and plasticity of working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(7), 317–324. doi:10.1016/j.tics.2010.05.002
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlström, K., ... Westerberg, H. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD-A randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 44(2), 177–186.
- Lanni, C., Lenzken, S. C., Pascale, A., Del Vecchio, I., Racchi, M., Pistoia, F. in Govoni, S. (2008). Cognition enhancers between treating and doping the mind. *Pharmacological Research*, 57(3), 196–213. doi:10.1016/j.phrs.2008.02.004
- Lilienthal, L., Tamez, E., Shelton, J. T., Myerson, J. in Hale, S. (2012). Dual n-back training increases the capacity of the focus of attention. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(1), 135–141. doi:10.3758/s13423-012-0335-6
- Meinzer, M., Jähnigen, S., Copland, D. A., Darkow, R., Grittner, U., Avirame, K., ... Flöel, A. (2014). Transcranial direct current stimulation over multiple days improves learning and maintenance of a novel vocabulary. *Cortex*, 50, 137–147. doi:10.1016/j.cortex.2013.07.013
- Melby-Lervåg, M. in Hulme, C. (2013). Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental Psychology*, 49(2), 270–291. doi:10.1037/a0028228
- Moody, D. E. (2009). Can intelligence be increased by training on a task of working memory? *Intelligence*, 37(4), 327–328. doi:10.1016/j.intell.2009.04.005
- Morrison, A. B. in Chein, J. M. (2010). Does working memory training work? The promise and challenges of enhancing cognition by training working

- memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18(1), 46–60.  
doi:10.3758/s13423-010-0034-0
- Mueller, S. T. (2011a). *The PEBL Corsi Block Test*. Retrieved from  
<http://pebl.sf.net>
- Mueller, S. T. (2011b). *The PEBL Digit Span Test*. Retrieved from  
<http://pebl.sf.net/battery.html>
- Owen, A. M., Hampshire, A., Grahn, J. A., Stenton, R., Dajani, S., Burns, A. S., ... Ballard, C. G. (2010). Putting brain training to the test. *Nature*, 465(7299), 775–778. doi:10.1038/nature09042
- Owen, A. M., McMillan, K. M., Laird, A. R. in Bullmore, E. (2005). N-back working memory paradigm: A meta-analysis of normative functional neuroimaging studies. *Human Brain Mapping*, 25(1), 46–59. doi:10.1002/hbm.20131
- Redick, T. S., Shipstead, Z., Harrison, T. L., Hicks, K. L., Fried, D. E., Hambrick, D. Z., ... Engle, R. W. (2013). No evidence of intelligence improvement after working memory training: A randomized, placebo-controlled study. *Journal of Experimental Psychology: General*, 142(2), 359–379. doi:10.1037/a0029082
- Repovš, G. in Baddeley, A. (2006). The multi-component model of working memory: Explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience*, 139(1), 5–21. doi:10.1016/j.neuroscience.2005.12.061
- Rudebeck, S. R., Bor, D., Ormond, A., O'Reilly, J. X. in Lee, A. C. H. (2012). A Potential Spatial Working Memory Training Task to Improve Both Episodic Memory and Fluid Intelligence. *PLoS ONE*, 7(11), e50431. doi:10.1371/journal.pone.0050431
- Schmiedek, Lövdén, M. in Lindenberger, U. (2010). Hundred days of cognitive training enhance broad cognitive abilities in adulthood: findings from the COGITO study. *Frontiers in Aging Neuroscience*. doi:10.3389/fnagi.2010.00027

- Schweizer, S., Hampshire, A. in Dalglish, T. (2011). Extending Brain-Training to the Affective Domain: Increasing Cognitive and Affective Executive Control through Emotional Working Memory Training. *PLoS ONE*, 6(9), e24372. doi:10.1371/journal.pone.0024372
- Shipstead, Z., Redick, T. S. in Engle, R. W. (2012). Is working memory training effective? *Psychological Bulletin*, 138(4), 628–654. doi:10.1037/a0027473
- Smith, S. P., Stibric, M. in Smithson, D. (2013). Exploring the effectiveness of commercial and custom-built games for cognitive training. *Computers in Human Behavior*, 29(6), 2388–2393. doi:10.1016/j.chb.2013.05.014
- Stephenson, C. L. in Halpern, D. F. (2013). Improved matrix reasoning is limited to training on tasks with a visuospatial component. *Intelligence*, 41(5), 341–357. doi:10.1016/j.intell.2013.05.006
- Sternberg, R. J. (2008). Increasing fluid intelligence is possible after all. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(19), 6791–6792.
- Studer-Luethi, B., Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M. in Perrig, W. J. (2012). Influence of neuroticism and conscientiousness on working memory training outcome. *Personality and Individual Differences*, 53(1), 44–49. doi:10.1016/j.paid.2012.02.012
- Thompson, T. W., Waskom, M. L., Garel, K.-L. A., Cardenas-Iniguez, C., Reynolds, G. O., Winter, R., ... Gabrieli, J. D. E. (2013). Failure of Working Memory Training to Enhance Cognition or Intelligence. *PLoS ONE*, 8(5), e63614. doi:10.1371/journal.pone.0063614
- Valentijn, S. A. M., van Hooren, S. A. H., Bosma, H., Touw, D. M., Jolles, J., van Boxtel, M. P. J., in Ponds, R. W. H. M. (2005). The effect of two types of memory training on subjective and objective memory performance in healthy individuals aged 55 years and older: a randomized controlled trial. *Patient Education and Counseling*, 57(1), 106–114. doi:10.1016/j.pec.2004.05.002

Zhao, X., Wang, Y., Liu, D. in Zhou, R. (2011). Effect of updating training on fluid intelligence in children. *Chinese Science Bulletin*, 56(21), 2202–2205.  
doi:10.1007/s11434-011-4553-5

## **8 Priloge**

### **A. Vprašalnik k raziskavi**

## Vprašalnik k raziskavi

Šifra:

--	--	--	--	--	--

### VPRAŠALNIK K RAZISKAVI

Pred tabo je vprašalnik, ki je namenjen pridobivanju osnovnih podatkov, ki bodo nadalje služili za primerjalno analizo pridobljenih podatkov. Tvoji odgovori bodo služili raziskovalnim namenom in bodo statistično obdelani zgolj na skupinski ravni, iz katere ne bo mogoče razbrati odgovorov posameznika. Prosim, da natančno slediš navodilom in vestno izpolniš vprašalnik.

1. Spol	<input type="checkbox"/> Ženski <input type="checkbox"/> Moški
2. Starost	_____ let
3. Razred	_____
4. Ali si že kdaj bil/a udeležen/a v kakšnem spominskem treningu?	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne
4.1 Če si na vprašanje odgovoril z »Da«, na kratko opiši, kakšen trening je bil in kdaj si ga opravljal/a:	_____ _____ _____
5. Ali si že kdaj bil/a testiran/a s testom inteligentnosti?	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne
5.1 Če si na vprašanje odgovoril z »Da«, na kratko opiši, kakšen trening je bil in kdaj si ga opravljal/a:	_____ _____ _____

Ustrezno obkroži.

Ali ...

...imaš nekorrigirano vizualno oškodovanost? (tj. slaboviden in nimaš očal)	NE	DA
... imaš nekorrigirano izgubo sluha? (tj. naglušen in nimaš slušnega aparata)	NE	DA
... imaš slabšo gibljivost zgornjih udov (rok, dlani, prstov)?	NE	DA
... trenutno jemlješ kakšna zdravila?	NE	DA
... si kaj prejemal/a kemoterapijo?	NE	DA
... si kdaj utrpel/a poškodbo glave?	NE	DA
... imaš oziroma si imel/a katerokoli od naštetih fizičnih stanj ali bolezni (epilepsija, možganski tumor, operacija možganov, meningitis, motanja pomanjkljive pozornosti/hiperaktivnost, motnje učenja, motnje razpoloženja, zloraba drog ali odvisnost)	NE	DA