

Tartu Ülikool  
Psühholoogia Instituut

Kaisa Schiffer

**VISUAALSETE JA AUDITIIVSETE SEGAJATE MÕJU 2-TAGASI ÜLESANDE  
LAHENDAMISELE**

Uurimistöö

Juhendajad: Nele Pöldver (PhD), Kairi Kreegipuu (PhD)

Jooksev pealkiri: Segajate mõju töömälule

Tartu

2021

**Visuaalsete ja auditiivsete segajate mõju 2-tagasi ülesande lahendamisele****Kokkuvõte**

Antud töös uuriti, kuidas mõjutavad 2-tagasi ülesande vastuste esitamise osakaalusid ja vastamise kiirust samal ajal taustal esitatavad visuaalsed või auditiivsed segajad. Ekraani keskel esitatavad stiimulid olid tähed. Segajateks olid väiksemad tähed ekraani nurgades või piiksudena kõlavad helistiimulid. Ülesanded esitati arvutiprogrammiga. Uurimuses leiti, et vastuste esitamise osakaalus ja kiiruses ei esinenud visuaalse ja auditiivse katseseerias erinevusi. See võib tuleneda osalejate ( $n = 30$ ) vahelistest ülesande lahendamise strateegia kasutamise erinevustest, mida saab põhjalikumalt käsitleda järgnevates uurimustes. Ilma segajata tingimuse ja segajatega tingimuse vahelises võrdluses leiti, et erinevusi mõningail juhtudel ei esine, kuid teistel juhtudel on segajata tingimuse sooritus halvem. Järelikult võib oletada, et 2-tagasi ülesanne on piisavalt nõudlik, et pöörata tähelepanu eemale kõrvalistelt segajatelt.

*Märksõnad:* töömälu, n-tagasi ülesanne, kõrvalised segajad

**The effect of visual and auditory distractors on 2-back tasks****Abstract**

The present study investigated how visual and auditory stimuli affected response rates and speed during a simultaneously presented 2-back task. The stimuli presented in the middle of the screen were letters. Distractors were smaller letters in the corners of the screen or auditory stimuli that sounded like beeps. Tasks were presented by a computer programme. The study did not show any differences in response rates and speed between visual and auditory conditions. It may be a result of different strategies used between participants ( $n = 30$ ) to find solutions for the task and this can be further addressed in future studies. In some cases the comparison between the condition without distractors and conditions with distractors showed no differences and other times without distractors condition had worse results. Therefore it can be assumed that the 2-back task is demanding enough to draw attention away from the distractors.

*Keywords:* working memory, n-back task, distractors

## Sissejuhatus

Igapäevases elus on igal hetkel korraka meie ümber erinevaid visuaalseid ja helilisi segajaid isegi kui püüame keskenduda vaid ühele ainsale tegevusele. Näiteks keskendudes kodus videoloengu jälgimisele võib samal ajal taustal kosta arvuti ventilaatori huugamine, õuest tulev automüra või alumisest korterist kostuvad hääled. Samamoodi mõjutavad meid tol hetkel ka mitmed visuaalsed segajad, näiteks loengu vaataja kõrval lamav kass, laual olev telefon või teised videoloengu jälgijad ekraanil. Juba nende väheste näidete varal on näha kui palju on meid ümbritsevas keskkonnas stiimuleid, mida me taustal tajume ja ajus töötleme ilma neile tahtlikult tähelepanu pööramata. Kõik need erinevad stiimulid keskkonnas on potentsiaalsed tähelepanu haarajad eriti juhul kui me märkame neis midagi tavapäratut. Näiteks läheks meie tähelepanu kohe videoloengult eemale kui kuuleksime alumiselt korrusele karjet või meie telefon laual hakkaks vilkuma. Inimesel ei ole üldjuhul võimalik ennast ülejäänud keskkonnast täielikult isoleerida ning seega on oluline aru saada, kuidas erinevad taustal olevad visuaalsed ja helilised segajad ühele tähelepanu nõudvale ülesandele keskendumist mõjutavad isegi siis kui me neid segajaid parasjagu ise ei teadvusta.

Kui jätkata eelneva näitega, siis videoloengu tähelepanemiseks ja seejärel sealt saadud info töötlemiseks on vaja kasutada erinevaid ülalt-alla töötlemise protsesse, mille võib kokku võtta ühisnimetajaga kognitiivne kontroll (Diamond, 2013). Ülalt-alla töötlus tähendab, et me kasutame info töötlemiseks varasemaid teadmisi ja mällu salvestatud infot ning kognitiivse kontrolli kaudu saame me oma tegevusi eesmärgipäraselt suunata ilma instinktidele või automaatsetele reaktsioonidele tuginemata (Cohen, 2017).

Keskendudes ühele ülesandele oleme me võimelised tähelepanu pöörama kõige olulisemale samal ajal kõrvale jättes vähem olulised stiimulid keskkonnas (Han & Kim, 2009). Samas reageerib meie aju ka tihti stiimulite peale, mis ei pruugi parasjagu nii olulised olla. Näiteks püüdes lahendada mõnda keskendumist nõudvat ülesannet võime me olla küllaltki kergesti häiritud kõrvalistest segajatest ja see ei võimalda meil käesolevale ülesandele täielikult keskenduda (Näätänen, 1992). Need segajad haaravad hetkeliselt, kuid meie tahtest sõltumatult tähelepanu, samal ajal kui püüame tahtliku keskendumise abil ülesannet lahendada (Näätänen, 1992). Üks viis tahtest sõltumatu tähelepanu ümberlülitumise tuvastamiseks on vaadata, kas ajalainetes tekib lahknevusnegatiivsus (*MMN - mismatch negativity*) (Schröger & Wolff, 1998), mis näitab, kuidas aju reageerib ühtlases stiimulite jadas esinevatele ebareeglipärasele või ootamatutele stiimulitele (Näätänen et al., 2019). Selleks, et uurida mitteteadvustatud töötlust suunatakse tavaliselt inimese teadlik tähelepanu mõnele piisavalt raskele keskele

ülesandele, mis nõuab palju töömälu mahtu, ning seejärel saab mõõta kõrvalisi segajaid esitades, kuidas mitteteadvustatud stiimuleid töödeldakse. Keskseks põhiülesandeks on tihti peale visuaalset töömälu koormavad harjutused, kus peab tuvastama õigeid vastuseid erinevat tüüpi ülesannetes samal ajal kui esitatakse näiteks helilisi segajaid, mis tingivad tähelepanu ümberlülitumise ja võivad hakata ülesannete lahendamist segama (Czigler & Sulykos, 2009; Muller-Gass, Stelmack & Campbell, 2005; Restuccia et al., 2005; Wiens, Berlekom, Szychowska & Eklund, 2019). Üks levinud kognitiivselt nõudlik ülesanne, mida tihti kasutatakse lahknevusnegatiivsuse uuringutes keskendumist nõudva põhiülesandena on visuaalne (SanMiguel, Corral & Escera, 2008) või auditivne (Bayramova, Toffalini, Bonato & Grassi, 2020; Klemen, Büchel, Bühler, Menz & Rose, 2009) *n*-tagasi (*n-back*) ülesanne.

Tähelepanuvälised segajad ei pruugi alati avaldada ühetaolist segavat mõju. Näiteks on leitud, et raskemate kognitiivset keskendumist nõudvate ülesannete puhul on märgata vähem segajate häirivat mõju *n*-tagasi ülesannetes numbrite meeldejätmisel, kuid nende tahtmatute tähelepanu ümberlülituste mõjud ülesande sooritusele on siiski märgatavad (Dyson, Alain & He, 2005). Pidev hetkeline tähelepanuväline ümberlülitumine hakkab negatiivselt mõjutama põhiülesande sooritust, sest aju peab suunama ressursse ka kõrvalise info töötlemisele ning seega on vaja kognitiivsete funktsioonide ressursse ehk siinkohal spetsiifilisemalt töömälu ressursse (*WM - working memory*) jaotama hakata (Diamond, 2013; Schröger & Wolff, 1998).

Töömälu saab seostada juba varasemalt välja toodud päriselulise näitega. Selleks, et videoloengust infot meelde jätta peab aju esmalt töötleva sealt saadud informatsiooni töömälu ning alles seejärel saame suunata selle info pikaajalisse mällu. Baddeley (1992) on kirjeldanud töömälu kui süsteemi või lihtsamalt öeldes tööpinda, kus samal ajal materjali säilitatakse kui ka seda jaotatakse ja töödeldakse. Töödelda on vaja mitmesugust informatsiooni, kuid eriti oluline on see just keerukate kognitiivsete ülesannete korral nagu näiteks kõne mõistmine, enda peas teema üle arutlemine, õppimine või harjutusele vastuse leidmine ning juba videloengu või seminari ajal on meil vaja kasutada kõiki neid kognitiivse töötluse vorme (Baddeley, 1992). Oletame, et loengus palutakse peast matemaatilise tehte summa arvutada. Selleks peame me alguses aru saama, mis ülesanne meile anti, meenutama, kuidas sellist ülesannet lahendatakse ning seejärel saame numbrid varasemate teadmiste põhjal kokku liita ning sellest õige vastuse leida. Kõige sellega tegeletakse töömälu töötluspinnal. Kuid kui liita palutaks numbrid, mida nägime eelmisel slaidil muutuks ülesanne palju raskemaks, sest inimese töömälu maht on piiratud (Baddeley, 1983). Kuna sinna väiksele töölauale mahutada veel ka märgatud segajad, siis tuleb osa varasemast infost kõrvaldada, et nende jaoks ruumi oleks. See tähendab, aga tihti, et välja jäetud info ununeb enne kui sellega midagi kasulik oleme jõudnud teha. Töömälu saab

inimene paigutada tavaliselt ainult 3-5 erinevat stiimulit nagu näiteks tähed või numbrid (Cowan, 2010). Selline piirang on tavaline juhul kui inimene ei paki teadlikult vastuvõetud stiimuleid mingil viisil kokku, et neid oleks lihtsam meeles hoida (Cowan, 2010).

Kõige levinum töömälu mudel pakuti välja Baddeley ja Hitchi (1974) poolt. See eristus varasematest töömälu mudelitest selle poolest, et uuendatud mudelis toodi välja töömälu vajalikkus mitte ainult info salvestamises vaid ka just nimelt selle töötlemises (Baddeley & Hitch, 1974). Nüüdseks on Baddeley (2000) mudelit edasi arendanud ning praegune variant koosneb neljast komponendist: täidesaatev kontrollsüsteem (*central executive*), visuaal-ruumiline puhver (*visuo-spatial sketchpad*), episoodiline puhver (*episodic buffer*) ja fonoloogiline komponent (*phonological loop*).

Fonoloogilises komponendis hoiustatakse lühiajaliselt ehk mõni sekund helilisi mälu pilte ning ilma seda infot mõtetes (koos häälepaelte mitteteadliku liikumisega ehk subvokaliseerimisega) või häälega kordamata ununeb see kohe pärast hoiustamist ja seega on ka kordamine üks osa fonoloogilisest komponendist (Baddeley, 2000). Conrad (1964) näitas oma katsetega juba aastaid tagasi, et ka visuaalset infot, nagu tähed, meenutatakse peas kõladena. Seda tuvastas Conrad (1964) paludes osalejatel meelde jätta ekraanile esitatud tähti, kuid meenutades ajasid katsealused sassi inglise keeles sarnase hääldusega tähed nagu B ja V või M ja F, ehk visuaalse info meenutamiseks kasutasid nad hoopis häälduse meenutamist.

Visuaal-ruumiline puhver mängib sama rolli nägemises nagu fonoloogiline komponent kuulmises ehk seda kasutatakse visuaalsete piltide mälu hoidmiseks ja nende kordamiseks. Täidesaatev kontrollsüsteem võimaldab hoida meie tähelepanu olulisel ning seda saab kasutada nt siis kui automaatsete reeglite järgi ei saa töötada ehk kui jääme loengu ajal mõtlema tulevases reisist saame selle abil oma mõtted tagasi käesoleva juurde tuua. Episoodilist puhvrit võib kujutada kui ühendust töömälu komponentide ja pikaajalise mälu vahel. (Baddeley, 2007)

Töömälu mahtu saab mõõta erinevate ülesannetega. Üks levinumaid ülesandeid töömälu mahu mõõtmiseks on n-tagasi ülesanne, mida käesolevas töös uuritakse (Redick & Lindsey, 2013). N-tagasi ülesandes peab katsealune aru saama, kas hetkel nähtud stiimul on sama, mis n kohta tagasi nähtud ühik (Redick & Lindsey, 2013). Stiimuliteks võivad olla näiteks tähed (Ralph, 2014). N-tagasi ülesande puhul on vaja kasutada töömälu, et hoida esitatavaid stiimuleid aktiivsena ning neid omavahel võrrelda arusaamaks, kas need olid samad stiimulid või mitte. Seega mida suurem on number n-i asemel, seda rohkem üksuseid peame me töömälu hoidma ja töötleva ning see muudab ülesande keerulisemaks ning osalejate sooritus muutub halvemaks (Kane et al., 2007; Wang et al., 2019). Näiteks peab 2-tagasi ülesande ajal, kus tähtede järjekord on “A H R R B” aju tuvastama sisse tuleva uue

informatsiooni “R”, hoidma õiges järjestuses aktiivsena tähti “H” ja “R” võrreldes neid käesoleva tähega ning samal ajal kõrvale jätma ebavajaliku info nagu “A” ja sellele eelnenu ning lisaks ka hiljutisuse efekti, mis tekkis kahte “R” tähte järjest nähes (Juvén & Taatgen, 2007). Õigesti valedele vastustele keeldumine võib sel juhul osutada isegi raskemaks kui vastusega pihta saamine, sest hiljutisuse efekt raskendab kognitiivse kontrolli hoidmist (Juvén & Taatgen, 2007). Selleks, et kõike seda infot töömälus hoida kasutavad inimesed erinevaid strateegiaid (Ralph, 2014; sellest edaspidi).

Teadlased on aastaid uurinud seda, kuidas rööprähklemine ehk mitmes tegevuses korraga osalemine mõjutab ülesannete lahendamise efektiivsust (Pashler, 1994). Päril elus tundub vahel, et kahe asja korraga tegemine on täiesti võimalik ja edukas, kuid uurimused on juba ammu näidanud vastupidist, sest kahe ülesande korraga lahendamiseks peab tihti kasutama samu töötlusressursse ning see on võimalik kui me kahe ülesande vahel lülitume (*task switching*) ja seega ülesannete sooritus halveneb (Pashler, 1994). Pashler (1994) väidab, et kahe ülesande sooritus ei olene nii väga sellest, kas ülesanded on samast sensoorses modaalsusest (visuaalne, heliline jne.) või mitte, sest sooritus halveneb igal juhul. Samamoodi on leitud, et erinevate emotsionaalsete visuaalsete või auditiiivsete mälestuste meenutamise ajal samal ajal töömälu ülesande lahendamine halveneb ja meenutamine muutub vähem emotsionaalsemaks, kuid see ei olene sellest, kas mälestuse ja töömälu modaalsused on samad (Matthijssen, Verhoeven, Hout & Heitland, 2017). Üldiselt näitavad aga tulemused, et samas modaalsuses ülesannete korraga tegemine on raskem, sest nad peavad töötluspinna (Stephan & Koch, 2016), näiteks visuaalsete töötlusressursside (Schorr, Balzano & Smith, 1978) pärast võistlema nagu Baddeley (2000) töömälu teooria põhjal eeldada võib. Seega oleks loogiline eeldada, et visuaalse n-tagasi ülesande ajal ekraanile esitatud visuaalsed segajad mõjutavad ülesande sooritust suuremal määral kui heliline segaja, sest samas modaalsuses töödeldavad stiimulid hakkaksid ressursside pärast võistlema.

Samas ei pruugi inimene n-tagasi ülesannet lahendades isegi märgata, et ta kasutab lahendamiseks kindlat ühe modaalsuse põhist lahendamiseviisi või strateegiat, kuna see valik toimub tihti mitteteadlikult (Ralph, 2014), kuid lahendamiseviis võib olla mõjutajaks, millised segajad hakkavad ülesande lahendamist rohkem mõjutama. N-tagasi ülesandes kasutatav strateegia võib katsealusel välja kujuneda juba esimese ühe minuti jooksul katse alustamisest ning pärast valiku tegemist jääda stabiilseks terve katse käigus (Waris et al., 2021). Varasemates uurimustes on leitud, et enamasti kasutavad katses osalejad n-tagasi asuva ühiku meelde jätmiseks auditiiivset strateegiat, kus tähti korratakse subvokaalselt (Chooi & Logie, 2020). Kuigi kordamine ei ole kõige efektiivsem strateegia töömälu ülesannete lahendamiseks,

on see tihti esimene, mida inimene kasutama hakkab, sest tõhusamad mnemoonika võtted ei tule meile automaatselt pähe kasutada (Dunning & Holmes, 2014). Samas võrreldes visuaalse meenutamisega on see siiski efektiivsem (Utma, 2015) ning seetõttu jääbki tavaliselt valik fonoloogilisele kordamisele (Chooi & Logie, 2020). Seega peab inimene neid töömälus asuvaid tähti heliliselt võrdlema ekraanil nähtavaga (Ralph, 2014). Baddeley (2000) töömälu teooria põhjal säilitatakse seda vokaalset ja subvokaalset infot töömälu fonoloogilises komponendis.

Eeldades, et katseisiku n-tagasi ülesande lahendamise viis või strateegia ei muutu katse jooksul nagu varasemad uurimused on seda näidanud (Waris et al., 2021) esineb katse käigus osaleja tulemustes ka tõenäoliselt õppimise efekt (Morrison & Chein, 2011), mille tulemusel ülesannete sooritused paranevad katse käigus. Morrison ja Chein (2011) selgitavad, et selle põhjuseks võib olla valitud strateegiaga kohanemine ning harjutamisega selle kasutamise efektiivsuse parandamine ning lisaks tõid nad välja, et pole leitud üksmeelt selle osas, kui suur see mõju ülesannetele ikkagi on. Seega on raske öelda, kas õppimise efekti mõju on piisavalt suur, et tasakaalustada segajate negatiivset mõju n-tagasi ülesannete lahendamise kiirusele ja õigete vastuste andmisele.

Eelnevalt esitatust võib teha oletusi, et nii helilised kui visuaalsed segajad võivad avaldada tähtedega n-tagasi ülesande lahendamisele segavat mõju, kuna inimesed kasutavad n-tagasi ülesande lahendamiseks erinevaid strateegiaid. Fonoloogilise ja visuaalse komponendi mahu piiratuse tõttu ei mahu neisse aga kogu info ära ning osa sellest ei ole kättesaadav kui me tähelepanuväliselt keskendumist nõudva ülesandega paralleelselt näiteks segavat heli kuuleme või ekraanil tähti näeme. Varasematest tulemustest võib eeldada, et tihti meenutatakse n-tagasi ülesandes tähti subvokaalselt ja seega on võimalik, et segajaga ülesande lahendamine on keerulisem. Samas ei tohi ka kõrvale jätta õppimise mõju ülesannete lahendamisele. Käesoleva töö eesmärgiks on uurida, kas ja kuidas visuaalsed ja auditiivsed segavad stiimulid omavahel võrrelduna mõjutavad n-tagasi (antud juhul 2-tagasi) ülesande sooritust ning kas segajateta tingimuse ja segajatega tingimuse vahel esineb tulemustes erinevusi, eeldades, et katse käigus toimub õppimine. Töö autorina püstitasin väljatoodud kirjanduse põhjal uurimisküsimused ja hüpoteesid, viisin läbi käesolevas töös esitatud statistilised analüüsid, esitasin ja interpreteerisin tulemusi ja kirjutasin ning vormistasin kogu uurimistöö.

**Uurimisküsimused:**

1. Kas ilma segajateta tingimuses on õigete ja valede vastuste protsent ning vastamise kiirus erinevad võrreldes segajatega tingimustega?
2. Kas ja milliseid erinevusi esineb 2-tagasi ülesande vastamise kiiruses visuaalse ja auditiiivse segajaga tingimuste vahel?
3. Kas ja milliseid erinevusi esineb 2-tagasi ülesande õigete ja valede vastuste andmise protsendis ja vastuse andmise kiiruses visuaalse ja auditiiivse segajaga tingimuste vahel?

**Hüpoteesid:**

Tulenevalt uurimisküsimusest 1:

1. 2-tagasi ülesande lahendamisel on ilma segajateta tingimuses õigete vastuste protsent suurem ning vastamise kiirus suurem kui segajatega tingimustes.

Tulenevalt eelnevast kirjanduse ülevaatest on uurimisküsimuste 2 ja 3 puhul võimalik mõlemapidiste seoste ilmnemine:

**2.1.** 2-tagasi ülesande lahendamisel on visuaalse segajaga tingimuses vastamise kiirus suurem, õigete vastuste andmise protsent suurem ning valede vastuste andmise protsent väiksem kui auditiiivse segajaga tingimuses.

**2.2.** 2-tagasi ülesande lahendamisel on auditiiivse segajaga tingimuses vastamise kiirus suurem, õigete vastuste andmise protsent suurem ja seega valede vastuste andmise protsent väiksem kui visuaalse segajaga tingimuses.

## Meetod

### Katsedisain

Antud uuringus kasutati 3 (ilma segajata, visuaalne segaja, auditiivne segaja) kordumõõtmistega katseplaani. Sõltuvateks muutujateks olid, kas osaleja vastas õigesti või valesti ja reaktsiooniaeg ning lahendatavaks ülesandeks visuaalne tähtedega 2-tagasi töömälu ülesanne, kus tähed esitati arvutiekraani keskosas. Ülekandeeffektide mõju vähendamiseks ja õppimiseefekti ühtlustamiseks visuaalse ja auditiivse segajaga tingimuste vahel kasutati tähtede järjestuse puhul mittetäielikku tasakaalustamist ladina ruudu abil. Samuti kasutati segajate esitamise puhul mittetäielikku tasakaalustamist, kus kõikidele katseisikutele esitati esiteks ilma segajata katsetingimus ning teiseks ja kolmandana esitatavat katsetingimust varieeriti katseisikute vahel, esitades kas visuaalne või heliline segaja vastavalt kas teiseks või kolmandana. Ilma segajata katsetingimuse üks eesmärgi oli ka ülesandest arusaamine ja selle harjutamine ning tekkida võinud õppimiseefektid olid seega eesmärgipärased.

### Valim

Uurimistöö on osa suuremast uurimimisprojektist "Seosed tähelepanueelse ja tähelepanulise infotöötuse vahel", mille andmekogumisperiood kestab kuni 2021. aasta märtsini. Praeguse uurimise andmeanalüüsi osa alguseks, detsembris 2020 oli katset esimest korda läbinud 31 inimest. Üks katseisik jäeti käesolevast uurimusest välja, kuna tal puudusid andmed ilma segajata 2-tagasi ülesande tingimusest. Andmete puudumise põhjuseks oli ülesande püstitusest mitte arusaamine. Üks katseisik ei vastanud samal põhjusel ilma segajata tingimuses esitatud 2-tagasi ülesannetele, kuid tema andmed selleks tingimuseks koguti eraldi mõõtmisseeriaga juurde pärast I katse lõppu. Seega teda ei jäetud valimist välja. Kokkuvõttes käsitletakse antud töös 30 katseisiku tulemusi.

Katseisikutest 25 olid naised (83.3%) ja 5 mehed (16.7%). Kõikidest praeguses töös käsitletavatest osalejatest olid 21 korrigeerimist mitte vajava nägemisega ning 9 korrigeerimist vajava nägemisega, kellest 8 kandis katse ajal prille ja 1 läätsi. Osalejate keskmine vanus oli 27.07 aastat ( $SD = 7.51$ ) ja vanusevahemik 18 aastat kuni 48 aastat. Kogu kasutatud valimist esitati pooltele ehk 15 katseisikule segajatest esimesena auditiivne segaja ja teiseks visuaalne segaja ja 15 katseisikule esimesena visuaalne segaja ja teiseks auditiivne segaja.

### Katseaparatuur ja -materjalid

Katsete läbiviimiseks kasutati MATLAB-i (*MathWorks*; Natick, Massachusetts, United States) programmeerimiskeskonda koos Psychtoolbox funktsioonidega ning E-Prime tarkvarapaketti (*Psychology Software Tools*, Sharpsburg, USA). Arvutiprogramm võimaldas

esitada ekraani keskel n-tagasi ülesande stiimuleid ja nurkades segavaid stiimuleid. Infotöötlusteste, kaasa arvatud antud uuringus käsitletavat 2-tagasi ülesannet, esitati arvutiekraanil, mis oli katseisikust 80 cm kaugusel silmade kõrgusel. Katseteks kasutatava LCD arvutiekraani suurus oli 37,9 cm (laius)\*30,4 cm (kõrgus) ning resolutsioon 1024x768 pikslit. Katse ajal oli katseisiku süles aluse peal klaviatuur, millel olid muuhulgas märgitud 2-tagasi ülesandes vastamiseks vajalikud kaks nooleklahvi. Vasaku (märkega "E") nooleklahvi vajutus tähendas, et 2-tagasi ülesandes esitatud täht oli erinev üle-eelmisest ning parema (märkega "S") nooleklahvi vajutus näites vastupidiselt, et üle-eelmisena esitatud täht oli sama praegu esitatuga. Kõikide katsete juhendid esitati esmalt katse läbiviija poolt suuliselt ning seejärel kuvati enne katse algust ka ekraanil.

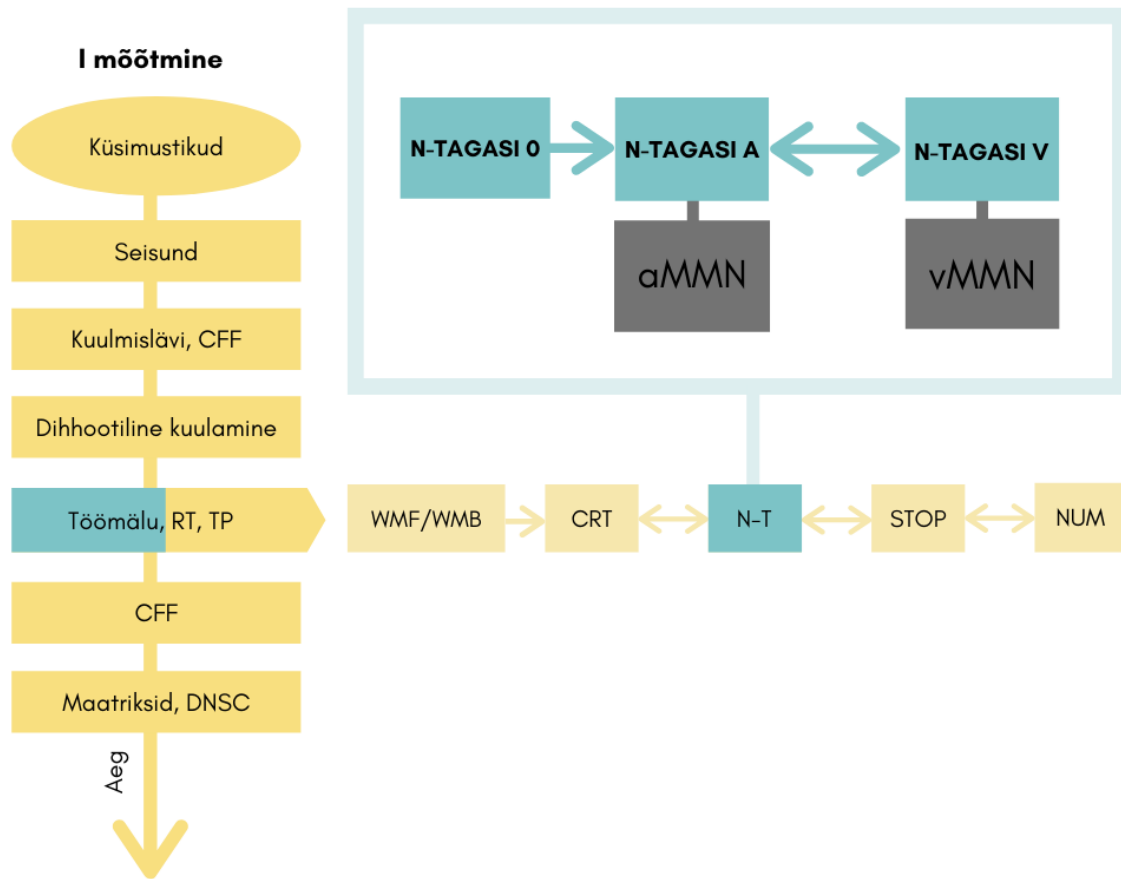
**Stiimulid.** Antud uurimuses esitatud 2-tagasi katses kasutati 7 erinevat tähestiimulit R, B, D, T, K, H ja S (Kane, Conway, Miura, & Colflesh, 2007; MMN-i jaoks kasutatud Sultson, Vainik & Kreegipuu, 2019). Arvutiekraani keskel esitatud tähestiimulite (töötatud välja TÜ eksperimentaalpsühholoogia laboris, Saar, 2016) suurused olid pikslites 125x148.

Auditiivsete segajatena esitati katseisikule kõrvaklappidest kahte erinevat stiimulit pikkusega 100 ms: stiimul sagedusega 1000 Hz ja stiimul sagedusega 1200 Hz. Seega kõlasid need stiimulid osalejatele piiksudena. Stiimulid esitati lahknevusnegatiivsuse tekitamiseks nii, et üks neist oli sage standardstiimul ja teine harvaesinev deviantstiimul ja poole katse peal kohad vahetusid. Samal ajal olid ekraanil olevad stiimulid samad kui ilma segajata katseseerias.

Visuaalsete segajatena esitati ühes katseseerias tähti "T" ja "B". Segajatena esitatud stiimulite suurused pikslites olid 94x111. Stiimuleid esitati ekraani neljas nurgas korraga ning samaaegselt ainult ühesuguseid tähti ehk kas korraga neli "T" tähte või korraga neli "B" tähte. Ka siin esitati stiimulid lahknevusnegatiivsuse tekitamiseks nii, et üks neist oli sage standardstiimul ja teine harvaesinev deviantstiimul ja poole katse peal kohad vahetusid.

### **Protseduur**

Praegune töö on osa suuremast uurimimisprojektist "Seosed tähelepanueelse ja tähelepanulise infotöötluste vahel" (PRG770). Uuringus osalesid/osalevad katseisikud kahel korral, et kontrollida kordustestiga mõõtmistulemuste reliaablust. Antud uurimistöös käsitleti ainult esimese katsekorra andmeid ning kordustestide tulemusi edaspidi töös ei mainita.



Joonis 1. Uurimisprojekti esimese mõõtmiskorra ajal läbi viidud katsed ning eelnevad küsimustikud. Kollasega on välja toodud katsed, mida antud töös ei uurita, sinisega praeguses töös käsitletavat katsed ning halliga on esitatud praeguse töö segajatega tingimuste lahknevusnegatiivsuse mõõtmised. Küsimustikud on välja toodud ovaalina, kuna need täitis osaleja kodus. Kasutatud lühendid: CFF - kriitilise vilkumise sulandumise lävi, DNSC - sümboli-numbri kodeerimise test, RT - reaktsiooniaeg, TP - tähelepanu, WMF - edaspidi numbrimälu katse, WMB - tagurpidi numbrimälu katse, CRT - valikreaktsiooniaeg, N-T - n-tagasi ülesanne, STOP - stopp-signaali katse, NUM - arvukuse hindamise katse. Paremale suunatud nooled tähistavad seda, et katse oli kas kogu põhikatses või oma plokis esimene. Kahepoolsed nooled tähistavad, et katse toimumise asukoht põhikatses või katseplokis vaheldus.

Joonisel 1 on skemaatiliselt välja toodud uurimisprojekti "Seosed tähelepanueelse ja tähelepanulise infotöötlemise vahel" esimese mõõtmiskorra katsekäik, mida allpool lühidalt kirjeldatakse. Sellele järgnevas alapeatükis "Antud töös käsitletav osa" toon välja, milline nägi välja käesolevas uurimuses kasutatud n-tagasi katsete protseduur. Allapoole suunatud nool

joonisel 1, mille juurde on märgitud “Aeg” näitab, millises ajalises järgnevuses uuringu osad esitati.

Enne kohapeal katses osalemist täitsid osalejad kodus ära küsimustiku, mida viidi läbi keskkonnas Kaemus. Kohapeal alustati katset kuulmisläve mõõtmisest, mida tuvastati audiomeetriga Interacoustics AS608 (Interacoustics, Assens, Taani) ning registreeriti kriitilise vilkumise sulandumise lävi (*CFF- critical flicker frequency*, Simonson & Brožek, 1952). Järgnevalt viidi läbi dihhootilise kuulamise katse (*DL - dichotic listening*, Hugdahl, 2011).

Katse põhiosa on joonisel 1 esitletud noolekujulise kastina ning sisaldas töömälu, reaktsioonaja (*RT - reaction time*) ja tähelepanu (TP) ülesandeid (kokku kaheksa katset). Põhiosa katsed olid edaspidi (*WMF - working memory forward*) ja tagurpidi (*WMB - working memory back*) numbrimälu katse (Baddeley, 2001), CRT ehk valikreaktsiooniaeg (*choice reaction time*), n-tagasi ülesanne (N-T, kolm katset), stopp-signaali (*STOP - stop signal*) katse (selline, nagu on kasutatud Havik, Jakobson, Tamm, Paaver, Konstabel, Uusberg, ... & Kreegipuu, K., 2012 töös) ja arvukuse hindamine (*NUM - numerosity*; katse parameetrid tuletatud Raidvee, Lember, & Allik, 2017 tööst). Kõiki põhikatse ülesandeid peale n-tagasi ja arvukuse hindamise ülesande käsitleb enda uurimistöös Aneth Pokk (Pokk, 2021).

N-tagasi ülesanne jaotub plokkidesse n-tagasi (praeguses töös 2-tagasi) ilma segajata (n-tagasi 0), auditiiivse segajaga (n-tagasi a) ja visuaalse segajaga (n-tagasi v). Hallides kastides joonisel on välja toodud auditiiivse (*aMMN - auditory mismatch negativity*) ja visuaalse (*vMMN - visual mismatch negativity*) lahknevusnegatiivsuse mõõtmised, milleks kasutati 64 aktiivelektroodiga EEG süsteemi (*ActiveTwo*, Biosemi, Amsterdam, Holland). Pärast põhikatset sooritas katseisik veel kord CFF mõõtmise ning lahendas progresseeruvaid visuaalseid maatrikseid (“Eesti maatriksid”, koostatud Aire Raidvee juhitud TÜ psühholoogia instituudi töörühma poolt Raveni progresseeruvate maatriksite (Raven, 1981) põhjal) ja sümboli-numbri kodeerimise testi (joonisel 1 *DNCS - digit number-symbol coding*; <https://www.testmybrain.org/tests/DigSymbCoding/DSC.html>).

**Antud töös käsitletav osa.** Igale katseisikule esitati kolm 2-tagasi katseseeriat: ilma segajateta, auditiiivsete segajatega ja visuaalsete segajatega katseseeria. Igas katseseerias esitati katseisikule esmalt lühike harjutusseeria, et aru saada ülesande instruktsioonidest ning ülesannetele vastamiseks valmistuda. Katseseeria järjestusi oli 2. Kõigis järjestustes esitati esimesena ilma segajata katsetingimus ning teise ja kolmandana esitatavat tingimust varieeriti. Kaks erinevat järjestust olid seega:

Järjestus 1: 1. ilma segajata tingimus 2. auditiiivse segajaga tingimus 3. visuaalse segajaga tingimus

Järjestus 2: 1. ilma segajta tingimus 2. visuaalse segajaga tingimus 3. auditiiivse segajaga tingimus

**Ilma segajata** katsetingimuses esitati ekraani keskel olevat tähestiimulit 1000 ms ning vaheaeg iga esitatud stiimuli vahel oli 1500 ms. Keskstiimulite esitamise vaheaegadel esitati ekraani keskel üks 15 piksli suurune fikstsiooni rist. Igas tingimuses arvestati vaid neid tulemusi, mille vastamise kiirus oli suurem kui 300 ms ning maksimaalne võimalik reaktsiooniaeg oli tähtede vahelisest vaheajast tulenevalt 1500 ms. Ekraani keskel esitatavad ülesandeid esitati 2500 ms tsüklikena. Kõik esitatud tähestiimulid olid ühesuurused (vt täpsemalt lk 10).

**Auditiiivse segajaga** katsetingimuses esitati 2-tagasi töömälu ülesannete lahendamise ajal helilisi signaale. Helilisi segajaid (vt lk 10) esitati osalejale kõrvaklappidest. Stiimulid esitati lahknevusnegatiivsuse paradigmas, kus 80% olid sagedad standardstiimulid, 20% harvaesinevad ehk deviantstiimulid (Sams et al., 1985) (poole mõõtmise jooksul oli üks stiimuli standard, teine deviant, seejärel teise poole jooksul asukohad vahetusid). Stiimuleid esitati 100 ms ning iga stiimuli esitamise vahele jäi paus 350 ms. Ekraani keskel esitatavad ülesandeid esitati 2500 ms tsüklikena ning segajaid esitati eraldiseisvalt 450 ms tsüklikena ning nende tsükli vahel ei esinenud seost, mille tulemusel oleks saanud segaja esitamisaega ennustada. Keskel asuvate stiimulite esitamine oli samasugune kui ilma segajateta tingimuses.

**Visuaalse segajaga** katsetingimuses esitati 2-sammu tagasi keskseid tähti samamoodi nagu kahes eelnevalt kirjeldatud tingimuses. Segajateks oli neljas nurgas asuvad tähed "T" ja "B". Standardstiimulid ja deviantid vaheldusid nagu auditoorse segajaga tingimuses. Kõik segavad stiimulid olid ühesuurused ning need paigutati ekraanil nelja esitatavasse piirkonda nii, et segava stiimuli pildi keskpunkt oleks võimalikult lähedal ekraani keskosale. Stiimuleid esitati samamoodi nagu auditiiivse segajaga tingimuse puhul lahknevusnegatiivsuse paradigmas. Visuaalseid segajaid esitati 700 ms pikkustes tsükklites: stiimuli esitusaeg 450 ms ning stiimulite vahel olid 250 ms pikkused pausid. Keskel asuvate stiimulite esitamine oli samasugune kui ilma segajateta tingimuses.

### **Eetilised aspektid**

Käesolevas töös kasutatavad andmed on osa uurimimisprojektist "Seosed tähelepanueelse ja tähelepanulise infotöötuse vahel". Uurimus läbiviimiseks oli antud Tartu Ülikooli inimuuringute eetika komitee kooskõlastus (nr 319/T-22).

Enne katse algust tutvustas läbiviija osalejale katse käiku ning osalejale paluti läbi lugeda informeeritud nõusoleku leht, mis informeeris osalejat ka töö sisust, ja see allkirjastada.

Katsealust teavitati nii suuliselt kui nõusoleku vormi kaudu kirjalikult, et katses osalemisest on igal hetkel võimalik loobuda. Katsealused osalesid uurimuses vabatahtlikult. Kõik kogutud andmeid salvestati ja analüüsiti anonüümsel kujul kasutades selleks igale osalejale individuaalset määratu uuringukoodi.

### Andmeanalüüs

Andmeid puhastati tarkvaraprogrammiga *Excel 2016 (Microsoft Office, Redmond, Washington, USA)* ning analüüsimiseks kasutasin programmiga *SPSS Statistics 27.0.1.0 (IBM, New York, USA)*. Andmeanalüüsist jäeti välja ühe katseisiku tulemused valimi osas (lk 9) välja toodud põhjustel. Käesolevas töös on statistilise olulisuse määraks valitud  $p = .05$ . Tabelis 1 on välja toodud, kuidas edasises tekstis viidatakse 2-tagasi ülesandest kogutud andmetele.

Andmete puhastamisel jätsin välja (katseisikute arv\*katsetingimuste arv\*2) 180 ehk igas tingimuses 2 esimest vastust, kuna nendele ei eelnenud eelviimast stiimulit, millega esitatud stiimulit võrrelda.

Tabel 1.

*Tulemuste kirjeldamiseks kasutatavad väljendid.*

Ülesande vastus	Osaleja antud vastus	
	Sama	Erinev
Sama	Pihta ( <i>Hit</i> )	Mööda ( <i>Miss</i> )
Erinev	Valehäire ( <i>False alarm</i> )	Õige keeldumine ( <i>Correct rejection</i> )

*Märkus.* Rohelise värviga on välja toodud õiged vastused ja punasega valed vastused. Sama viitab sellele, kui esitatav täht oli üle-eelmise tähega sama ning erinev sellele, kui esitatav täht oli üle-eelmisest erinev. Lisaks tabelis välja toodule kasutatakse edaspidi väljendit “vastamata” viitamaks sellele, kui ülesandele ei vastatud.

Selleks, et kontrollida analüüsitava andmete normaaljaotuslikkust vaatasin Shapiro-Wilk testi tulemusi ja ekstsessi ning asümmeetriakordajat. Shapiro-Wilk testi valisin, kuna on näidatud, et selle võimsus on suurem kui Kolmogorov-Smirnovi testil (Razali & Wah, 2011). Antud testi puhul võib väita, et andmed jaotuvad normaaljaotuslikult kui  $p < .05$ . Ekstsessi ja asümmeetriakordaja puhul vaatasin, kas andmed jäävad vahemikku (-1; 1). Enamus osalejate vastuseid ja reaktsiooniaegu erinevates tingimustest ei täitnud antud reegleid ning sellest tulenevalt kasutasin andmete analüüsimiseks mitteparameetrilisi teste.

Selleks, et kontrollida, kas sooritust mõjutas auditiivse ja visuaalse segajaga tingimuse järjestus kasutasin mitteparameetrilist Mann-Whitney testi gruppide vaheliste erinevuste hindamiseks. Järjestuse täpsem kirjeldus ja jaotuvus kahte gruppi on toodud välja käesoleva uurimuse valimi osas (lk 9).

Hüpoteeside kontrollimiseks kasutasin sõltuvate gruppidega katse jaoks esiteks Friedmani testi ning statistiliselt oluliste erinevuste esinemise korral Friedmani testi paaride vahelist võrdlust Bonferroni parandusega. Friedmani testiga kontrollisin, kas vastustes ja reaktsiooniaegades esines 3 tingimuse (ilma segajata, visuaalse segajaga, auditoorse segajaga) vahel erinevusi ning kus need paaride vahel esinesid, et kontrollida kõiki esitatud hüpoteese.

## Tulemused

Tabel 2.

*Mediaanid 2-tagasi ülesande vastuste protsentides ilma segajata, auditiivse- ja visuaalse segajaga tingimuste vahel.*

Vastus	Tingimused					
	Ilma segajata (%)		Auditiivne segaja (%)		Visuaalne segaja (%)	
	Mediaan	IQR	Mediaan	IQR	Mediaan	IQR
Pihta	18.7	8.6 – 23.6	21.0	16.0 – 24.3	18.6	13.8 – 25.4
Mööda	7.8	2.1 – 11.2	7.0	4.3 – 12.4	5.5	4.2 – 12.4
Valehäire	6.4	4.9 – 10.1	4.7	2.8 – 8.4	5.3	1.9 – 8.6
ÕK	57.0	43.3 – 63.3	63.3	53.9 – 66.0	61.7	49.6 – 65.0
Vastamata	2.2	.4 – 16.2	1.4	.0 – 6.8	1.4	0 – 7.5

*Märkus.* ÕK – õige keeldumine, IQR – kvartiilide vahemik

### Järjekorra efektid

Mitteparameetrilise gruppide vahelise Mann-Whitney testiga kontrollisin, kas vastused olenesid visuaalse ja auditiivse segajaga katsetingimuse järjestusest. Andmed jaotati kaheks: grupp 1 (2. auditiivne, 3. visuaalne) ja grupp 2 (2. visuaalne teisena, 3. auditiivne). Kahe grupi vastuste vahel ei esinenud tingimuse siseselt statistiliselt olulisi erinevusi. Visuaalses tingimuses pihta ( $U = 110$ ,  $z = -.10$ ,  $p = .94$ ), mööda ( $U = 137.5$ ,  $z = 1.0$ ,  $p = .31$ ), valehäire ( $U = 147.0$ ,  $z = 1.4$ ,  $p = .16$ ) ja õige keeldumine ( $U = 102.0$ ,  $z = -.44$ ,  $p = .39$ ) vastuste vahel puudusid gruppide vahelised erinevused. Auditiivses tingimuses pihta ( $U = 104.5$ ,  $z = -.33$ ,  $p$

= .74), mööda ( $U = 139.0$ ,  $z = 1.1$ ,  $p = .29$ ), valehäire ( $U = 131.0$ ,  $z = .77$ ,  $p = .46$ ) ja õige keeldumine ( $U = 126.5$ ,  $z = .58$ ,  $p = .57$ ) vastuste vahel puudusid samuti gruppide vahelised erinevused. Järelikult ei mõjutanud vastuseid auditiiivse ja visuaalse tingimuse järjekord.

### Hüpoteeside kontrollimine

**Erinevate vastuste jaotus.** Esiteks kasutasin Friedmani testi, et tuvastada, kas ilma segajata, auditiiivse segajaga ja visuaalse segajaga tingimuste vahel esines erinevusi vastuste protsentides (vt näitajaid tabel 2). Pihta saamise (*hit*) protsent püsis sarnasena nii ilma segajata, auditiiivse segajaga kui ka visuaalse segajaga tingimuses,  $\chi^2(2) = 1.40$ ,  $p = .49$ . Õigete keeldumiste (*correct rejection*) protsendi erinevus oli tingimuste vahel statistiliselt oluline,  $\chi^2(2) = 8.47$ ,  $p < .05$ . Friedmani Bonferroni parandusega post-hoc test näitas, et erinevused esinesid õigete keeldumiste protsentides ilma segajata ja auditiiivse segajaga tingimuse vahel ( $p < 0.05$ ) ning ilma segajata ja visuaalse segajaga tingimuse vahel ( $p < 0.05$ ).

Statistiliselt olulisi erinevusi õigete keeldumiste protsentides ei esinenud visuaalse segajaga ja auditiiivse segajaga tingimuste vahel ( $p = 1.00$ ). Erinevust ei olnud ka valehäirete puhul (*false alarm*) 3 tingimuse vahel,  $\chi^2(2) = 3.98$ ,  $p = .14$ . Sama tuli välja ka siis, kui vastus läks mööda (*miss*). Statistiliselt olulisi erinevusi 3 tingimuste vahel ei esinenud,  $\chi^2(2) = 4.58$ ,  $p = .10$ .

### Vastamiskiiruse erinevused.

Tabel 3.

2-tagasi ülesandele vastamise kiiruse mediaanid ilma segajata, auditiiivse- ja visuaalse segajaga tingimuses.

Vastus	Tingimused					
	Ilma segajata (ms)		Auditiiivne segaja (ms)		Visuaalne segaja (ms)	
	Mediaan	IQR	Mediaan	IQR	Mediaan	IQR
Pihta	773.1	668.6 – 880.1	663.4	618.4 – 740.7	695.3	642.5 – 773.3
Mööda	808.8	648.9 – 954.4	738.3	653.3 – 907.04	761.2	686.4 – 884.0
Valehäire	828.2	683.6 – 968.7	769.2	669.6 – 864.8	813.5	680.7 – 931.6
ÕK	818.8	661.3 – 931.4	711.0	606.6 – 800.1	725.3	644.7 – 797.5

Märkus. ÕK – õigesti keeldumine, IQR – kvartiilide vahemik

Friedmani testiga kontrollisin, kas reaktsioonikiiruste erinevustes ilma segajata, auditiiivse- ja visuaalse segajaga tingimuste vahel esines statistiliselt olulisi erinevusi. Viisin testi läbi 4 vastuse kategooria kohta (vt näitajaid tabel 3). Pihta saamise vastamise kiiruses tingimuste vahel esines statistiliselt oluline erinevus,  $\chi^2(2) = 10.47$ ,  $p < .05$ . Friedmani post-hoc Bonferroni parandusega test näitas, et paaride võrdluses ei esinenud pihta saamises erinevusi auditiiivse ja visuaalse tingimuse vahel ega visuaalse ja ilma segajata tingimuse vahel ( $p = .47$ ), kuid oluline erinevus leiti ilma segajata ja auditiiivse segajaga tingimuse vahel ( $p < .05$ ). Õigete keeldumistes esinesid samuti 3 tingimuse vahel statistiliselt olulised erinevused,  $\chi^2(2) = 15.80$ ,  $p < .05$ . Friedmani Bonferroni parandusega post-hoc test näitas, et erinevused õigesti keeldumises esinesid ilma segajata ja auditiiivse segajaga tingimuse vahel ( $p < .05$ ) ning ilma segajata ja visuaalse segajaga tingimuste vahel ( $p < .05$ ).

Statistiliselt olulisi erinevusi ei tuvastatud õigete keeldumiste reaktsiooniaegades auditiiivse segajaga ja visuaalse segajaga tingimuste vahel ( $p = .74$ ). Friedmani testi põhjal ei esinenud statistiliselt olulisi erinevusi ka valehäirete puhul ilma segajata, auditiiivse segajaga ja visuaalse segajaga tingimuste vahel ( $\chi^2(2) = 4.35$ ,  $p = .11$ ) ega ka mööda minemiste puhul ilma segajata, auditiiivse segajaga ja visuaalse segajaga tingimuste vahel ( $\chi^2(2) = 2.54$ ,  $p = .28$ ).

### Arutelu

Praeguse uurimistöö eesmärgiks oli uurida, kas ja kuidas mõjutavad 2-tagasi ülesande lahendamist visuaalsed ja auditiiivsed segavad faktorid. Uurimuse käigus soovisin teada saada, kas 2-tagasi ülesannete lahendamisel saadud õigete ja valede vastuste protsendid ning vastamise kiirus erinesid visuaalse ja auditiiivse segaja tingimustes. Lisaks uurisin, kuidas erinesid samad näitajad ilma segajata ja segajatega tingimuste vahel. Järgnevalt interpreteerin tulemusi vastavalt esitatud hüpoteesidele.

#### **Ilma segajateta ja segajatega 2-tagasi ülesanne**

**1.** 2-tagasi ülesande lahendamisel on ilma segajateta tingimuses õigete vastuste protsent suurem ning vastamise kiirus suurem kui segajatega tingimustes.

Antud hüpoteesi ei toetanud ükski leitud tulemustest ja mõned tulemused näitasid lausa vastupidist. Näiteks oli visuaalse või auditiiivse segajaga ülesannet lahendades õigete keeldumist esitamise kiirus suurem kui ilma segajata tingimuses (vt ka tabel 3). Sama tõestasid ka visuaalse ja auditiiivse segajaga tingimuse kõrgemad õigesti keeldumise protsendid

võrrele segajata tingimusega (vt ka tabel 2). Lisaks vastati auditiiivse segajaga tingimuses ülesannetele kiiremini õigeti (*hit*) kui ilma segajateta 2-tagasi ülesandes. Olulisi erinevusi ei esinenud ilma segajata ja segajatega tingimuste õigesti vastamise või pihta saamise (*hit*) protsendis, valede vastuste protsentides ja erinevusi ei olnud ka ilma segajata tingimuse ja visuaalse segajaga tingimustes 2-tagasi ülesannetel vastamise kiiruses.

Selle põhjal võiks öelda, et segajate mõju ülesannete sooritusele on vähem tähtis kui harjutamise käigus toimunud õppimine. Arvestada tuleks ka sellega, et õigesti keeldumine, mis oli segajatega tingimuses parem, võib olla isegi raskem kui lihtsalt õigesti vastamine või pihta saamine (*hit*) (Juvn & Taatgen, 2007). Juvn ja Taatgen (2007) on välja toonud, et see nõuab rohkem kognitiivset kontrolli ja eriti siis kui järjest on esitatud mitu ühesugust tähte. Järelikult on võimalik, et teatud juhtudel on õppimiseefekt nii suur, et see võib auditiiivsete ja visuaalsete segajate mõjud isegi üle kaaluda või siis need tasakaalustada. Auditiiivsete ja visuaalsete tingimuste vahel ülekande efekti, sealhulgas õppimise vähendamiseks, vaheldusid tingimuste järgnevused, mistõttu seal enam harjutamise tulemusi märgata pole (vt lk 19). Morrison ja Chein (2011) toovad oma töös esile, et praegu ei olda veel kindlad kui suurel määral õppimine töömälu ülesannete sooritust ühe katse jooksul parandama ja kuidas esinevad need efektid väikese valimi puhul.

### **Erinevused auditiiivse ja visuaalse segajate mõjude vahel**

**2.1.** 2-tagasi ülesande lahendamisel on visuaalse segajaga tingimuses vastamise kiirus suurem, õigete vastuste andmise protsent suurem ning valede vastuste andmise protsent väiksem kui auditiiivse segajaga tingimuses.

**2.2.** 2-tagasi ülesande lahendamisel on auditiiivse segajaga tingimuses vastamise kiirus suurem, õigete vastuste andmise protsent suurem ja seega valede vastuste andmise protsent väiksem kui visuaalse segajaga tingimuses.

Kumbki antud hüpoteesidest ei leidnud tulemuste põhjal kinnitust. 2-tagasi ülesande õigete ja valede vastuste protsent ega ka vastamise kiirus ei erinenud üksteisest olulisel määral.

Tähtedega 2-tagasi ülesande lahendamisel oli kõige tõenäolisemat kasutusel üks kahest kesksete stiimulite (visuaalselt esitatud tähed) töötlemise viisist: visuaalne või auditiiivne töötlemine. Varasema kirjanduse põhjal võib eeldada, et segajate mõju avaldub suuremal määral kui segaja on keskse stiimuliga samast sensoorsest modaalsusest (Stephan & Koch, 2016), mis on kooskõlas Baddeley (2000) töömälu teooriaga, kus visuaalselt tajutud stiimulid kasutavad lühiajaliselt visuaal-ruumilise puhvri ning auditiiivselt tajutud stiimulid fonoloogilise komponendi ruumi. Oletades, et katseisikute n-tagasi ülesande ehk siin töös 2-tagasi ülesande

lahendamise strateegia on katseisikute siseselt katse ajal püsiv (Waris et al., 2021) võib teha oletuse, et käesoleva töö katseisikute seas ei olnud üks 2-tagasi ülesande lahendamise tehnikatest või strateegiatest inimeste vaheliselt domineerivam kui teine. Seega tasakaalustasid tulemused üksteist ning erinevusi ei leitud.

Samas võivad antud tulemused näidata ka seda, et inimesed kasutasid rohkem visuaalse töötlemise tehnikat ülesande lahendamiseks, kuna auditiiivse tehnika kasutamist peetakse üldiselt efektiivsemaks n-tagasi ülesande lahendamiseks kui visuaalset tehnikat (Chooi & Logie, 2020; Uutma, 2015). Uutma (2015) näitas, et erinevate strateegiate kasutamisel ei esinenud erinevusi vastamise kiiruses, küll aga õigesti vastamise määras. Seega oleks pidanud osalejad kasutama rohkem visuaalset strateegiat, et ära tasakaalustada auditiiivse strateegia üleüldiselt suuremat efektiivsust. Kindel ei saa aga olla selles, kuidas auditiiivse tehnika üleüldineefektiivsus visuaalse tehnika ees püsib ka samast või erinevast modaalsusest segajate esitamisel.

Kõige tõenäolisem on, võttes arvesse hüpoteeside 2.1 ja 2.2 tulemusi ja võrreldes neid hüpoteesiga 1, et ekraani keskel olevad töömälu mahtu nõudvad 2-tagasi ülesanded olid piisavalt nõudlikud, et suunata tähelepanu eemale mitteteadlikult töödeldavatelt segajatelt. Selle põhjal on keskne ülesanne täitnud oma eesmärgi tähelepanu eemale juhtimises MMNi mõõtmiseks kasutatavatelt segavatelt stiimulitelt. Ka varasemates töödes on välja toodud, et raskema ülesande lahendamisel esineb vähem tähelepanu välise stiimuli segavaid mõjusid põhiülesande sooritusele (Dyson, Alain & He, 2005). Seega on käesoleva töö tulemustest suur kasu MMNi meetoodika arendamisel.

### **Arengukohad ja tulevikuperspektiivid**

Selleks, et eespool välja toodud strateegiaga seotud oletusi kinnitada või ümber lükata peaks järgnevates uurimustes küsima ka osalejate käest, millist strateegiat nad töömälu ülesande lahendamisel kasutasid (kasutades nt Uutma, 2015 töös olnud visuaalse-verbaalse kodeerimise küsimustikku). See võimaldaks jaotada osalejad töötlemise strateegia alusel erinevatesse gruppidesse, kuna võib eeldada, et nende puhul toimub samas või erinevas modaalsuse toimuv võistlev töötlus erinevalt. Samuti tuleb silmas pidada, et töö valim oli küllaltki väike ning täpsemate järelduse tegemiseks peaks kasutama suuremat valimit (mida suure uurimisprojekti raames kogutaksegi), et tulemusi oleks võimalik laiemalt üldistada ning need oleksid täpsemad. Juba selle uurimisprojekti käigus on võimalus uurida põhjalikumalt segajate mõju 2-tagasi ülesannete lahendamisele kui andmeanalüüsi tuuakse sisse ka lahknevusnegatiivsuse mõõtmiste käigus saadud EEG tulemused.

**Tänuõnad**

Täna juhendajaid Nele Põldveri ja Kairi Kreegi puud, kes olid mõlemad äärmiselt abivalmid ja toetavad juhendajad. Täna ka teisi inimesi, kes katsete läbiviimisel osalesid.

**Kasutatud kirjandus**

- Baddeley, A. D. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556–559.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417–423.
- Baddeley, A.D. (2001). Is working memory still working? *American Psychologist*, 56, 851–864.
- Baddeley, A. D. (2007). *Working Memory, Thought, and Action*. OUP Oxford.
- Baddeley, A. D., Hitch, G. (1974). Working Memory. G. H. Bower (Toim), *Psychology of Learning and Motivation* (Kd 8, lk 47–89). Academic Press.
- Baddeley, A. D. (1983). Working memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 302(1110), 311–324.
- Bayramova, R., Toffalini, E., Bonato, M., Grassi, M. (2020). Auditory selective attention under working memory load. *Psychological research*.
- Chooi, W.-T., Logie, R. (2020). Changes in error patterns during n-back training indicate reliance on subvocal rehearsal. *Memory and Cognition*, 48(8), 1484–1503.
- Conrad, R. (1964). Acoustic confusion in immediate memory. *British Journal of Psychology*, 55(1), 75-84.
- Cowan, N. (2010). The magical mystery four: how is working memory capacity limited, and why? *Current Directions in Psychological Science*, 19(1), 51-57.
- Czigler, I., Sulykos, I. (2010). Visual mismatch negativity to irrelevant changes is sensitive to task-relevant changes. *Neuropsychologia*, 48(5), 1277-1282.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135–168.
- Dunning, D. L., Holmes, J. (2014). Does working memory training promote the use of strategies on untrained working memory tasks? *Memory and Cognition*, 42(6), 854-862.
- Dyson, B. J., Alain, C., He, Y. (2005). Effect of visual attentional load on auditory scene analysis. *Cognitive Affective and Behavioral Neuroscience*, 5(3), 319-338.
- Han, S. W., Kim, M.-S. (2009). Do the contents of working memory capture attention? Yes, but cognitive control matters. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35(5), 1292–1302.
- Havik, M., Jakobson, A., Tamm, M., Paaver, M., Konstabel, K., Uusberg, A., ... & Kreegipuu, K. (2012). Links between self-reported and laboratory behavioral impulsivity. *Scandinavian Journal of Psychology*, 53(3), 216-223.

- Hugdahl, K. (2011). Fifty years of dichotic listening research – Still going and going and....  
*Brain and Cognition*, 76(2), 211–213.
- Juvina, I., Taatgen, N. A. (2007). Modeling control strategies in the n-back task. In  
*Proceedings of the Eight International Conference of Cognitive Modeling* (pp.73-78).  
Psychology Press.
- Kane, M. J., Conway, A. R. A., Miura, T. K., 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.
- Klemen, J., Büchel, C., Bühler, M., Menz, M. M., Rose, M. (2009). Auditory working  
memory load impairs visual ventral stream processing: toward a unified model of  
attentional load. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(3), 437-446.
- Lavie, N., De Fockert, J. (2005). The role of working memory in attentional capture.  
*Psychonomic Bulletin and Review*, 12(4), 669-674.
- Matthijssen, S. J. M. A., Verhoeven, L. C. M, Hout, M. A., Heitland, I. (2017). Auditory and  
visual memories in PTSD patients targeted with eye movements and counting: the  
effect of modality-specific loading of working memory. *Frontiers in Psychology*, 8.
- Morrison, A., Chein, J. M. (2011). Does working memory training work? The promise and  
challenges of enhancing cognition by training working memory. *Psychonomic  
Bulletin and Review*, 18, 46-60.
- Muller-Gass, A., Stelmack, R. M., Campbell, K. B. (2006). The effect of visual task difficulty  
and attentional direction on the detection of acoustic change as indexed by the  
mismatch negativity. *Brain Research*, 1078(1), 112-130.
- Näätänen, R. (1992). *Attention and Brain Function*. Psychology Press.
- Näätänen, R., Kujala, T., Light, G. (2019). *Mismatch negativity: a window to the brain*.  
Oxford University Press.
- Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: data and theory. *Psychological  
Bulletin*, 116(2), 220-244.
- Pokk, A. (2021). *Töömälu mahu seosed reaktsioonikiiruse ja reaktsiooni pidurduskiirusega  
valikreaktsioonija ja stopp-signaali ülesannete näitel*. Uurimistö. Tartu Ülikool,  
psühholoogia instituut.
- Raidvee, A., Lember, J., Allik, J. (2017). Discrimination of numerical proportions: A  
comparison of binomial and Gaussian models. *Attention Perception & Psychophysics*,  
79(1), 267–282.

- Ralph, J. (2014). *Statistical manipulation and control strategies of the n-back task*. Doctoral thesis. Rensselaer Polytechnic Institute.
- Razali, N. M., Wah, Y. B. (2011). Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2(1), 21-33.
- Redick, T. S., Lindsey, D. R. B. (2013). Complex span and n-back measures of working memory: a meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(6), 1102–1113.
- Restuccia, D., Marca, G. D., Marra, C., Rubino, M., Valeriani, M. (2005). Attentional load of the primary task influences the frontal but not the temporal generators of mismatch negativity. *Cognitive Brain Research*, 25(3), 819-899.
- Saar. (2016). *Automatic processing of visual information dependent on stimulus category, processing mode and task load*. Magistritöö. Tartu Ülikool, psühholoogia instituut.
- Sams, M., Paavilainen, P., Alho, K., Näätänen, R. (1985). Auditory frequency discrimination and event-related potentials. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology: Evoked Potentials*, 62(6), 437–448.
- SanMiguel, I., Corral, M.-J., Escera, C. (2008). When loading working memory reduces distraction: behavioral and electrophysiological evidence from an auditory-visual distraction paradigm. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(7), 1131-1145.
- Schorr, D., Balzano, G., Smith, E. E. (1978). Selective interference between imagery and perception: is it modality specific or relation specific? *Bulletin of the Psychonomic Society*, 12(6), 419-422.
- Schröger, E., Wolff, C. (1998). Behavioral and electrophysiological effects of task-irrelevant sound change: A new distraction paradigm. *Cognitive Brain Research*, 7(1), 71–87.
- Simonson, E., Brožek, J. (1952). Flicker fusion frequency: background and applications. *Physiological Reviews*, 32, 349–378.
- Stephan, D. N., Koch, I. (2016). Modality-specific effects on crosstalk in task switching: evidence from modality compatibility using bimodal stimulation. *Psychological Research*, 80, 935-943.
- Sultson, H., Vainik, U., & Kreegipuu, K. (2019). Hunger enhances automatic processing of food and non-food stimuli: A visual mismatch negativity study. *Appetite*, 133, 324–336.
- Uutma, M. (2015). *Töömälu ülesande soorituse seos taustal esinevate stiimulite ja ülesande sooritamise strateegiaga*. Uurimistöö. Tartu Ülikool, psühholoogia instituut.

- Wang, H., He, W., Wu, J., Zhang, J., Jin, Z., Li, L. (2019). A coordinate-based meta-analysis of the n-back working memory paradigm using activation likelihood estimation. *Brain and Cognition*, *132*, 1–12.
- Waris, O., Jylkkä, J., Fellman, D., Laine, M. (2021). Spontaneous strategy use during a working memory updating task. *Acta Psychologica*, *212*, 103211.
- Wiens, S., Berlekom, E., Szychowska, M., Eklund, R. (2019). Visual perceptual load does not affect the frequency mismatch negativity. *Frontiers in Psychology*, *10*.

*Käesolevaga kinnitan, et olen korrektselt viidanud kõigile oma töös kasutatud teiste autorite poolt loodud kirjalikele töödele, lausetele, mõtetele, ideedele või andmetele.*

*Olen nõus oma töö avaldamisega Tartu Ülikooli digitaalarhiivis DSpace.*

*Kaisa Schiffer*