



HONOURS

Onderzoekspapers van
het Pre-U Honoursprogramma

Volume 5 | Lichting 2022 - 2024

**UNIVERSITY
OF TWENTE.**

Pre-University

Inhoudsopgave

N. Akcakus et al. "The short-term effects of sleep deprivation on alertness among adolescent girls (15-19 years old) using the psychomotor vigilance test"	6
A. Aktas, T. Overbeek et al. "Het effect van een geordend klaslokaal ten opzichte van een niet geordend klaslokaal op het concentratievermogen van bovenbouw scholieren op havo/vwo"	15
R.D. Berendsen, A.M. Crielaard et al. "Het verschil tussen de functie van een acceleratiemeter als computermuis en een infraroodmuis op plexiglas"	25
K. Boer, S.A. van de Streek et al. "Wat is het effect van de hoeveelheid ingenomen magnesium in een week op stress bij jongeren van 16 en 17 jaar?"	35
N. Boukachchaba, J. Walda et al. "De correlatie tussen de recidive van gedetineerde mannen en de duur van gevangenisstraffen bij vermogensdelicten in Nederland"	44
J.G. Brand, D. ter Laak, L. Mulder et al. "Twee methodes vergeleken op het gebied van de kwaliteit van het schoonmaakproces van sigarettenfilters"	57
M. Diele, Z. Kooi et al. "Bij welke verhouding paardenmest/GFE-afval komt bij compostering in een biomeiler de meeste energie vrij in de vorm van warmte?"	67
L.M.N Goselink, G.S. Moelard et al. "Het effect van White Noise op het concentratievermogen van havo/vwo scholieren van 11 t/m 13 jaar"	78
J. Groeneveld, M. Kruiper et al. "De invloed van ademhalingsoefeningen op het concentratievermogen van 4-,5- en 6VWO leerlingen"	87
W.H. Haverkort, C.J. Quinten et al. "Het effect van koud afdouchen na elke reguliere douchebeurt voor vijf weken op het concentratievermogen van Vwo-leerlingen tussen de 16 en 18 jaar"	95
M.V. van Klaarbergen, S. te Walvaart et al. "De invloed van dextrose opgelost in water op de hartslagfrequentie en de bloeddruk bij vrouwen van 15 tot en met 18 jaar"	105
A. Oosterlee, K.A. Rebergen et al. "Het verschil in beoordeling van de betrouwbaarheid van een gezicht op basis van een eerste indruk tussen mannen en vrouwen bij leerlingen uit de vierde klas van OSG Het Erasmus"	112
J.J. de Vries, T. Tola et al. "De invloed van een rode en groene achtergrondkleur op het vermogen tot woordjes leren van brugklassers met een havo/vwo niveau"	118

Voorwoord

De vijfde editie van het journal met wetenschappelijke papers van Pre-U honoursleerlingen is een feit en dat voelt toch een beetje als een lustrum. Deze vijfde editie bevat de papers die de zevende lichting van het Pre-U Honoursprogramma na anderhalf jaar heeft afgerond. In de zevende lichting deden voor het eerst leerlingen mee in twee tracks, namelijk de Academic track en de Specialise track. In beide tracks hebben de leerlingen een onderzoek uitgevoerd en mochten zij daarover een paper schrijven. In dit boekwerk van academici in de dop vind je zeer uiteenlopende onderwerpen, maar voor alle auteurs geldt dat zij een connectie met wetenschap hebben gelegd.

Connectie met wetenschap begint vaak al op jonge leeftijd, wanneer de verwondering over de wereld om ons heen het eerste zaadje van nieuwsgierigheid plant. Wetenschap is voor de getalenteerde honoursleerlingen tastbaar geworden door een eigen onderzoek op te zetten, discussies te voeren en de eerste onderzoeksresultaten te analyseren. De leerlingen hebben op wetenschappelijk vlak allemaal een intensief proces van leren doorgemaakt, waarbij zeer betrokken docenten en UT-studenten met begeleiding en feedback hun groei hebben bevorderd.

Na anderhalf jaar uitdaging en hard werken is er niet alleen een verbinding met wetenschap gelegd, leerlingen hebben ook verbindingen met elkaar gesmeed. Door klas- en schooloverstijgend samen te werken hebben de leerlingen waardevolle banden en vriendschappen opgebouwd. Met vallen en opstaan hebben ze samen geleerd hoe moeilijk het is om wetenschappelijk onderzoek te doen. Maar juist de gedeelde ervaringen maken het een onvergetelijk avontuur met als resultaat een paper waar de leerlingen trots op mogen zijn.

Met groot enthousiasme wens ik je heel veel leesplezier. Laat je verwonderen en inspireren door de bewonderenswaardige prestaties van de honoursleerlingen.

Laura Holsbeeke
Projectleider Pre-U Honoursprogramma

Colofon

Dit is een bundel van de papers die geschreven zijn door de studenten van het Pre-U Honoursprogramma, lichting 2022-2024. In het tweede jaar van het programma voerden zij in tweetallen (en soms drietallen) zelfstandig een onderzoek uit om een eigen onderzoeksvraag te beantwoorden. Daarover schreven zij een paper, dat gepeerreviewed is door medestudenten, UT-studenten en docenten van het Honoursprogramma. De ontvangen feedback is verwerkt en het eindresultaat is in deze bundel te lezen.

Jaar: 2024

Vormgeving:
Saskia Slump

The short-term effects of sleep deprivation on alertness among adolescent girls (15-19 years old) using the psychomotor vigilance test

N. Akcakus¹, W. Bottema², R. Kamperman², R. v. Lingen¹

¹ Carmel College Salland, Raalte

² Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - Welke invloed heeft een gebrek aan slaap op onze hersenen? Waarom zijn we meer afgeleid wanneer we weinig slapen? In dit paper worden de gevolgen van slaapttekort op aandacht beoordeeld, met een focus op neuro-imaging onderzoeken. Eerst wordt er gekeken naar de begrippen 'slaap' en 'slaapttekort'. Vervolgens beschrijft het paper de tools waarmee hersenscans worden gemaakt. Een van de meest gebruikte apparaten voor hersenscans bij patiënten met slaapttekort is fMRI. Het is daarom belangrijk om dit apparaat en de werking ervan goed te begrijpen. Dit doen we door de wiskundige aspecten van fMRI en de BOLD-methode te onderzoeken en kijken naar de hersenscans met en zonder slaapgebrek. Op de foto's zien wij dat gebieden in de hersenen verantwoordelijk voor cognitieve vaardigheden onder andere alertheid, anders eruitzien. Om te kijken of slaapgebrek de alertheid vermindert, is er een experiment opgezet. In het experiment wordt aan 7 meisjes (tussen 15 en 19 jaar zonder slaapproblemen) gevraagd om 24 uur wakker te blijven. Er worden metingen verricht voor en na het experiment om te onderzoeken of er een verandering heeft plaatsgevonden na een periode van 24 uur zonder slaap. Om de alertheid van deze meisjes op een objectieve manier te kunnen meten, wordt de psychomotor vigilance test (PVT) gebruikt. Deze test is eenvoudig en bestaat uit atonale intervallen waarop punten op het scherm verschijnen. Het doel is dat de persoon die de test uitvoert zo snel mogelijk op het getal klikt.

Uit dit experiment blijkt dat alle 7 personen lager hebben gescoord na 24 uur wakker te zijn gebleven. Dit resultaat komt overeen met het theoretisch kader van de paper. Op basis hiervan concludeert het onderzoek dat meisjes tussen 15 en 19 jaar minder alert zijn wanneer ze gedurende 24 uur niet slapen. Daarna wordt de validiteit van het onderzoek besproken. De resultaten onderstrepen het belang van voldoende slaap voor deze leeftijdsgroep en benadrukt de noodzaak van verdere onderzoeken om inzicht te krijgen in de specifieke mechanismen die ten grondslag liggen aan de verminderde alertheid na een periode van slaapgebrek.

1. Introduction

Sleep is a biological necessity. Even though not every action during sleep is known, it is a well-known fact that us humans can't go days without sleeping. Sleep optimizes the overall functioning of the individual. During sleep your muscles relax, your heart and breathing slow down, your body starts to repair itself and gets the rest it needs. A poor sleep schedule increases the risk of cardiovascular diseases, diabetes, obesity, and cancer. Maintaining good cognitive function also requires adequate sleep since sleeping improves decision-making, creativity and problem-solving. Lack of sleep can lower attentiveness and make it difficult to concentrate. In humans, the diurnal pattern of aspects of both peripheral cellular immune functions, e.g. natural killer cell cytotoxicity, and of cytokines, e.g. interleukin-1, are related to sleep. This suggests that sleeping is also necessary for a better immune system.

Looking at all the benefits of sleep, it is no surprise that being deprived from sleep can be harmful. Building an accurate understanding of how sleep deprivation affects the human brain is crucial for three main reasons. Firstly, from a neurobiological perspective, it is essential to identify sensitive and resilient brain networks and comprehend how sleep deprivation-induced changes explain unfavorable behavioral alterations. Secondly, understanding how associated sleep disruption relates to disorders is vital for disease treatment and prevention. Thirdly, on a societal level, this knowledge informs debates on sleep recommendations for public and professional health policies in the face of the prevalent sleep-loss epidemic in industrialized nations.

For optimal health, in adolescents (13–18 years), 8–10 h and in young adults (18–25 years), 7–9 h of sleep per night is recommended, with consistent bedtimes and wake-up time. Although the recommended sleep time is approximately 8 hours, most people, especially in today's education and business system sleep below this amount. Even more worrying, individuals

with busy lives sleep less than 6 hours a day and pull all-nighters. Sleep loss can change the brain functioning, for example, a reduction of dopamine D2 and D3 receptors.⁴ Furthermore, one night of sleep deprivation has been shown to disrupt functional connectivity in hippocampal circuits. Electroencephalography (EEG), functional magnetic resonance imaging (fMRI) and positron emission tomography (PET) are some of the methods to measure these changes in the brain. Functional magnetic resonance imaging employs advanced mathematical techniques for analyzing the impact of sleep deprivation on the human brain: the blood oxygen level-dependent (BOLD) signal, utilizing statistical methods like general linear models to identify brain regions with significant activation or deactivation. This paper looks at these medical machines, with emphasis on fMRI and explains the working of the BOLD contrast on the basis of its mathematical aspects.

The psychomotor vigilance task (PVT), a test assessing simple reaction time and the capacity to maintain attention, serves as a valuable tool for investigating the impact of sleep deprivation on performance. In this research the effects of one night's total sleep deprivation were examined using the Psychomotor Vigilance Task two times, 10 min duration each. 7 young female volunteers between the ages of 15 and 19 have followed a sleep routine of 7-9 hours per day for one week and during the 8th day underwent 24 hours of wakefulness. Their vigilance before and after sleep deprivation were compared to give an idea on how reaction time is affected by sleep deprivation. The research question of this study is: "How does a 24-hour period of sleep deprivation influence the alertness of adolescent females aged 15 to 19?"

The hypothesis states that short-term sleep deprivation will lead to reduced vigilance, and therefore, after the sleep deprivation, subjects will achieve higher scores than before on the psychomotor vigilance test, taking into account the fMRI,

EEG and PET studies that show changes in brain activity patterns with sleep deprivation

2. Stages of sleep

Human Sleep ensues in phases of around 90 minutes. The patterns of brain wave activity that occur during sleep can be used to identify each phase. By comparing the frequency and amplitude of the brain waves, it is possible to see these variations in brain wave activity using an EEG (electroencephalogram). Stages of sleep are divided into two main parts: non-REM sleep and REM (Rapid Eye Movement) sleep.

2.1 Non-REM sleep

Non-REM sleep is composed of four stages. Stage one occurs between wakefulness and sleep. During the stage one there is a slowdown in respiration rates and heartbeat rates. Stage one sleep decreases the overall muscle tension and core body temperature.

The second stage is light sleep, when heart rate and breathing regulate and body temperature drops. At this stage the body goes into deep relaxation. The rhythm of the brain waves may get interrupted by a rapid burst of higher frequency of brain waves. These are called sleep spindle and K-complex. A sleep spindle may be important for learning and memory. A K-complex is a pattern of brain activity that occur in response to environmental stimuli. It has a high amplitude.

The third and fourth stages are deep sleep. Several physiological processes, including muscle recovery, growth hormone release, tissue growth and repair take place during deep sleep stages. Individuals who have elevated alpha brain wave activity throughout stages 3 and 4 often report tiredness.

2.2 REM sleep

Fifth and the last stage is the rapid eye movement (REM) sleep. Dreaming and paralysis of voluntary muscles are characteristics of REM sleep. If people are deprived of REM sleep and then allowed to sleep without disturbance, they will spend more time in REM sleep in what would appear to be an effort to recoup the lost time in REM. This is called REM rebound. For years researches thought that REM sleep is the most important part of sleep. However, latest data suggests that non-REM sleep is more restful and restorative.

3. Sleep deprivation

Sleep deprivation is the condition of not having had enough sleep or of being prevented from having enough sleep, especially for several days or more. Although it seems uncommon, many people experience partial sleep deprivation. Partial sleep deprivation is defined as sleeping less than 6 hours a night. This causes in most cases an energy imbalance (figure 3). Research shows that students of majors with heavy work load, such as medicine, architecture, pharmacy sleep under recommended amount. According to the Institute of Medicine, between 50 and 70 million adult Americans suffer from a chronic difficulty sleeping that negatively impacts their health. These numbers underline how common sleep deprivation is in today's world.

Sleep deprivation not only leads to problems for the individual, such as reduced dopamine release, fatigue and hormonal imbalances, but also poses a serious threat to other lives.

The impact of sleep deficiency on neurons heightens the risk of accidents caused by human error. Among these incidents, motor accidents stand out prominently, with studies indicating that crashes related to sleepiness exhibit fatality rates and injury severity comparable to those associated with alcohol-related accidents. Another research demonstrates psychomotor deficits brought on by sleep loss are comparable to those brought on by drinking alcohol at or above the legal limit.

Three persons underwent ninety hours of wakefulness in the first study on the effects of sleep deprivation on human cognitive performance that was published in 1896. However, investigating sleep deprivation on individuals for more than three days is considered no longer ethical, and hence similar studies on people are no longer conducted.

According to the sleep medicine book *Sleep Disorders and Sleep Deprivation: An Unmet Public Health Problem the following (table 1) factors contribute to sleep deprivation and disruption.*

A review of the literature reveals three general types of studies: partial sleep deprivation studies (sleep restriction to <7 hours/24 hours), short-term total sleep deprivation studies (≤ 45 hours) and long-term total sleep deprivation studies (>45 hours). Cognitive function, motor performance, and mood are three types of measurements often employed in sleep deprivation studies.

3.1 Short-term sleep deprivation

The majority of published sleep deprivation studies are on short-term sleep deprivation. Short-term sleep deprivation is mostly studied with 24h or 36h wakefulness. This amount of wakefulness will lead to significant differences on the human body. These differences are shown to be temporary and hence the body will catch up on its regular functioning.¹⁵ Thus, in general, a 24-hour sleep deprivation won't have a lasting impact on your health, but it will have several negative short-term effects. In most cases short-term sleep deprivation causes decrease in attentiveness, increase in stress level and worsen mood-swings. During sleep deprivation, cognitive performance has been attributed primarily to attentional lapses and brief periods of inattentiveness.

A biological clock found in the hypothalamic suprachiasmatic nuclei (SCN) controls both wakefulness and sleep. The biological clock regulates waking behavior in addition to making the body go to sleep and wake up. This is reflected in sleepiness and cognitive performance, leading to circadian rhythmicity in all neurobehavioral variables studied. Sleep-wake homeostasis monitors your sleepiness. The body is reminded to go to sleep after a specific period by the homeostatic sleep drive, which also controls the duration of sleep. After a period of sleep deprivation, this sleep urge intensifies with each hour you are awake and causes you to sleep longer and deeper.

3.2 Long-term sleep deprivation

Most people are able to withstand a single night's sleep deprivation, although some mild discomfort may be experienced. 24 hours sleep deprivation leads to deterioration of precise movements but does not change behavior. After the wakefulness period exceeds approximately 40 hours, individuals' symptoms become serious and begin to hinder the

brain functioning. The brain actively works all the hours during wakefulness, therefore after certain time sleep neurons start to get tired. If the neurons cannot function properly, this has an impact on performance of the individual. Performing tasks that require concentration and computing power may be hampered, especially if the tasks are boring and repetitive. The subjects become irritated and rude when there is a disagreement. During the early morning hours, the subjects experience an overwhelming need for sleep. Staying awake is only possible with the help of the observers who wake the volunteers up if necessary. After approximately 80 hours prolonged micro-sleep periods occur: the subjects pause their activities and stare into space; the delta waves are included in the EEG output even when the person is awake. Delta waves are the slowest recorded brain waves in humans and they are related with the most profound levels of relaxation and restorative sleep. Subjects develop symptoms of depersonalization and are no longer able to interpret reality after 6 days, so called sleep deprivation psychosis. The syndrome usually disappears after sufficient sleep, but can be permanent.

4. Measuring brain activity

4.1 Functional magnetic resonance imaging (fMRI)

Magnetic resonance imaging (MRI) is a well accepted technique to reveal the brain structural connectivity with a relatively high spatial resolution. fMRI creates detailed brain images using magnetic fields and radio waves. In order to understand how fMRI works it is necessary to first discuss brain metabolism. Adenosine triphosphate (ATP) is necessary for all of the neural signaling processes that occur in the brain. ATP is generally produced by the mitochondria from glycolytic oxygenation of glucose. This production results in carbon dioxide as a byproduct. When one performs a cognitive task, such as finger tapping, a region of the brain is activated. For this activation brain performs processes which need energy. That region of the brain has now a locally increased energy requirement, leading to an increased cerebral metabolic rate of oxygen in the affected brain region. This results in a localized increase in deoxygenated hemoglobin. To fulfill the demand for an extra oxygen, nearby blood vessels dilate. This causes an increase in local blood flow. The incoming blood is oxygenated, reducing the concentration of deoxygenated hemoglobin and causing an increased BOLD signal. There are two primary consequences of increased neural activity: increased local cerebral blood flow (CBF) and changes in oxygenation concentration.

Again, due to its high spatial resolution fMRI is a common neuroimaging technique in the study of sleep disorders. Sleep deprivation studies with fMRI often use BOLD contrast. This is particularly useful for examining localized changes in brain regions associated with certain cognitive processes (such as attention and working memory) affected by sleep deprivation. In studies the participants are divided in two groups: sleep deprived group (SDG) and the control group (CG). Functional imaging using BOLD contrast is based on the theory that the signal changes observed are strongly correlated with underlying neuronal activity. Resting-state fMRI focuses on spontaneous low frequency fluctuations (<0.1 Hz) in the BOLD signal. These fluctuations can identify minor changes in cognitive, language and motor tasks such as finger tapping.

There are various fMRI techniques, such as real-time fMRI,

task-based fMRI and resting-state fMRI. Real-time fMRI (rt-fMRI) allows researchers to observe brain activity instantly in the form of visual or auditory feedback. This technology can potentially be used in therapeutic interventions such as neurofeedback, treating depression. Resting-state fMRI measures brain activity while a person is at rest. This allows determining the functional connectivity between brain regions and detecting changes in brain activity due to neurological disorders. When studying cognitive functions fMRI is mostly used for mapping brain activity (figure 4). This application shows active regions of the brain during a specific task or stimuli.

These maps help researchers comprehend a patient's brain connectivity—the relationships and interactions between various brain regions. Researchers can learn more about how the brain processes information pertaining to vision, attention, memory, language, decision-making, and other cognitive processes by using fMRI to monitor brain activity during particular cognitive activities.

In 1995 Biswal et al did a fMRI study where they told the subjects not to perform any cognitive tasks. The authors identified a activated region in the left somatosensory cortex while the same subjects performed bilateral finger tapping. This concluded that correlation of low frequency fluctuations is a demonstration of functional connectivity of the brain.

In 2012, a resting-state fMRI study revealed significant variations in brain regional homogeneity following regular sleep and sleep deprivation. The findings indicated pronounced distinctions in the brain regional homogeneity between the male sleep-deprived (SD) group and the female SD group. Likewise, other resting fMRI investigations, have consistently highlighted disparities in results between male and female participants, emphasizing the need for gender-specific considerations. As a result, this study has opted to focus exclusively on one gender—female. This deliberate choice aims to provide a more nuanced examination of alertness in young females between the ages of 15 to 19.

BOLD contrast results from changing regional blood concentrations of oxy- and deoxy-hemoglobin. Brain regions with more oxyhemoglobin have higher signal and appear brighter than brain regions containing deoxyhemoglobin. Oxyhemoglobin is weakly diamagnetic since it lacks unpaired electrons. Four unpaired electrons are exposed in each iron center when oxygen is released to form deoxyhemoglobin, which makes the molecule strongly paramagnetic.

The BOLD contrast relies on the principle of intravoxel phase dispersion of water proton spins, influenced by local magnetic fields generated by deoxyhemoglobin-containing blood vessels. To capture this effect, the anticipated signal reduction due to phase dispersion within a voxel containing an array of blood vessels is calculated numerically. Each image voxel is envisioned as a collection of smaller cubic compartments, with each unit housing a single blood vessel represented as a straight cylinder filled with blood. This cylinder runs through the center of two parallel surfaces on opposite sides of the cube. The size of each compartment is determined by specific values for cylinder radius (a) and blood volume fraction (b), ensuring that the edge dimension of the cube (L) adheres to the specified relationship:

$$b = \frac{V_{cylinder}}{V_{compartment}} = \frac{\pi a^2 L}{L^3}$$

The way water molecules in each small cube lose their signal depends on the changes in the local magnetic field, influenced by the vessel's orientation and the difference in volume susceptibility ($\Delta\chi$) between the blood in the cylinder and the surrounding tissue. The spatial variation of the induced magnetic field (ω_b) concerning the field far from the vessel, specifically along the direction of the applied magnetic field, is described by:

Outside the cylinder:

$$\omega_b = 2\pi\Delta\chi (1 - Y) \omega_0 \sin^2(\theta) \left(\frac{a}{r}\right)^2 \cos^2(2\phi),$$

Inside the cylinder:

$$\omega_b = 2\pi\Delta\chi (1 - Y) \omega_0 (3 \cos^2(\theta) - 1)/3.$$

Where ω_0 is the main magnetic field, $(1 - Y)$ is the degree of deoxygenation of blood, θ is the angle between the applied magnetic field B_0 and the cylinder axis, a is the cylinder radius, r is the distance between the point of interest and the cylinder's cross-section in the plane normal to the cylinder and ϕ is the angle between vector r and the component of B_0 in the plane. This relationship is shown in figure 5. Using this model S. Ogawa et al⁴⁵ discovered the primary form of fMRI.

Drummond et al did a fMRI study to examine the effects of total sleep deprivation on verbal learning and divided attention. They saw significantly decreased activation in the bilateral prefrontal cortex and parietal lobes. In the study, the 13 fMRI results were overlayed onto the mean anatomical image from the 13 participants, yellow showing the most intense activation and red the least intense. The strong link observed between lower levels of memory impairment and heightened activation in the bilateral parietal lobes after total sleep deprivation suggests that the potential deficit in temporal lobe engagement might be offset by mobilizing the parietal lobes. This implies a vulnerability of brain regions associated with working memory and arithmetic to the effects of total sleep deprivation.

4.2 Electroencephalography (EEG)

Electroencephalography (EEG) measures the brain's electric fields. Voltage potentials originating from current flow in and around neurons are recorded by electrodes applied to the scalp. EEG is unable to directly show structural relationships. It is used to calculate effective and functional connectivity. Shorter time scales allow for the estimation of connection because EEG has a higher temporal resolution than MRI. EEG studies have demonstrated that increases in EEG theta activity associated with sleep deprivation are most evident in frontal brain regions.

4.3 Positron emission tomography (PET)

Neuroimaging studies using PET scans reveal reduced metabolism in the prefrontal cortex (PFC) during periods of sleep deprivation. This heightened susceptibility of the PFC to the effects of sleep loss has led to the hypothesis that activities involving the PFC, particularly tasks related to executive function, are significantly impacted by insufficient sleep. fMRI and EEG are two widely employed techniques for examining changes in brain activity. By combining fMRI with other

imaging methods like EEG or PET, researchers gain a more comprehensive understanding of brain activity, allowing them to explore both the spatial and temporal dynamics of brain function.

5. Psychomotor Vigilance Test (PVT)

In the morning, your body releases hormones that promote alertness, which helps you wake up. Two key hormones involved in the sleep-wake cycle and alertness are cortisol and melatonin. Your body's hormonal balance, particularly cortisol and melatonin, might be disrupted if you don't get enough sleep. This disruption can cause problems falling asleep and staying asleep, as well as increased stress and exhaustion. This decrease in alertness can be measured with a simple test called the psychomotor vigilance test.

A popular tool for assessing behavioral alertness is the psychomotor vigilance test (PVT), which is widely used because of its high sensitivity to sleep deprivation. The PVT also has negligible aptitude and learning effects. A 10-minute PVT measures sustained or vigilant attention by recording response times (RTs) to visual (or auditory) stimuli that occur at random inter-stimulus intervals. To recognize randomly occurring stimuli, the PVT requires continuous attention. Such basic yet attention-demanding activities have been shown to be reliable, valid, and sensitive indicators of sleep deprivation, implying that attentional brain systems are among the most vulnerable to sleep deprivation.²⁶

PVT performance is also valid in real-world situations, reflecting actual risks in addition to being effective for sleep-deprived individuals. This is because sustained attention deficits and delayed reactions negatively impact many operational tasks, particularly those that require work-paced or timely responses. Staying alert is vital for safety in transportation, security tasks, and many industrial activities.

6. Objective

This study investigates the impact of 24 hours of sleep deprivation on the psychomotor vigilance and alertness of adolescent females aged 15 to 19.

7. Methods

During the 24 hours of wakefulness, the subjects did not take caffeine because of caffeine's potential influence on cognitive performance. Because EEG is not allowed to be used in this study and therefore their brain waves could not be measured. To guarantee that the subjects did not get any sleep during the 24 hours, the subjects were under the supervision of the examiner during the entire period.

All subjects spent 24 hours with the examiner, engaging in various activities together such as walking outside, having a meal, and engaging in conversation. Throughout the night, from 12 am to 8 am, the subjects were given the option to choose from the following activities: playing a board game, cooking or baking, cleaning the house, going out for a walk.

After a subject has completed their 24th hour of wakefulness, they all went through a 10-minute psychomotor vigilance test using visual stimuli due to its proven high reliability.

Test duration is an important aspect of the PVT because even subjects with severe sleep deprivation can perform normally for a short time by increasing compensatory effort. To enhance precision, each subject used the same test application that has inter-stimulus intervals of 2–10 seconds within the standard 10-minute PVT duration. Additionally, a 1-second feedback period followed each stimulus, displaying the reaction time to the last stimulus.

All participants received the same instructions for the test: “You will see numbers appear on the phone screen; try to tap the screen as soon as you see a number.” Following the instructions, each participant underwent a 30-second demonstration test to familiarize themselves with the test procedure. They all completed the test on the same mobile phone to eliminate the risk of one phone having reduced motion compared to another. All subjects completed the whole study well.

8. Results

In investigating individual performance, subjects were assigned unique numbers based on age (the youngest getting the lowest number and so on) for a more targeted analysis. In this test the average reaction time, false positives, fastest, and slowest reaction times were measured with psychomotor vigilance test.

- Average reaction time: the value that results when all reaction times within 10 minutes are added together in milliseconds and divided by the total number of numbers that were visible on the screen during these 10 minutes.
- False positives: responding when no stimulus is presented.
- Fastest reaction time: the fastest the subject has reacted on a stimulus during the test.
- Slowest reaction time: the slowest the subject has reacted on a stimulus during the test.

Looking at the graph on the average reaction time (Figure 7) and the results in Tables 2 and 3, we see that all participants scored higher after sleep deprivation than before. All participants made either the same amount of errors or more, referred to as false positives, after 24 hours of wakefulness. The results from the fastest and slowest reaction times (Figures 9,10 and Tables 2,3) weren't always consistent. For instance, Participant f-7 had a lower slowest reaction time after a day of sleep deprivation.

To control the validation of the results, paired t-test (one sided) was used with $\alpha < 0,05$ as significant difference. The T-test results are as followed: 0,000664942 for average reaction time, 0,022628133 for false positives, 0,339841236 for the fastest reaction time and 0,040725501 for the slowest reaction time. The t-test results and the figures (7,8,9,10) show that there is a significant difference in how the subjects have scored on the PVT before sleep deprivation and after sleep deprivation, with the exception of the fastest reaction time. The small number of participants is a discussion point for the validity of the experiment, but since the t-test results of the average reaction time (0,000664942) is so far away from 0,05 it eliminates the

chance of a coincidence.

9. Conclusion

Results from the PVT show that one night of sleep deprivation influences performance on the alertness on the young females aged between 15 to 19 by an increase in average response time and response errors (false positives). In summary, analysis of reaction times, error rates and statistical significance using paired t-tests underlines the impact of sleep deprivation on alertness in young women aged 15 to 19 years, highlighting the importance of adequate sleep for optimal cognitive performance in this group .

10. Discussion

The study focused on the impact of 24 hours of sleep deprivation on psychomotor vigilance and alertness in adolescent females aged 15 to 19. The chosen age group ensures a more homogeneous sample in terms of developmental stages. The study's small sample size (seven participants) is a limitation, and the generalizability of the findings may be limited. Future research with a larger and more diverse sample could enhance the external validity.

It was objectively confirmed that there was (almost) no sleep at all during the sleep-deprived night, and it is thus certain that the subjects were indeed experiencing 24 hours of wakefulness when they were submitted to a reaction time test (PVT). The use of the PVT, a well-established tool with high sensitivity to sleep deprivation, enhances the validity of measuring alertness.

The average reaction time increased significantly after 24 hours of sleep deprivation, indicating a negative impact on psychomotor vigilance. False positives also increased after sleep deprivation, emphasizing the decline in attention and the occurrence of errors. The fastest and slowest reaction times showed variable results, suggesting that certain aspects of performance may be affected differently. The findings suggest that even a short duration of sleep deprivation can negatively impact cognitive performance in adolescent females.

The absence of caffeine use during the study aimed at eliminating potential cognitive performance confounders, but it may also limit the generalizability of findings to real-world scenarios where caffeine consumption is common.

Future studies could explore the duration and intensity of sleep deprivation, examining if there is a threshold beyond which cognitive performance is irreversibly affected. Investigating the impact of sleep deprivation on different age groups and genders would contribute to a more comprehensive understanding of its effects.

In conclusion, the study successfully demonstrated the negative impact of 24 hours of sleep deprivation on psychomotor vigilance and alertness in adolescent females. While acknowledging the limitations, the findings contribute valuable insights to the broader discussion on the importance of sleep for cognitive performance, especially in young populations. Further research can build on these findings to develop practical interventions and recommendations for individuals and institutions aiming to optimize cognitive functioning.

11. Bibliography

- Friedrich, A., & Schlarb, A. (2017). Let's talk about sleep: a systematic review of psychological interventions to improve sleep in college students. *Journal of Sleep Research*, 27(1), 4–22.
- Nagai, M., Hoshida, S., & Kario, K. (2010). Sleep duration as a risk factor for cardiovascular disease- a review of the recent literature. *Current cardiology reviews*, 6(1), 54–61.
- Moldofsky H. (1995). Sleep and the immune system. *International journal of immunopharmacology*, 17(8), 649–654.
- Krause, A. J., Simon, E. B., Mander, B. A., Greer, S. M., Saletin, J. M., Goldstein-Pickarski, A. N., & Walker, M. P. (2017). The sleep-deprived human brain. *Nature reviews. Neuroscience*, 18(7), 404–418.
- Chaput, J. P., Dutil, C., & Sampasa-Kanyinga, H. (2018). Sleeping hours: what is the ideal number and how does age impact this?. *Nature and science of sleep*, 10, 421–430.
- Yoo, SS., Hu, P., Gujar, N. et al. A deficit in the ability to form new human memories without sleep. *Nat Neurosci* 10, 385–392 (2007)
- Lautenbacher, S., Kundermann, B., & Krieg, J. (2006). Sleep deprivation and pain perception. *Sleep Medicine Reviews*, 10(5), 357–369.
- Fogel, S., & Smith, C. (2011). The function of the sleep spindle: A physiological index of intelligence and a mechanism for sleep-dependent memory consolidation. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 35(5), 1154–1165.
- Johnson, D. A., & Czeisler, C. A. (2022b). Components of normal human sleep. (pp. 1–12).
- Stone, K. C., Taylor, D. J., McCrae, C. S., Kalsekar, A., & Lichstein, K. L. (2008). Nonrestorative sleep. *Sleep Medicine Reviews*, 12(4), 275–288.
- Fraigne, J. J., Torontali, Z. A., Snow, M. B., & Peever, J. H. (2015). REM Sleep at its Core - Circuits, Neurotransmitters, and Pathophysiology. *Frontiers in neurology*, 6, 123.
- OpenStaxCollege. (2014, February 14). Stages of sleep.
- De Andrés, I. T., Garzón, M., (2011b). Functional anatomy of non-REM sleep.
- Cambridge University Press & Assessment 2023. (2023). sleep deprivation.
- Patrick, Y., Lee, A., Raha, O., Pillai, K. D., Gupta, S., Sethi, S., Mukeshimana, F., Gerard, L., Moghal, M., Saleh, S. N., Smith, S., Morrell, M. J., & Moss, J. (2017). Effects of sleep deprivation on cognitive and physical performance in university students. *Sleep and Biological Rhythms*, 15(3), 217–225. 5
- HR Colten, Sleep disorders and sleep deprivation: an unmet public health problem.
- Volkow, N. D., Tomasi, D., Wang, G., Telang, F., Fowler, J. S., Logan, J., Benveniste, H., Kim, R., Thanos, P. K., & Ferré, S. (2012). Evidence that sleep deprivation downregulates dopamine D2R in ventral striatum in the human brain. *The Journal of Neuroscience*, 32(19), 6711–6717.
- Kim, T. W., Jeong, J., & Hong, S. C. (2015). The impact of sleep and circadian disturbance on hormones and metabolism. *International Journal of Endocrinology*, 2015, 1–9.
- Knipling, RR.; Wang, JS. Research note. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration; 1994 Nov. Crashes and fatalities related to driver drowsiness/fatigue.
- Dawson D, Reid K. Fatigue, alcohol and performance impairment. *Nature*. 1997; 388(6639):235.
- Patrick GT, Gilbert JA. On the effects of loss of sleep. *Psychol Rev*. 1896; 3:469–483.
- Sleep Disorders and Sleep Deprivation: An Unmet Public Health Problem
- Medic, G., Wille, M., & Hemels, M. (2017). Short- and long-term health consequences of sleep disruption. *Nature and Science of Sleep*, Volume 9, 151–161. <https://doi.org/10.2147/nss.s134864>
- Alhola, P. (2007b, October 1). Sleep deprivation: Impact on cognitive performance. PubMed Central (PMC).
- Van Drunen, R., & Eckel-Mahan, K. (2021). Circadian Rhythms of the Hypothalamus: From Function to Physiology. *Clocks & sleep*, 3(1), 189–226.
- Goel, N., Rao, H., Durmer, J. S., & Dinges, D. F. (2009). Neurocognitive consequences of sleep deprivation. *Seminars in neurology*, 29(4), 320–339.
- Eugene, A. R., & Masiak, J. (2015). The Neuroprotective Aspects of Sleep. *MEDtube science*, 3(1), 35–40.
- Brown, R. E., Basheer, R. (2012). Control of sleep and wakefulness. *Physiological Reviews*, 92(3).
- Surawicz, B., & Knilans, T. K. (2008). Chou's electrocardiography in clinical practice: Adult and Pediatric. Saunders. (pp. 481–508).
- Waters, F., Chiu, V., Atkinson, A., & Blom, J. D. (2018). Severe sleep deprivation causes hallucinations and a gradual progression toward psychosis with increasing time awake.
- Clayden J. D. (2013). Imaging connectivity: MRI and the structural networks of the brain. *Functional neurology*, 28(3), 197–203.
10. Roland PE. Brain activation. New York: John Wiley & Sons; 1993.
- Buxton R, Frank L. A model for the coupling between cerebral blood flow and oxygen metabolism during neural stimulation. *J Cereb Blood Flow Metab*. 1997;17:64.
- Gauthier, C., & Fan, A. P. (2019). BOLD signal physiology: Models and applications. *NeuroImage*, 187, 116–127
- Yen, C., Lin, C. L., & Chiang, M. C. (2023). Exploring the Frontiers of Neuroimaging: A Review of Recent Advances in Understanding Brain Functioning and Disorders. *Life (Basel, Switzerland)*, 13(7), 1472. Ebrahimzadeh E., Saharkhiz S., Rajabion L., Oskouei H.B., Seraji M., Fayaz F., Saliminia S., Sadjadi S.M., Soltanian-Zadeh H. Simultaneous electroencephalography-functional magnetic resonance imaging for assessment of human brain function. *Front. Syst. Neurosci*. 2022;16:934266.
- Yen C., Chiang M.C. Examining the effect of online advertisement cues on human responses using eye-tracking, EEG, and MRI. *Behav. Brain Res*. 2021;402:113128.
- Biswal, B., Yetkin, F. Z., Haughton, V. M., & Hyde, J. S. (1995). Functional connectivity in the motor cortex of resting human brain using echo-planar MRI. *Magnetic resonance in medicine*, 34(4), 537–541.
- Dai, X. J., Gong, H. H., Wang, Y. X., Zhou, F. Q., Min, Y. J., Zhao, F., Wang, S. Y., Liu, B. X., & Xiao, X. Z. (2012). Gender differences in brain regional homogeneity of healthy subjects after normal sleep and after sleep deprivation: a resting-state fMRI study. *Sleep medicine*, 13(6), 720–727.
- Seseke, S., Baudewig, J., Kallenberg, K., Ringert, R., Seseke, F., & Dechent, P. (2008). Gender differences in volun-

tary micturition control — An fMRI study. *NeuroImage*, 43(2), 183–191. 4

Koch, K., Pauly, K., Kellermann, T., Seiferth, N., Reske, M., Backes, V., Stöcker, T., Shah, N. J., Amunts, K., Kircher, T., Schneider, F., & Habel, U. (2007). Gender differences in the cognitive control of emotion: An fMRI study. *Neuropsychologia*, 45(12), 2744–2754.

Drummond, S. P. (2001). The effects of total sleep deprivation on cerebral responses to cognitive performance. *Neuropsychopharmacology*, 25(5), S68–S73

Finelli, L. A., Baumann, H., Borbély, A. A., & Achermann, P. (2000). Dual electroencephalogram markers of human sleep homeostasis: correlation between theta activity in waking and slow-wave activity in sleep. *Neuroscience*, 101(3), 523–529

Gross J. Magnetoencephalography in Cognitive Neuroscience: A Primer. *Neuron*. 2019;104:189–204.

Lim J, et al. Sleep deprivation and vigilant attention. *Ann N Y Acad Sci*. 2008;1129:305–322.

Basner M, & Dinges DF (2011). Maximizing sensitivity of the Psychomotor Vigilance Test (PVT) to sleep loss. *Sleep*, 34(5), 581–591.

12. Figures

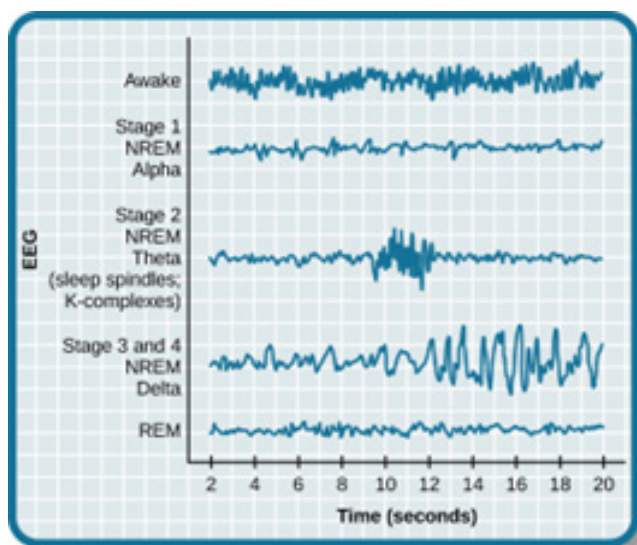


Figure 1 - characteristics of sleep phases on EEG of a healthy person

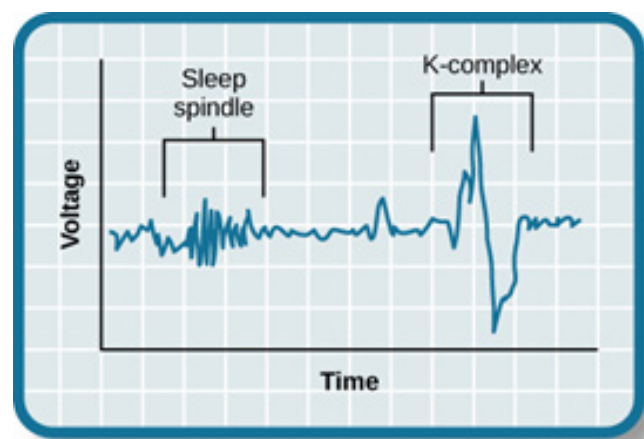


Figure 2 - Stage 2 sleep is characterized by the appearance of both sleep spindles and K-complexes.

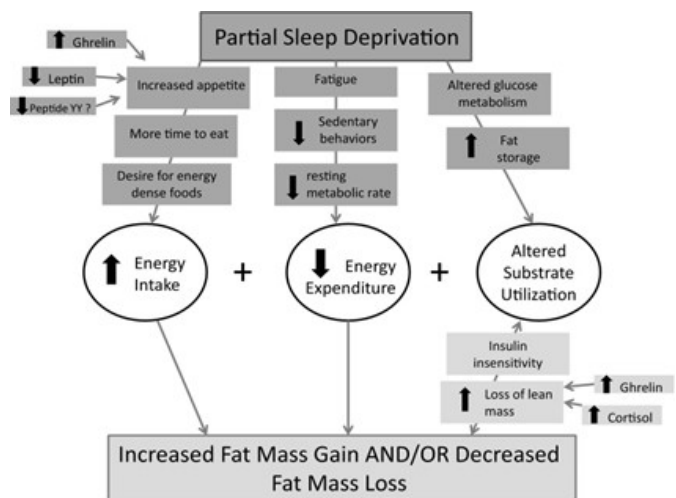


Figure 3 Potential pathways by which partial sleep deprivation affects body weight regulation.

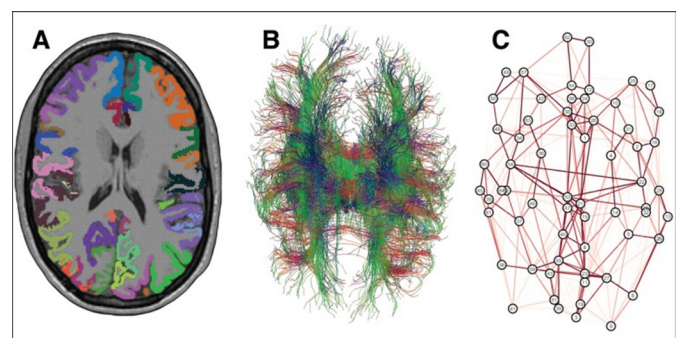
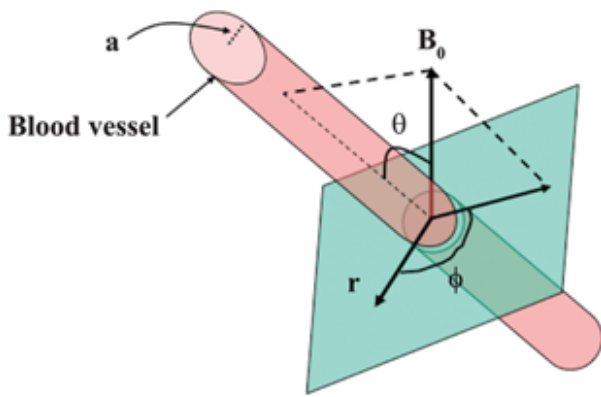


Figure 4 - Key stages in the creation of a structural connectivity graph using magnetic resonance images: cortical parcellation (A), whole-brain tractography (B), and the final graph representing the pattern of connections between regions (C).



$$\Delta\omega_{in} = 2\pi\Delta\chi_0 (1-Y)\omega_0(\cos^2\theta - 1/3)$$

$$\Delta\omega_{out} = 2\pi\Delta\chi_0 (1-Y)\omega_0(a/r)^2(\sin^2\theta)(\cos 2\phi)$$

Figure 5 - Diagram of a blood vessel and the parameters that determine the susceptibility effect induced by deoxyhemoglobin in red blood cells.

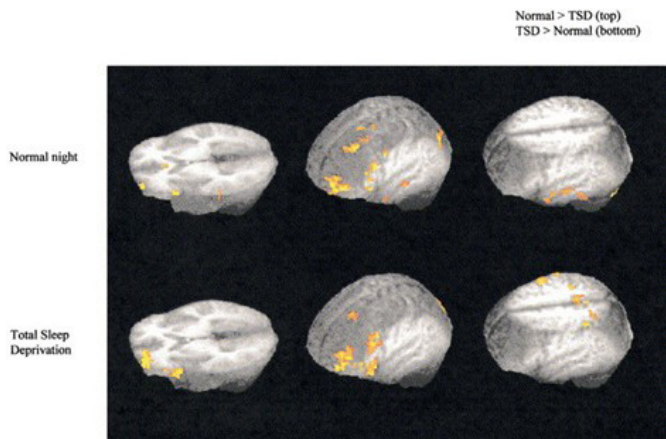


Figure 6 - fMRI on 13 participants who went through a day of total sleep deprivation. Their group activation data during a verbal learning task.

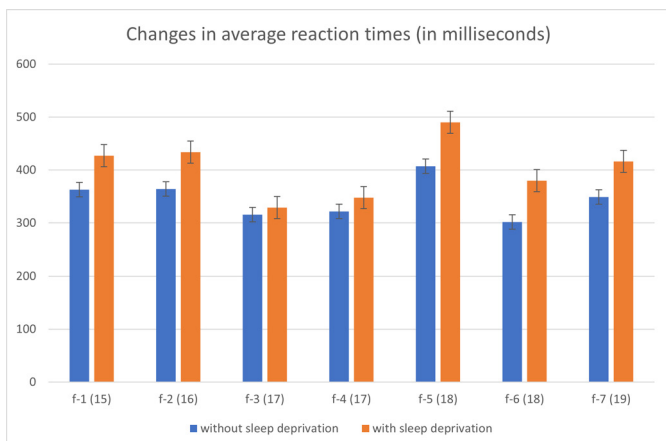


Figure 7 - Changes in the average reaction time of the subjects before and after sleep deprivation (in milliseconds).

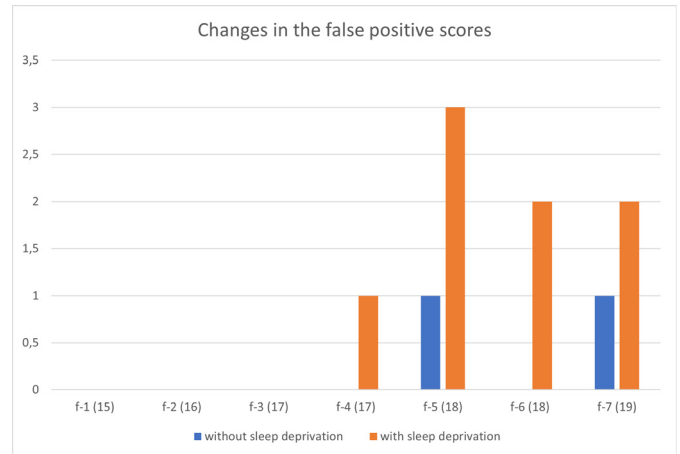


Figure 8 - Changes in the false positives of the subjects before and after sleep deprivation.

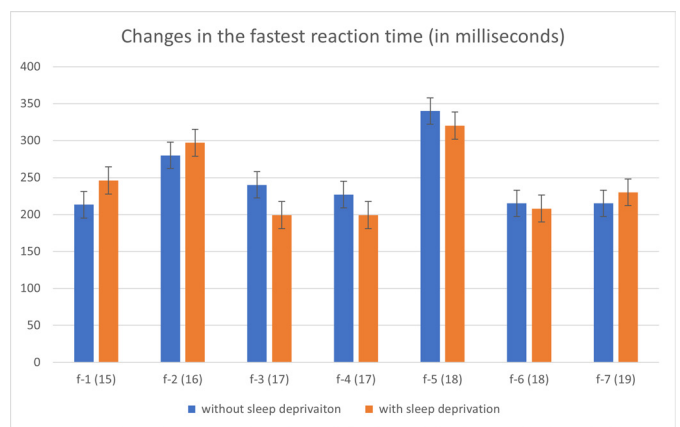


Figure 9 - Changes in the fastest reaction time of the subjects before and after sleep deprivation (in milliseconds).

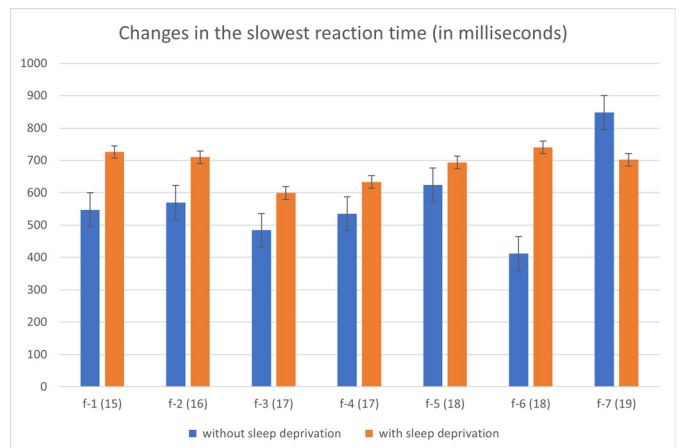


Figure 10 - Changes in the lowest reaction time of the subjects before and after sleep deprivation (in milliseconds).

13. Tables

Table 1 - Factors contribute to sleep deprivation and disruption.

Category	Risk factors
Lifestyle	• drinking alcohol • drug abuse • attending university • jet lag • shift work
Environmental	• excessive noise, such as people living in industrial areas • excessive light
Psychosocial	• anxiety, worry • parents of young children • caregivers to a family member with a chronic, life-threatening, or terminal illness
Sleep disorder	• Insomnia • Obstructive sleep apnea • Restless leg syndrome • Narcolepsy • Circadian rhythm disorders
Medical conditions	• Pain or use of certain medications • Restrictive lung disease • Chronic kidney disease • Diabetes • Neurodegenerative diseases • Psychiatric disorders

Table 2 - Results from the Psychomotor Vigilance Test before the experiment.

The number of the subject (age)	Avg reaction time (ms)	False positives	Fastest reaction time (ms)	Slowest reaction time (ms)
f-1 (15)	363	0	213	547
f-2 (16)	364	0	280	570
f-3 (17)	316	0	240	484
f-4 (17)	322	0	227	535
f-5 (18)	407	1	340	624
f-6 (18)	302	0	215	412
f-7 (19)	349	1	215	848

Table 3 - Results from the Psychomotor Vigilance Test after 24h sleep deprivation.

The number of the subject (age)	Avg reaction time (ms)	False positives	Fastest reaction time (ms)	Slowest reaction time (ms)
f-1 (15)	427	1	246	726
f-2 (16)	434	0	297	710
f-3 (17)	329	0	199	599
f-4 (17)	348	1	199	633
f-5 (18)	490	3	320	694
f-6 (18)	380	2	208	740
f-7 (19)	416	2	230	702

Het effect van een geordend klaslokaal ten opzichte van een niet geordend klaslokaal op het concentratievermogen van bovenbouw scholieren op havo/vwo

A. Aktas², G.T. Overbeek³, L. Boelhouwer¹, N. Bout¹, P. Nijland³

¹ Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

² Het Stedelijk Kottenpark, Enschede

³ Lyceum de Grundel, Hengelo

Abstract - This study investigates the correlation of room ordering with the concentration of students. A previous study revealed that individuals with Obsessive-Compulsive Disorder (OCD) experienced an increased stress level when placed in a disordered room, consequently affecting the concentration of the individuals. However, this phenomenon has not been tested on non-OCD diagnosed people and students. After the COVID-19 pandemic, students experienced a decline in their academic performance; hence, enhancing concentration could potentially help students improve their overall school achievements. Therefore, this research examines the effects and differences of an ordered and a disordered classroom on the concentration of high school students aged 16-18 in the Netherlands. There were a total of 51 participants, selected by a survey sent to them beforehand. The participants were divided into 4 groups, and to measure concentration, a D2-test was used. Two groups were tested: the first inside an ordered classroom, and the latter tested inside a disordered classroom. While the results suggest a difference in concentration between the two classroom types, the findings were statistically insignificant, as the p-values were too high ($0.154 < p > 0.05$). Consequently, drawing definitive conclusions about the impact of classroom order on concentration proves challenging, and more research is needed.

1. Inleiding

Na de pandemie lijkt het welzijn van de gemiddelde leerling op middelbare en hogere onderwijsinstellingen steeds slechter te worden. In landen van de Organisation for Economic

Co-operation and Development (OECD) is bijvoorbeeld gemiddeld 66% van alle leerlingen gestrest vanwege slechte cijfers en 59% vanwege moeilijke toetsen (Pascoe et al., 2019). Als gevolg van de corona-beperkingen hebben leerlingen ook een achterstand opgelopen van 35% van een schooljaar (Bethhäuser et al., 2023). Eerder onderzoek heeft aangetoond dat meer opletten en dus beter kunnen concentreren in de klas een positief effect heeft op de cijfers (Balushi, 2015). Het zou dus gunstig kunnen zijn voor leerlingen om beter op te kunnen letten in de klas, maar op dit moment zijn er nog niet genoeg effectieve manieren om de leerling beter op te laten letten die niet alleen doeltreffend zijn, maar de leerlingen ook niet extra belasten met bijkomende werklust.

In eerder onderzoek is aangetoond dat het verschil tussen een geordende kamer en een niet-geordende kamer invloed heeft op het stressniveau van personen. Dit verschijnsel is echter alleen waarneembaar bij mensen met obsessief-compulsieve stoornis (OCD) en is veel minder zichtbaar in de algemene populatie (Radomsky & Rachman, 2004). OCD, is een aandoening waarbij individuen last hebben van aanhoudende en verontrustende obsessies (terugkerende en opdringerige gedachten) die leiden tot dwangmatige compulsies (herhalende handelingen), deze obsessies en compulsies beïnvloeden aanzienlijk het dagelijks functioneren en veroorzaken aanzienlijke stress en spanning (*Obsessive-Compulsieve Stoornis (OCS)*, n.d.). Een van de symptomen van OCD is de compulsie om alles geordend, symmetrisch en gerangschikt te maken (Leckman et al., 1997). Dit fenomeen werd ook verondersteld in het onderzoek van Radomsky en Rachman (2004), waarbij psychologie bachelorstudenten werden onderzocht. Het is echter nog onduidelijk of dit ook van toepassing is op de rest van de bevolking met OCD, en al helemaal op mensen zonder OCD, aangezien slechts 1,6% van de bevolking OCD heeft (Gezondheid en wetenschap, z.d.).

Is het dan niet mogelijk om leerlingen beter te laten presteren op school door alleen de inrichting van het lokaal te veranderen? Het is al duidelijk dat stress vermindert in een geordende kamer bij mensen met OCD (Radomsky & Rachman, 2004), maar kan dat ook gelden voor normale scholieren en is er dan ook een verschil in het concentratievermogen? In dit onderzoek wordt daarom het effect van een geordend klaslokaal ten opzichte van een niet-geordend klaslokaal op het concentratievermogen van bovenbouw scholieren op havo/vwo onderzocht.

2. Theoretisch kader

2.1 Een geordend en een niet geordend klaslokaal

In het onderzoek van Radomsky & Rachman (2004) is gebleken dat mensen met Obsessive-Compulsive Disorder (OCD) meer stress ervaren in een slecht georganiseerde/geordende kamer dan in een goed georganiseerde/geordende kamer. Uit dit onderzoek bleek dat mensen met OCD zich vooral bezighielden met de ordening van de kamer en de symmetrie. In een ander onderzoek werden de compulsies die mensen met OCD hebben wanneer spullen niet op een goede plek zitten/niet op een goede manier “not just right experience (NJRE)” genoemd, en bij deze NJRE’s werd ook aandacht besteed aan de symmetrie en ordening van spullen (Coles et al., 2003). Symmetrie is een verschijnsel dat herkenbaar kan zijn in de natuur, het straatbeeld, kunst, wiskunde en de natuurwetenschappen, en kan worden begrepen door dingen te spiegelen of te roteren (Roelens, 2012). Bovendien zijn kleuren ook symmetrisch; kleur symmetrie betekent dat kleuren aan beide kanten van een lijn hetzelfde spiegelbeeld van kleuren hebben (Roth, 1982).

In dit onderzoek geldt daarom als definitie van een geordend klaslokaal: een lokaal dat voldoet aan (kleur)symmetrie en waar de voorwerpen in deze kamer ook aan die (kleur)symmetrie voldoen en op de juiste plek zitten. Het niet-geordende klaslokaal voldoet niet aan de (kleur)symmetrie-eisen.

2.2 Concentratie

Concentratie is een belangrijk aspect van het onderzoek, omdat het de enige gemeten parameter is. In dit onderzoek

wordt concentratie gedefinieerd als ‘het vermogen om selectief te focussen op een taak zonder te veel afleiding te ervaren’. Concentratie is een essentieel onderdeel van cognitieve functies, die een rol spelen in het verwerken van informatie in de hersenen, het leren en onthouden van informatie, en het plannen van activiteiten (MS en cognitie, 2023). Concentratie, zoals gedefinieerd in een onderzoek door Lavie (2010), houdt in dat men een opdracht uitvoert zonder veel afleiding, waarbij “veel afleiding” wordt beschreven als het vermijden van overmatige verstoringen tijdens de taakuitvoering. Executieve functies (EFs) spelen ook een rol bij concentratie door te helpen bij het selectief focussen op een taak of opdracht (Smidts, 2003).

2.2.1 Concentratie beïnvloedende factoren

Er zijn talloze variabelen die invloed kunnen hebben op het concentratievermogen van een persoon. Hieronder worden de factoren opgesomd die de meeste invloed kunnen hebben en waar ook rekening mee is gehouden in het onderzoek.

1. Aandachtsstoornissen

Stoornissen zoals Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) en Attention Deficit Disorder (ADD) veroorzaken dat een persoon minder goed kan focussen op een punt of taak. Ze zijn ook vaak minder georganiseerd, wat in strijd kan zijn met dit onderzoek (“Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder,” n.d.). Zoals eerder in de inleiding vermeld, wordt het fenomeen dat onderzocht wordt al verondersteld bij mensen met OCD (Radomsky & Rachman, 2004). Het verschil met de gemiddelde bevolking is dat mensen met OCD vaak veel compulsies hebben (Murphy, 2020). Compulsies zijn de herhaling van een gedrag of mentale handeling die iemand moet voltooien om zijn obsessies te bevredigen (Murphy, 2020). Daarom is het de bedoeling dat in dit onderzoek mensen met aandachtsstoornissen en OCD worden uitgesloten.

2. Cafeïne

Cafeïne heeft een positieve invloed op de aanhoudende aandacht (Smith, 2002). Elk individu heeft een ander drinkpatroon en consumeert wel of geen koffie. Bovendien is er nog weinig onderzoek gedaan naar de invloed van cafeïne op minderjarigen. De piekconcentratie cafeïne in het bloed wordt gemeten één uur na inname; na 6 uur is de helft van de cafeïne uit het bloed verdwenen (Body Worlds Amsterdam, 2023). In dit onderzoek wordt de cafeïne concentratie in het bloed na 6 uur verwaarloosd, omdat de cafeïne tegen die tijd nog maar weinig effect heeft op het lichaam.

3. Geslacht

Omdat er verschillen zijn in het menselijk brein en er variaties zijn in het gedrag en de psychologie van mannen en vrouwen (Ivan et al., 2023), wordt er apart gekeken naar mannen en vrouwen bij het analyseren van de resultaten.

De volgende factoren verhogen of verlagen het cortisolgehalte in het lichaam. Een verhoogd gehalte van cortisol zorgt

voor verslechterde cognitieve vaardigheden en dus ook een verslechtering van concentratie. Een verlaging verbetert de concentratie juist. Het is dus handig om het cortisolgehalte zo gelijk mogelijk te houden tussen elke deelnemer (Lee et al., 2007) (MS en cognitie, 2023).

4. Slaap

De concentratie van de deelnemers kan worden beïnvloed door een slechte slaap, aangezien een gebrek aan slaap het concentratievermogen negatief beïnvloedt (Alhola, 2007). Een slaapttekort kan leiden tot een verhoogde afgifte van cortisol door het lichaam (Spiegel et al., 1999b) (Nilsson et al., 2005).

5. Stress

De stress die iemand ervaart over een lange periode als gevolg van depressie of een emotionele toestand kan het concentratievermogen beïnvloeden. Dit kan onder andere worden verklaard door de afgifte van het cortisol hormoon in de bijnieren tijdens een angst- en stress situaties (Liu et al., 2020).

6. Mentale gezondheid

Volgens Staufenbiel et al. (2013) heeft de mentale gezondheid invloed op de hoeveelheid cortisol in het haar (HCC). Zo kan depressie leiden tot hogere gehalten van HCC. HCC is een betrouwbare maatstaf voor het cortisolgehalte in het lichaam zelf (Short et al., 2016).

7. Medicijnen

Sommige medicijnen kunnen cortisol of synthetische varianten daarvan bevatten (Bijnierschorsinsufficiëntie (Steroïd Geïnduceerd), n.d.). Aangezien medicijnen met cortisol of synthetische varianten daarvan invloed kunnen hebben op de concentratie, kunnen gebruikers van dergelijke medicatie niet deelnemen aan het onderzoek.

2.2.2 Concentratietesten

Er zijn veel tests beschikbaar om de concentratie van een proefpersoon te meten. Bijvoorbeeld de Test of Everyday Attention for Children (TEA-CH), die geschikt is voor kinderen tussen 6 en 16 jaar oud (TEA-CH-NL | Test of Everyday Attention for Children, n.d.). Omdat het onderzoek ook kinderen ouder dan 16 jaar omvat, wordt deze test uitgesloten en niet gebruikt.

Twee andere tests zijn de Bourdon-Vos test en de D2-test. De Bourdon-Vos test is bedoeld voor jongeren van 9-17 jaar en werd uitgegeven in 1998, terwijl de D2-test geschikt is voor leeftijden van 9-80 jaar en werd uitgegeven in 2014 (D2 - D2 Aandachts- En Concentratietest – Hogrefe, Psychologische, Testuitgeverij, Boeken, Tests, Psychologie, Psychotherapie, n.d.) (Bourdon Vos Test, n.d.). Omdat de D2-test voor een breder leeftijdsbereik kan worden gebruikt en de meest recente is van de genoemde tests, wordt in dit onderzoek de D2-test gebruikt.

De D2-test bestaat uit 14 regels waarbij in een reeks van letters zoveel mogelijk ‘d’s met precies 2 streepjes moeten worden

omcirkeld. De letters bestaan uit 'd's en 'p's, en er kunnen streepjes boven en/of onder de letter voorkomen. Elke regel heeft 47 stimuli (letters) en de persoon heeft 20 seconden de tijd voor één regel (D2 - D2 Aandachts- En Concentratietest – Hogrefe, Psychologische, Testuitgeverij, Boeken, Tests, Psychologie, Psychotherapie, n.d.). Volgens Bates en Lemay (2004) is de D2-test een valide en betrouwbare test om de visuele aandacht (een subcategorie van concentratie) van een persoon te bepalen.

3. Methode

Voor dit onderzoek is een zelfgemaakte en verkorte versie van de D2-test gebruikt (zie Figuur 1). Dit is gedaan vanwege de doelgroep, namelijk scholieren, en omdat de test tussen de lessen door werd afgenomen. De doelgroep bestond uit bovenbouwleerlingen van het Kottenpark in Enschede.

Om alleen leerlingen te selecteren die geen OCD, ADHD, vermoeidheidsklachten of andere concentratie gerelateerde problemen hadden, werd een digitale enquête gebruikt (google forms). In de enquête werd gevraagd naar leerjaar, leeftijd, naam, en schoolniveau van de leerlingen. Ook werd gevraagd naar eventuele medische klachten, stoornissen en medicatie die van invloed konden zijn op de concentratie. Leerlingen konden ook aangeven op welke dagen ze bereid waren om deel te nemen, zodat een planning kon worden gemaakt (zie Figuur 2).

Van de 77 leerlingen die zich hebben aangemeld, hebben uiteindelijk 51 (28 mannen, 23 vrouwen) leerlingen deelgenomen aan het onderzoek. De leerlingen ontvingen een e-mail waarin ze werden geïnformeerd over de dag waarop ze werden verwacht, en hen werd verzocht goed te slapen voor het experiment en geen cafeïne te consumeren vlak voor het onderzoek. Als motivatie om deel te nemen, kregen alle leerlingen na afloop van het experiment een ijsje.

Verspreid over 4 dagen werden de leerlingen in verschillende klaslokalen geplaatst om de D2-test uit te voeren. Op de eerste 2 dagen was het klaslokaal geordend, terwijl op de laatste 2 dagen het klaslokaal niet geordend was. Door een misverstand met de communicatie met de school kon niet voor elke dag hetzelfde klaslokaal worden geregeld, dus werden de testen in verschillende klaslokalen uitgevoerd. Dit is te zien in tabel 1.

Alle lokalen hadden 30 zitplaatsen en een identieke indeling. Naast de standaard objecten die je in een klaslokaal vindt (tafels, stoelen, etc.), werden in elk lokaal ook de volgende spullen toegevoegd:

1. Eén pen per tafel
2. Eén gekleurde sticky note per tafel
3. Eén papieren D2 test per tafel
4. Eén gekleurde paperclip per tafel
5. Eén gekleurd klein schrift per tafel

Geordend

In de geordende kamer zijn per rij tafels de paperclips, sticky notes en schriften op kleur gesorteerd. Elke rij is lijnsymmetrisch ingedeeld. De sticky notes liggen rechtsboven de tafel, de test bevindt zich in het midden, de pen ligt

rechts van de test, het schrift ligt linksboven de tafel en de paperclip is links vastgemaakt aan het testpapier. Verder zijn alle tafels rechtgezet en staan alle stoelen strak tegen de tafels. Op de sticky notes zijn de namen van de deelnemers netjes geschreven. Figuur 3 laat zien hoe het lokaal is ingericht

Ongeordend

In de ongeordende kamer zijn de materialen met kleuren willekeurig verspreid over het lokaal. Al het toegevoegde materiaal is op de tafels gegooid zonder te letten op de plaats op de tafel. De paperclips zijn willekeurig vastgemaakt aan de D2-test, en de sticky notes zijn willekeurig op de tafel geplakt. Verder zijn alle tafels scheef gezet en staan alle stoelen voor de tafels zonder te letten op de positie. Op de sticky notes zijn de namen van de deelnemers slordig geschreven. Figuur 4 laat zien hoe het lokaal is ingericht

Voordat de deelnemers aan het onderzoek begonnen, hebben ze een enquête ingevuld (zie Figuur 5). Dit was om te onderzoeken of er mogelijke factoren waren die de concentratie tijdens het onderzoek zouden kunnen beïnvloeden. Er werden ook vragen gesteld die niets met het onderzoek te maken hadden. Dit werd gedaan zodat de leerlingen niet wisten wat er precies werd onderzocht. Bij de volgende antwoorden in de enquête zijn de resultaten uitgesloten in het onderzoek:

1. Deelnemers die 6 uur van tevoren cafeïne hebben ingenomen
2. Deelnemers die onder een 4 aangeven bij slechte slaap en/of 0-6 uur slaap hebben gehad
3. Deelnemers die boven een 4 aangeven bij slechte slaap en 0-4 uur slaap hebben gehad
4. Deelnemers die onder een 4 aangeven bij hoe ze zich voelden

Stress is hier weggelaten, omdat veel leerlingen de vraag achteraf niet zo goed hadden begrepen, mogelijk omdat die verkeerd gevraagd werd in de enquête.

Elke dag is de kamer zo ingedeeld dat er plek was voor 15 leerlingen, maar de lokalen zijn niet elke dag volledig gevuld. In tabel 2 zie je hoe de groepen zijn ingedeeld.

Het experiment werd elke dag op dezelfde tijd uitgevoerd. Direct nadat de leerlingen klaar waren met hun lessen en hun grote pauze begon (om 12:15 uur), werden ze verzocht naar het lokaal te gaan. Voorafgaand aan het betreden van het lokaal moesten de leerlingen een enquête invullen, en nadat ze deze hadden ingevuld, mochten ze het lokaal betreden. Zodra de laatste deelnemer binnen was en ging zitten, begon de uitleg over de D2-test. Tijdens deze uitleg werd aan de deelnemers verteld dat ze een D2-test moesten maken, waarbij ze zoveel mogelijk 'd's met precies 2 streepjes moesten omcirkelen in een reeks van de letters 'd' en 'p'. Het werd benadrukt dat per regel maximaal 20 seconden tijd was om het in te vullen en dat er rechtsboven op het blad een voorbeeld stond van een correcte omcirkeling. Vervolgens mochten de deelnemers de bladen omdraaien en kregen ze de gelegenheid om eventuele vragen over de test te stellen. Daarna moesten de deelnemers de D2-test uitvoeren binnen 2 minuten (20 seconden per regel gedurende 6 regels). Na elke 20 seconden werd aan de deelnemers verteld om door te gaan naar de volgende regel. Na 2 minuten moesten de deelnemers hun pennen neerleggen en de testen inleveren.

3.1 Analyse

Bij het verzamelen van de testresultaten is gekeken naar de verwerkingssnelheid (VS), het aantal correct aangekruiste stimuli per regel, omissiefouten (F1), het aantal correcte doelstimuli dat niet werd omcirkeld, en commissiefouten (F2), het aantal onjuist omcirkelde tekens, zoals een 'p' met 2 streepjes of een 'd' met 1 streepje. Van de 51 deelnemers had één persoon de opdracht niet begrepen en van alles omcirkeld. Uiteindelijk zijn van 50 deelnemers de resultaten verzameld en geanalyseerd.

Door F2 en F1 af te trekken van de VS, wordt de CP (concentratieprestatie) verkregen. Deze is gebruikt als maatstaf voor de prestatie van de deelnemers. Met behulp van het programma Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) kan vervolgens met een onafhankelijke t-test worden gekeken of er een verband is tussen het concentratievermogen en het type lokaal. Het is echter belangrijk dat de groep normaal verdeeld is. Aan het begin van het onderzoek werd verwacht dat er in elke groep 30 deelnemers zouden zijn, waarbij mannen en vrouwen gelijk verdeeld zouden zijn. In dat geval zou er sprake zijn van een normale verdeling volgens de centrale limietstelling (Van Heijst, 2023). Dit is echter niet gebeurd, dus moet eerst worden gecontroleerd of de groep normaal verdeeld is. Dit is gedaan aan de hand van een Shapiro-Wilk-toets in SPSS (SPSS Shapiro-Wilk Test - the Ultimate Guide, n.d.). Als de statistische significantie lager is dan 0.05, is het onwaarschijnlijk dat de groep normaal verdeeld is. In dit geval was dit niet het geval en waren de groepen dus normaal verdeeld (zie Figuur 6). Nu kan de correlatie worden getest met een ongepaarde t-test (Van Heijst, 2022).

4. Resultaten

Van de 50 leerlingen voldeden 13 niet aan de criteria (bijvoorbeeld vanwege slechte slaap). Dit betekent dat uiteindelijk de resultaten van 37 leerlingen daadwerkelijk zijn geanalyseerd. Daarnaast was er ook een uitschieter die een grote invloed had op de resultaten van de vrouwelijke leerlingen. Omdat de verschillen tussen de resultaten met en zonder de uitschieter significant waren, is het belangrijk om deze apart te bekijken. Hoe hoger de CP, hoe beter de leerling de test heeft afgelegd en hoe meer geconcentreerd diegene was. In figuur 10 zijn de CP's van de verschillende groepen te zien, in Tabel 3 zijn de resultaten van de t-testen te zien.

5. Conclusie

De resultaten duiden op een mogelijk verschil in het gedrag en het concentratievermogen van bovenbouwleerlingen Havo/VWO in een geordend en een ongeordend lokaal. De resultaten zijn niet significant en daarmee kunnen geen aannemingen worden gedaan. Meer onderzoek is nodig voor concrete antwoorden op de onderzoeksvraag.

6. Discussie

De uitvoering van de methode, de concentratietest en de opzet van het lokaal, is op een valide wijze uitgevoerd. De indeling, ordening van voorwerpen en plaats van de lokalen waren identiek. De D2-test is een betrouwbare methode om het concentratievermogen van scholieren te meten (Bates & Lemay, 2004). Dit onderzoek heeft een aangepaste versie van de D2-test gebruikt, omdat de leerlingen weinig tijd hadden doordat de test tussen lesuren werd afgenomen. De D2-test werd ingekort tot 6 regels in plaats van de gebruikelijke 14

regels, terwijl alle andere aspecten van de test hetzelfde bleven. Onderzoek naar de D2-test toont aan dat het aantal regels een negatief effect kan hebben op het gemiddelde van de resultaten van omissie- en commissiefouten, maar dat dit verschil erg klein is (Baghaei et al., 2018). Elke onderzoeksdag werd dezelfde D2-test afgenomen bij de verschillende groepen, zodat dit een goede weergave kon geven van het verschil in concentratievermogen in deze klaslokalen. De D2-test zelf is op een goede manier afgenomen: het timen van de 20 seconden voor elke regel verliep correct en er is goede uitleg gegeven over de D2-test. Slechts één persoon van de 51 begreep de opdracht niet, omdat deze persoon de streepjes ging omcirkelen. Echter beïnvloedde de verschillende klaslokalen de betrouwbaarheid van de methode. Ondanks de identieke indeling, vertoonde "ongeordend 2" een kleurverschil ten opzichte van de andere lokalen. Dit kleurverschil, met de rode kleur van "ongeordend 2", kan mogelijk invloed hebben gehad op het onderzoek, aangezien rood meer afleidend is dan de witte kleur van "geordend 2" (Kim, 2010). Bovendien was er op één testmoment een verschil in zonlicht intensiteit doordat het rolluik geopend was, wat potentieel de concentratie van deelnemers beïnvloedde. Voor toekomstig onderzoek is het van belang dat de gebruikte lokalen volledig identiek zijn, inclusief constante zonlicht omstandigheden, om minimale invloed van de omgeving op de deelnemers te waarborgen.

De onderzoeksgroep zelf was niet representatief genoeg waardoor de conclusie ook niet representatief genoeg is. Na uitsluiting van ongeschikte deelnemers bestond "geordend 1" alleen uit mannen, waardoor het niet was om eventuele verschillen tussen vrouwen in hetzelfde lokaal met een andere indeling te evalueren. In dit onderzoek was de totale valide deelnemers groep klein (D:37) en hebben vooral mannen deelgenomen (M: 25; V: 12). Bovendien had één vrouwelijke deelnemer een significant effect op het gemiddelde resultaat. Terwijl 97,3% van alle deelnemers een CP tussen 51 en 64 scoorde, scoorde deze uitschieter slechts 33. Het is dus aannemelijk dat de uitschieter niet tot de onderzoeksgroep behoorde die werd onderzocht. Mogelijke redenen hiervoor kunnen zijn dat de deelnemer de opdracht niet goed begreep, de enquête verkeerd had ingevuld en dus eigenlijk niet had mogen deelnemen, of bewust verkeerde antwoorden heeft gegeven. Alle deelnemers waren afkomstig van dezelfde school. Dit kan betekenen dat de resultaten niet representatief genoeg zijn voor de gehele bevolking, aangezien de ervaring van een geordend en ongeordend klaslokaal op andere scholen anders kan zijn, wat zou kunnen leiden tot verschillende resultaten. Voor een meer representatieve onderzoeksgroep is een breder onderzoek nodig met meer deelnemers en met deelnemers van diverse scholen. Ook moet er meer aandacht worden besteed aan een evenwichtiger genderverdeling van de groep.

Wat opviel vanuit observaties was dat leerlingen minder gehoorzaam en onrustiger waren in de ongeordende klaslokalen. Sommige leerlingen begonnen luidruchtig tegen elkaar te praten, één leerling begon te vaper nadat hij plaats nam, en één leerling had na afloop pennen gestolen. In de geordende klaslokalen volgden de leerlingen de instructies goed op en gingen ze rustig op hun plek zitten voordat de testen werden gemaakt. Dit verschil in gedrag van de proefpersonen kan te wijten zijn aan individuele verschillen in het gedrag van de leerlingen zelf. Het is mogelijk dat de leerlingen in het ongeordende lokaal van nature luidruchtiger zijn en minder

geneigd zijn om zich aan de regels te houden. In dat geval zou het gedrag niet direct worden beïnvloed door het lokaal waarin de leerlingen zich bevinden.

Een mogelijke verklaring voor de gemiddeld verhoogde concentratie in een ongeordend klaslokaal kan zijn dat mensen onder omstandigheden waarbij ze korte stress ervaren juist beter geconcentreerd raken (Chajut & Algom, 2003). Zoals Radomsky en Rachman (2004) aangeven, ervaren mensen zonder OCD ook meer stress na het uitvoeren van een taak in een ongeordende ruimte. Het zou dus kunnen dat de leerlingen gestrest raken door de ongeordende omgeving en op dat moment juist beter in staat zijn de taak uit te voeren. Een andere reden zou kunnen zijn dat veel jongeren rommelige kamers hebben (Jakobs, 2005). De leerlingen zouden zich thuis kunnen voelen in de ongeordende kamer en daardoor minder snel afgeleid worden dan in een geheel nieuwe omgeving.

In dit onderzoek lijkt het erop dat leerlingen een betere concentratie hadden in de ongeordende kamer; de kans hiervoor was respectievelijk 84.1% voor mannen en 89.6% voor vrouwen. Echter, het resultaat bleek uiteindelijk niet significant te zijn vanwege de hoge p-waarden, zowel voor mannen ($p = .159$) als voor vrouwen ($p = .336$ met uitschieter;

$p = .104$ zonder uitschieter), wat betekent dat er geen statistisch onderbouwde conclusies kunnen worden getrokken, omdat dit resultaat mogelijk op toeval berust ($>10\%$). Daarnaast is de kleine omvang van de doelgroep een belemmering. Meer onderzoek met een grotere steekproef is daarom nodig om duidelijkere antwoorden te vinden op de onderzoeksvraag. Dergelijk onderzoek kan ook instellingen zoals scholen, instituten en bedrijven helpen bij het optimaliseren van de inrichting van hun ruimtes en lokalen. De impact van verschillende inrichtingen van ruimtes kan niet alleen op concentratie worden onderzocht, maar mogelijk ook op vele andere factoren.

Waarom de ongeordende kamer wellicht beter is voor de concentratie is nog altijd onduidelijk en er is nog weinig onderzoek naar gedaan. Het onderzoek van Radomsky en Rachman (2004) geeft enigszins nog antwoorden, maar omdat mensen voortdurend tijd doorbrengen in verschillende ruimtes, of het nu op school is of thuis, is er een aanzienlijk tekort aan studies die dit fenomeen onderzoeken.

7. Bibliografie

Alhola, P. (2007, 1 oktober). Sleep Deprivation: Impact on cognitive performance. PubMed Central (PMC). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2656292/#b95-ndt-3-553>

Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. (n.d.). Retrieved from <https://www.nimh.nih.gov/health/topics/attention-deficit-hyperactivity-disorder-adhd>

Baghaei, P., Ravand, H., & Nadri, M. (2018). Is the d2 Test of Attention Rasch Scalable? Analysis With the Rasch Poisson Counts Model. *Perceptual and Motor Skills*, 126(1), 70–86. <https://doi.org/10.1177/0031512518812183>

Balushi, H. A. (2015). THE INFLUENCE OF PAYING ATTENTION IN CLASSROOM ON STUDENTS' ACADEMIC ACHIEVEMENT IN TERMS OF THEIR COMPREHENSION AND RECALL ABILITY. <https://www.semanticscholar.org/paper/THE-INFLUENCE-OF-PAYING-ATTENTION-IN-CLASSROOM-ON-Balushi/cb->

d93a5335a80f5c378a0daa7be1b6243320b85c

Bates, M. E., & Lemay, E. P. (2004). The d2 Test of Attention: Construct validity and extensions in scoring techniques. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 10(03). <https://doi.org/10.1017/s135561770410307x>

Bethhäuser, B. A., Bach-Mortensen, A. M., & Engzell, P. (2023). A systematic review and meta-analysis of the evidence on learning during the COVID-19 pandemic. *Nature Human Behaviour*, 7(3), 375–385. <https://doi.org/10.1038/s41562-022-01506-4>

Bijnierschorsinsufficiëntie (steroïd geïnduceerd). (n.d.). <https://www.nve.nl/aandoening/bijnierschorsinsufficiëntie-steroid-geïnduceerd/>

Body Worlds Amsterdam. (2023, February 10). Cafeïne en je lichaam. Body Worlds Amsterdam. <https://www.bodyworlds.nl/blog/cafeine-en-je-lichaam/>

Bourdon vos test. (n.d.). Pearson Clinical & Talent Assessment. <https://www.pearsonclinical.nl/bourdon-vos-test>

Chajut, E., & Algom, D. (2003). Selective attention improves under stress: Implications for theories of social cognition. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85(2), 231–248. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.85.2.231>

Coles, M. E., Frost, R. O., Heimberg, R. G., & Rhéaume, J. (2003). “Not just right experiences”: perfectionism, obsessive-compulsive features and general psychopathology. *Behaviour Research and Therapy*, 41(6), 681–700. [https://doi.org/10.1016/s0005-7967\(02\)00044-x](https://doi.org/10.1016/s0005-7967(02)00044-x)

d2 - d2 Aandachts- en concentratietest – Hogrefe, psychologische, testuitgeverij, boeken, tests, psychologie, psychotherapie. (n.d.). <https://www.hogrefe.com/nl/shop/d2-aandachts-en-concentratietest.html>

Gezondheid en wetenschap. (n.d.). Dwangstoornis · Gezondheid en wetenschap. [gezondheidwetenschap.be. https://www.gezondheidwetenschap.be/richtlijnen/obsessief-compulsieve-stoornis-volwassenen](https://www.gezondheidwetenschap.be/richtlijnen/obsessief-compulsieve-stoornis-volwassenen)

Golmohammadi, R., Yousefi, H., Khotbesara, N. S., Nasrolahi, A., & Kurd, N. (2021). Effects of light on Attention and reaction Time: A Systematic review. *Journal of Research in Health Sciences*, 21(4), e00529. <https://doi.org/10.34172/jrhs.2021.66>

Ivan, S., Ostatníková, D., & Durdiaková, J. B. (2023). Sex differences matter: Males and females are equal but not the same. *Physiology & Behavior*, 259, 114038. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2022.114038>

Jakobs, J. V. (2005). Messy bedrooms : issues for parents of teenagers : a thesis presented in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Philosophy at Massey University. <https://mro.massey.ac.nz/items/579d23ee-e436-492a-a87a-bba655f3509a>

Kim, D. (2010). The interactive effects of colors on visual attention and working memory: in case of images of tourist attractions. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Interactive-Effects-of-Colors-on-Visual-and-In-Kim/f04ed2c9bcbdf5f1e07dfbb82d047bf6052fd6b67>

Lavie, N. (2010). Attention, distraction, and cognitive control under load. *Current Directions in Psychological Science*, 19(3), 143–148. <https://doi.org/10.1177/0963721410370295>
Geraadpleegd op 15 december 2023

Leckman, J. F., Grice, D. E., Boardman, J. P., Zhang, H., Vitale, A., Bondi, C., Alsobrook, J. P., Peterson, B. S., Cohen, D. J., Rasmussen, S. A., Goodman, W. K., McDougle, C. J., & Pauls, D. L. (1997). Symptoms of obsessive-compulsive

disorder. *American Journal of Psychiatry*, 154(7), 911–917. <https://doi.org/10.1176/ajp.154.7.911>

Lee, B. K., Glass, T. A., McAtee, M. J., Wand, G. S., Bandeen-Roche, K., Bolla, K. I., & Schwartz, B. S. (2007). Associations of salivary cortisol with cognitive function in the Baltimore Memory Study. *Archives of General Psychiatry*, 64(7), 810. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.64.7.810>

Liu, Q., Liu, Y., Leng, X., Han, J., Xia, F., & Chen, H. (2020). Impact of Chronic Stress on Attention Control: Evidence from Behavioral and Event-Related Potential Analyses. *Neuroscience Bulletin*, 36(11), 1395–1410. <https://doi.org/10.1007/s12264-020-00549-9>

MS en cognitie. (2023, July 20). Retrieved from <https://www.amsterdamumc.nl/nl/patienteninformatie/ms-en-cognitie-1.htm>

Murphy, M. M. (2020). Overcoming the OCD Myth [Citations Journal of Undergraduate Research]. Lagrange College. <https://www.lagrange.edu/academics/undergraduate/undergraduate-research/citations/15-Citations2020.Murphyb.pdf>

Nilsson, J., Söderström, M., Karlsson, A. U., Leka-
nder, M., Åkerstedt, T., Lindroth, N. E., & Axelsson, J. (2005). Less effective executive functioning after one night's sleep deprivation. *Journal of Sleep Research*, 14(1), 1–6. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.2005.00442.x>

Pascoe, M. C., Hetrick, S., & Parker, A. G. (2019). The impact of stress on students in secondary school and higher education. *International Journal of Adolescence and Youth*, 25(1), 104–112. <https://doi.org/10.1080/02673843.2019.1596823>

Radomsky, A. S., & Rachman, S. (2004). Symmetry, ordering and arranging compulsive behaviour. *Behaviour Research and Therapy*, 42(8), 893–913. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2003.07.001>

Roelens, M. (2012, January 1). Symmetrie. <https://lirias.kuleuven.be/1944339?limo=0>

Roth, R. L. (1982). Color symmetry and group theory. *Discrete Mathematics*, 38(2–3), 273–296. [https://doi.org/10.1016/0012-365x\(82\)90294-1](https://doi.org/10.1016/0012-365x(82)90294-1)

Short, S. A., Stalder, T., Marceau, K., Entringer, S., Moog, N. K., Shirtcliff, E. A., . . . Buß, C. (2016). Correspondence between hair cortisol concentrations and 30-day integrated daily salivary and weekly urinary cortisol measures. *Psychoneuroendocrinology*, 71, 12–18. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2016.05.007>

Smidts, D. (2003). Executieve functies van geboorte tot adolescentie: een literatuuroverzicht. *Neuropsychiatry*, 7(5), 113–119. <https://doi.org/10.1007/bf03099824>

Smith, A. P. (2002). Effects of caffeine on human behavior. *Food and Chemical Toxicology*, 40(9), 1243–1255. [https://doi.org/10.1016/s0278-6915\(02\)00096-0](https://doi.org/10.1016/s0278-6915(02)00096-0)

Spiegel, K., Leproult, R., & Van Cauter, E. (1999). Impact of sleep debt on metabolic and endocrine function. *The Lancet*, 354(9188), 1435–1439. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(99\)01376-8](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(99)01376-8)

SPSS Shapiro-Wilk Test - The Ultimate Guide. (n.d.). <https://www.spss-tutorials.com/spss-shapiro-wilk-test-for-normality/>

Staufenbiel, S. M., Penninx, B. W. J. H., Spijker, A. T., Elzinga, B. M., & Van Rossum, E. F. C. (2013). Hair cortisol, stress exposure, and mental health in humans: A systematic review. *Psychoneuroendocrinology*, 38(8), 1220–1235. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2012.11.015>

TEA-CH-NL | Test of everyday attention for children. (n.d.). Pearson Clinical & Talent Assessment. <https://www.pearsonclinical.nl/tea-ch-nl-complete-set>

Van Heijst, L. (2022, August 8). T-test begrijpen, uitvoeren (SPSS) en het resultaat interpreteren. Scribbr. <https://www.scribbr.nl/statistiek/t-toets/>

Van Heijst, L. (2023, July 28). Normale verdeling onderzoeken, begrijpen en interpreteren. Scribbr. <https://www.scribbr.nl/statistiek/normale-verdeling/>

Obsessieve-Compulsieve stoornis (OCS). (n.d.). <https://www.amc.nl/web/specialismen/psychiatrie/psychiatrie/obsessieve-compulsieve-stoornis-ocs.htm>

8. Figuren



Figuur 3 - Geordende Kamer; Noot. Niet alle testen zijn in dit lokaal uitgevoerd



Figuur 4 - Ongeordende Kamer; Noot. Niet alle testen zijn in dit lokaal uitgevoerd

Onderzoeksvragen (Bevraagd met google forms)

- Naam:
- Geslacht:
- Hoe heb je de afgelopen nacht geslapen? (1-10)
- Wat heb je vanochtend gegeten?
- Let je veel op wat je eet? (bijvoorbeeld hoe gezond je eet of hoeveel calorieën je inneemt)
- Hoe vol zit je op dit moment? (1-10)
- Hoeveel uur heb je afgelopen nacht geslapen?
0-4 uur / 4-6 uur / 6-8 uur / 8 of meer
- Ben je kleurenblind?
- Wanneer was je laatste cafeïne inname?
2 dagen geleden / 1 dag geleden / 12 uur geleden / 6 uur geleden / eerder dan 6 uur geleden / ik drink geen cafeïne
- Heb je een bril/lenzen?
ja, met minsterkte / ja, met plussterkte / nee
- Hoe voel je je op dit moment? (Moment van invullen) (1-10)
- Hoeveel stress ervaar je op dit moment? (Moment van invullen) (1-10)

*Figuur 5 - Vragen Bij de Tweede Enquête***geordend****Tests of Normality**

	ManVrouw	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
CP	1.00	.182	8	.200*	.931	8	.526
	2.00	.233	8	.200*	.888	8	.225

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Ongeordend**Tests of Normality**

	ManVrouw	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
CP	1.00	.107	17	.200*	.960	17	.629
	2.00	.280	4	.	.878	4	.331

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Figuur 6 - Shapiro-Wilk Test; Noot. 1.00 = Man, 2.00 = Vrouw.

Group Statistics						
	geordend	Ongeordend	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
CP	1.00		8	50.3750	4.71888	1.66838
	2.00		17	53.1765	7.01102	1.70042

Independent Samples Test											
Levene's Test for Equality of Variances				t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Significance One-Sided p	Significance Two-Sided p	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
										Lower	Upper
CP	Equal variances assumed	2.248	.147	-1.021	23	.159	.318	-2.80147	2.74436	-8.47862	2.87568
	Equal variances not assumed			-1.176	19.765	.127	.254	-2.80147	2.38221	-7.77446	2.17151

Figuur 7 - T-Test Mannen; Noot. 1.00 = Geordend, 2.00 = Ongeordend.

Group Statistics						
	geordend	Ongeordend	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
CP	1.00		8	55.1250	2.90012	1.02535
	2.00		4	52.0000	13.31666	6.65833

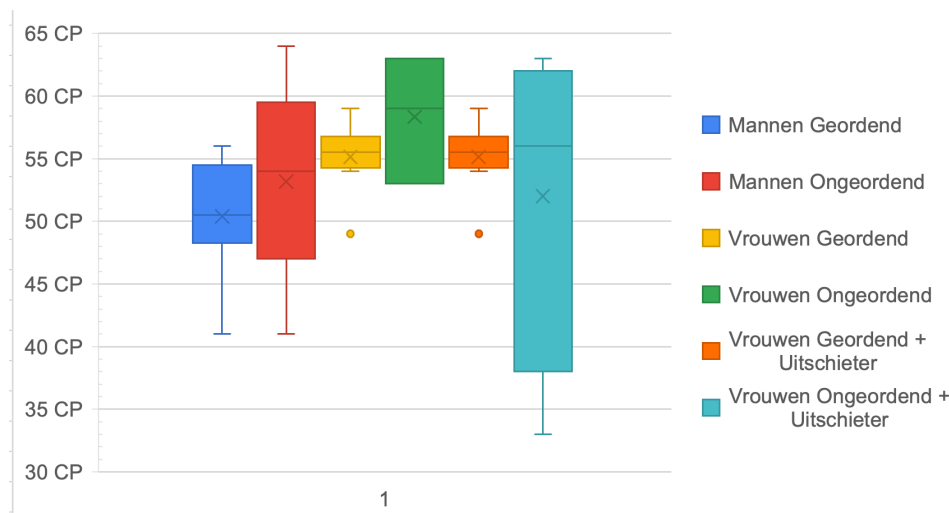
Independent Samples Test											
Levene's Test for Equality of Variances				t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Significance One-Sided p	Two-Sided p	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
										Lower	Upper
CP	Equal variances assumed	7.685	.020	.664	10	.261	.522	3.12500	4.70721	-7.36331	13.61331
	Equal variances not assumed			.464	3.143	.336	.673	3.12500	6.73681	-17.77238	24.02238

Figuur 8 - T-Test Vrouwen Met Uitschieter; Noot. 1.00 = Geordend, 2.00 = Ongeordend.

Group Statistics						
	geordend	Ongeordend	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
CP	1.00		8	55.1250	2.90012	1.02535
	2.00		3	58.3333	5.03322	2.90593

Independent Samples Test											
Levene's Test for Equality of Variances				t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Significance One-Sided p	Two-Sided p	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
CP	Equal variances assumed	1.275	.288	-1.358	9	.104	.207	-3.20833	2.36189	-8.55129	2.13463
	Equal variances not assumed			-1.041	2.518	.194	.387	-3.20833	3.08152	-14.16803	7.75137

Figuur 9 - T-Test Vrouwen Zonder Uitschieter; Noot. 1.00 = Geordend, 2.00 = Ongeordend.



Figuur 10 - CP bij verschillende groepen; Noot. Grafiekvorm = boxplot

9. Tabellen

Tabel 1 - Indeling lokalen

	Lokaal
Geordend 1	A
Geordend 2	B
Ongeordend 1	A
Ongeordend 2	C

Tabel 2 - Indeling experiment

	Man	Vrouw
Geordend 1	3	10
Geordend 2	6	6
Ongeordend 1	13	1
Ongeordend 2	6	6

Tabel 3 - Resultaten d2-test en de bijbehorende t-testen

	Mannen	Vrouwen ¹	Vrouwen ²
Geordend	n = 8	n = 8	n = 8
	(M = 50.38; SD = 4.72)	(M = 55.13; SD = 2.90)	(M = 55.13; SD = 2.90)
Ongeordend	n = 17	n = 4	n = 3
	(M = 53.18; SD = 7.01)	(M = 52.00; SD = 13.31)	(M = 58.33; SD = 5.03)
T-test	t (28) = -1.02; p = .159	t (3.14) = .46; p = .336	t (9) = -1.34; p = .104

Noot. Aangepast overgenomen uit Figuur 7, Figuur 8 en Figuur 9.

1 Vrouwen met uitschieter

2 Vrouwen zonder uitschieter

M = Gemiddelde CP

SD = Standaarddeviatie

Het verschil tussen de functie van een acceleratiemeter als computermuis en een infraroodmuis op plexiglas

R.D. Berendsen¹, A.M. Crielaard², K.H. de Vries³, A. ten Cate³, J.C. Isarin², M.C. Müller¹

¹ Scholengemeenschap Marianum, Groenlo

² Twickel College, Hengelo

³ Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - The main purpose of this study is to investigate whether an accelerometer can replace an infrared sensor as a computer mouse. Both sensors are compared both on plexiglass and a 'normal' surface, a tabletop. An infrared sensor does not function properly on shiny surfaces such as plexiglass. An accelerometer is surface independent, meaning the surface does not matter. The paths are made under supervision of a camera. Because of this, it was possible to compare the absolute path with the measurements made by the accelerometer and the infrared mouse. The accelerometer was optimized by using the Kalman filter. The results are plotted in graphs. By analyzing the differences in measurement, one can conclude that an accelerometer does not operate well, on both surfaces. An infrared sensor, in this case, cannot be replaced as a computer mouse by an accelerometer.

1. Introductie

In deze tijd zijn computers niet meer weg te denken. Ieder huishouden heeft er wel een in huis. In 2017 beschikte 91 procent van de Nederlandse huishoudens over een PC of laptop (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2018). Bij het gebruik van een computer komt vaak een muis te pas. Een infraroodmuis is een bekend type muis.

Een infrarood muis (IR-muis), oftewel een optische muis, maakt gebruik van een lichtsensoren in combinatie met een infrarood ledlampje. Het ledlampje schijnt op het oppervlak waar de muis op dat moment bevindt. Het licht wat op het oppervlakte valt wordt gereflecteerd, waarna de muis een beeld opstelt van de ondergrond. Dit gebeurt aan een lopend. Twee opeenvolgende beelden worden met elkaar vergeleken, waardoor de muis kan bepalen welke beweging deze gemaakt heeft.

Dit type muis werkt niet op gladde of reflecterende ondergronden. Een infraroodmuis op een gladde ondergrond kan moeilijk zijn positie bepalen vanwege de gladheid die ervoor zorgt dat de twee beelden te veel op elkaar lijken. Reflecterende ondergronden zorgen ervoor dat de muis niet alleen een beeld krijgt van waar hij zich nu bevindt, maar andere stukken van de ondergrond worden ook in de sensor gereflecteerd. Hierdoor kan hij zijn plaats moeilijk bepalen (Prasoon, 2020).

Dit is een probleem voor mensen die op verscheidene plekken willen werken, zonder telkens een muismat mee te nemen. Dit probleem wordt in dit onderzoek aangepakt. Een acceleratiemeter (IMU), die niet optisch is, kan ook zijn eigen plaats bepalen. Dit doet hij door middel van een condensator waarvan de capaciteit verandert naarmate de versnelling verandert. Er zit een verband tussen de versnelling en de plaats, daarom kan de versnelling gebruikt worden om de plaats te bepalen. Deze muis is dus, in tegenstelling tot een infraroodsensor, niet afhankelijk van de ondergrond.

Een muis die werkt op een acceleratiemeter is nog niet onderzocht. Wat er al wel is, is een soortgelijke computeraccessoire een Smartpen. Dit is een pen die de acceleratie meet en daarmee de plaats van de punt kan bepalen en wat er geschreven wordt (Clijnen, 2003). Deze techniek heeft ook potentie voor een computermuis.

In dit onderzoek wordt onderzocht of een IMU bruikbaar is voor een computermuis door de afwijking van deze te vergelijken ten opzichte van een infraroodsensor. De vraag is

of een muis die door middel van een acceleratiemeter werkt beter functioneert op plexiglas dan een traditionele IR-muis. Om hier antwoord op te krijgen wordt er in kaart gezet hoe de banen van een IMU en een IR-muis zich verhouden tot de door video gemeten 'absolute' baan. De nodige gegevens hiervoor zijn de acceleratie (m/s^2) van de IMU, de baan van de IR-muis en de 'absolute' baan die door middel van videometen verkregen wordt.

2. Theoretisch kader

2.1 IMU

Een IMU, inertial measurement unit, bestaat uit acceleratiemeters en gyroscopen in alle drie de dimensies (Filippeschi, et al., 2017). IMU's zijn opgebouwd uit mechanische en elektrische componenten, die op micrometerschaal een micro-elektromechanisch systeem (MEMS) genoemd worden.

De meest voorkomende techniek om acceleratie te meten is door middel van een condensator. Een condensator is een elektronisch component dat in staat is tijdelijk elektrische stroom op te slaan. Deze condensator heeft een gefixeerde elektrode en een beweegbare elektrode. De afstand tussen de elektroden bepaalt de grootte van de capaciteit (formule 1). De capaciteit van een condensator geeft aan hoeveel elektrische lading deze tijdelijk kan opslaan bij een gegeven spanning.

Door de acceleratie verandert de afstand tussen de elektroden. Door de verandering van afstand tussen de elektroden verandert de capaciteit (zie figuur 1). Deze verandering in capaciteit is te meten en daarvan is de mate van acceleratie af te leiden (Dadafshar).

$$C(\text{Farad}) = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (1)$$

Waarbij ϵ_0 de elektrische veldconstante is, deze is $8,85419 \times 10^{-12}$ Farad/meter; A = Oppervlakte van overlapping tussen de elektroden in meter; d = Afstand tussen de elektroden in meter.

Aan beide zijden van de condensator zijn elektrische verbindingen bevestigd. De spanning aan de ene zijde van de condensator is anders dan aan de andere zijde.

Deze analoge spanning, een spanning die continu varieert, wordt omgezet naar digitale informatie. Eerst wordt het signaal versterkt, hierbij wordt de amplitude van het signaal vergroot om ervoor te zorgen dat het goed kan worden verwerkt. Daarna wordt er gebruik gemaakt van signaalconditionering. Dit zet het signaal om in een vorm die meer geschikt is voor verdere verwerkingen.

Vervolgens wordt het signaal gedemoduleerd. Hierbij wordt het signaal weer omgezet naar zijn oorspronkelijke vorm. Laagdoorlaatfiltering zorgt ervoor dat alleen de lage frequenties van het signaal behouden blijven.

In een laatste stap zet een analoog-digitaal-omzetter (ADC) de analoge waardes om in digitale waardes. Een first in, first out (FIFO) buffer zorgt ervoor dat de oudste gegevens als eerste worden gelezen. Met behulp van een FIFO-buffer wordt de informatie dan omgezet in een parallelle datastroom. Dit betekent dat er meerdere bits tegelijk worden verwerkt. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren door de gegevens parallel uit te lezen in registers die elk een individuele bit vertegenwoordigen. Deze parallelle datastroom kan dan worden getransformeerd met behulp van een serieel protocol zoals I2C. Doormiddel van dit protocol is de acceleratiemeter aan de microcontroller verbonden.

ADC-waardes die gedefinieerd worden door het aantal bits, kunnen omgerekend worden naar 'g' waardes, waarbij 'g' de valversnelling op aarde is, dit is gelijk aan $9,81 \text{ m/s}^2$. De spanning in de X-richting is gelijk aan de spanning van de massa maal de factor bits die uitgelezen is in de X-richting (formule 2).

$$V_x = V \frac{b}{b_{tot}} \quad (2)$$

Waarbij V_x = Spanning in de X-richting in volt; V = Spanning van de massa in volt; b = Gemeten bits in X-richting; b_{tot} = Totaal aantal bits beschikbaar.

Elke acceleratiemeter heeft een standaard voltagelevel (V_{g0}) dat correspondeert met de standaard valversnelling (g). Hiermee kan het voltageverschil berekend worden (formule 3).

$$\Delta V = V_x - V_{g0} \quad (3)$$

Om de 'g' waarde te bepalen, word het voltageverschil gedeeld door de gevoeligheid van de acceleratiemeter (V/g). Daaruit volgt een factor maal 'g', wat een versnellingseenheid is (Dadafshar). Dit valt te zien in de volgende formule:

$$V \div \frac{V}{m/s^2} = m/s^2 \quad (4)$$

De meetwaarden uit de IMU kunnen door verschillende verstoringen vervormd zijn. De sensoren meten niet altijd direct de juiste toestand. Ook worden de metingen beïnvloed door meetfouten oftewel ruis. Het is daarom van belang om door middel van een filter de meetwaarden uit de IMU te corrigeren. In de volgende paragraaf wordt de toepassing van de Kalman-filter beschreven.

2.2 Kalman-filter

Een Kalman-filter vermindert de gevormde ruis van de

acceleratiemeter. Een van de meest gebruikte filters om ruis te verminderen in IMU's is het Kalman-filter (Svensson & Carlsson, 2021). Het Kalman-filter is dus essentieel om de IMU optimaal te gebruiken. Door een statistisch model wordt de data van de IMU verwerkt tot nauwkeurigere data, dus ook nauwkeuriger waar de muis zich bevindt. Dit blijft wel een schatting. Dit komt doordat er voorspeld wordt waar de muis zich bevindt, deze schatting wordt vervolgens vergeleken met de meetwaardes. De ruis is hierdoor als het ware gefilterd (Pang & Liu, 2001).

Om de plaats te bepalen, wordt de versnelling dubbel geïntegreerd, dit valt te zien in Figuur 2 (Palanisamy, 2016). Omdat de IMU niet 100% nauwkeurig is, is de snelheid bij stilstand niet exact nul. Dit zorgt ervoor dat de plaats langzaam afdwaalt (drift). Hier komt een Kalman-filter goed te pas.

Een Kalmanfilter is een bestaande cyclus die voor elke situatie dezelfde vaste formules heeft. Het enige wat variabel is zijn de meetgegevens en toestanden. Je kan dus bijvoorbeeld een kalmanfilter gebruiken voor tempratuur, snelheid, of zoals in dit geval, afstand. Er behoren twee fases tot het Kalman-filter: de voorspelling- en de correctiefase. In de eerste stap wordt de waarde geschat. Deze waarde wordt dan in de tweede fase gecorrigeerd. Deze fases worden herhaald per tijdstap, waarbij de beginwaarde de berekende waarde van de vorige tijdstap is. Deze cyclus wordt beschreven in Figuur 3 (Palanisamy, 2016). De voorspellingsfase van het Kalman-filter bestaat uit twee delen, het eerste deel voorspelt de huidige toestand van het systeem (van Biezen, 2015). Dit deel bestaat uit een formule die ervoor zorgt dat er een schatting wordt gedaan naar de afgelegde afstand, snelheid en de versnelling die de muis op tijdstip $t = k$ heeft.

In de tweede stap van de voorspellingsfase wordt er een schatting gemaakt naar de precisie van de voorspelling van de huidige toestand. Deze precisie wordt geschat door middel van de geschatte precisie van de vorige tijdstap (P_{k-1}) en een covariantiematrix (Q).

Covariantiematrix Q geeft de maat voor spreiding van twee variabelen (de afwijking van de snelheid en de afstand) die weergeeft in welke mate deze twee variabelen met elkaar samenhangen. Door het bepalen van Q functioneert het Kalman-filter en wordt de ruis op de waarden van IMU gefilterd. Daarnaast mag de covariantiematrix als startwaarde voor P_{k-1} gebruikt worden. De uitwerking van de berekening van de covariantiematrix kan worden gevonden in appendix 1. De covariantiematrix moet bepaald worden door een aantal tests te doen waarin de acceleratiemeter telkens dezelfde weg aflegt. Als hieruit ongeveer vijf meetwaarden van zowel de plaats als de snelheid worden bepaald, kan hieruit de covariantiematrix berekend worden. Deze zijn nodig als startwaarde van P_{k-1} en voor de waarde van Q (van Biezen, 2015).

Tussen de voorspellings- en de correctiefase wordt de Kalman-gain berekend. De Kalman-gain bepaalt hoe zwaar de daadwerkelijke meetwaardes ten opzichte van de schatting mee gaan tellen in de correctiefase. De grootte van de Kalman-gain hangt af van matrix R . In deze matrix staan de geschatte meetfouten van de acceleratiemeter verwerkt, dit is wederom dezelfde covariantiematrix.

Daarna volgt de correctiefase. Hier wordt de nauwkeurige huidige toestand en de nauwkeurige precisie berekend. Dit gebeurt door middel van de Kalman-gain.

Voor een meer gedetailleerde uitwerking van het Kalman-filter kan appendix 1 geraadpleegd worden.

3. Werkwijze

In dit paragraaf wordt als eerst de opstelling voor het uitvoeren van het experiment beschreven. Daarna wordt dieper ingegaan op de keuze van bepaalde materialen en technieken.

3.1 Opstelling

Voor dit experiment moeten vier dingen gemeten worden. Als eerst absoluut afgelegde weg, deze wordt bepaald via videometen. Vervolgens de meetwaarden van de IMU, de meetwaarden worden verkregen via de microcontroller waaraan de IMU verbonden is. Deze worden tijdens het bewegen van de IMU naar een laptop gestuurd. Daarnaast moeten er 5 metingen met enkel de IMU worden gedaan voor de covariantiematrix, deze is noodzakelijk voor het functioneren van het Kalman-filter. Als laatst worden de meetwaarden van de IR-muis bepaald via een tekensoftware. Tijdens het bewegen van de muizen is deze software aangezet. Zo kan het gemeten pad van de IR-muis worden bepaald.

De opstelling van het experiment ziet er als volgt uit. Een plexiglas plaat wordt op een tafel geplaatst. De hoogte van de tafel zorgt voor ongehinderde toegang tot de meetomgeving, zonder dat het beeldmateriaal verstoord wordt door handen tijdens het bewegen van de muizen. Een rolmaat ligt in het beeld van de camera, hierdoor kunnen we de schaal bepalen tijdens het verwerken van de videometing. Dit is belangrijk, anders kan de absoluut afgelegde afstand niet bepaald worden. Om te voorkomen dat het beeld beweegt, wordt de camera stevig op een statief geplaatst. De IR-muis en de IMU zitten aan elkaar vast via tape, dit zorgt ervoor dat de IR-muis en de IMU dezelfde beweging afleggen. Voor consistente metingen wordt een specifiek punt op de muizen gemarkeerd, in dit geval is dat een groen lampje. Deze garandeert dat we tijdens het verwerken van de videometing, telkens hetzelfde punt aanklikken. Hierdoor is de videometing zo nauwkeurig mogelijk. Door het maken van een video kan ook worden nagegaan wanneer de muis is begonnen met bewegen. Hierdoor kunnen de absolute en IMU-metwaarden op het juiste moment met elkaar vergeleken worden. Een diagram van de opstelling is te zien in figuur 4.

Voor het vergelijken met de afwijking die de IMU en IR-muis op een 'normale' ondergrond hebben, wordt enkel het plexiglas weggehaald. Zo wordt voor elke meting op plexiglas, er ook een uitgevoerd op een tafel. Dit is de controlegroep.

Als eerst moet de covariantie en variatie berekend worden. Deze zijn nodig voor het Kalman-filter als startwaarde van P_{k-1} en voor de waarde van Q . Er moet in totaal vijf keer een meting met dezelfde beweging uitgevoerd worden (van Biezen, 2015). Het is niet noodzakelijk dat deze metingen nauwkeurig zijn, omdat het Kalman-filter zichzelf corrigeert door middel van de Kalman-gain (Weaver, 2023). Deze beweging mag elke beweging zijn, dit omdat één tijdstip nodig is om de covariantie en variatie te berekenen. Dit moet tevens wel vijf keer hetzelfde tijdstip zijn.

Voor de uitvoering van het experiment wordt allereerst de camera ingeschakeld en op 60 fps gezet. Vervolgens worden er drie metingen met de muis uitgevoerd. Eén meting is te weinig omdat de kans op toeval dan groot is. Wanneer er twee metingen gedaan worden met verschillende resultaten, is er niet bekend welke meting niet representatief is. Bij drie of meer metingen

wordt de kans op allemaal verschillende resultaten steeds kleiner. Er is in dit geval voor drie metingen per opstelling gekozen, omdat er anders te veel tijd verloren gaat aan het verwerken van de data. De beweging van de muis beschrijft een cirkel, hierdoor gaat de muis alle bewegingsrichtingen op en worden zowel de x-as als de y-as van de IMU uitvoerig getest.

3.2 Materiaal & Methode

In dit paragraaf wordt de reden beschreven waarom er voor bepaalde materialen of technieken zijn gekozen. De materialen die gebruikt zijn om dit experiment uit te voeren zijn:

- IMU (Adafruit 4503)
- Infraroodmuis (Maxxter RX750)
- Plexiglas
- Microcontroller (Raspberry Pi)
- Tape
- Jumper draden
- 'Normale' ondergrond (tafel)
- Rolmaat
- Statief
- Camera
- Coach 7

3.2.1 IMU & Microcontroller

De IMU die gebruikt wordt tijdens dit experiment is de Adafruit 4503. De Adafruit 4503 bevat o.a. een acceleratiemeter. Het is van belang dat de gekozen IMU het SPI/I2C protocol ondersteunt, dat maakt het digitaal verbinden met een microcontroller mogelijk. De IMU moet aan een microcontroller verbonden worden om de data uit te kunnen lezen. Om de IMU aan een microcontroller te verbinden, zijn er connectoren nodig. Een microcontroller met connectoren is de Raspberry Pi. Deze microcontroller ondersteunt, net zoals de IMU, het SPI/I2C protocol. Voor de fysieke verbindingen tussen de elektrische componenten zijn er voor jumper draden gekozen. Deze draden hebben een simpel klik systeem, daardoor zijn verbindingen niet permanent. Niet permanente bindingen hebben als voordeel, ten opzichte van solderen, dat tijdens het testen nog veranderingen gemaakt kunnen worden. Stel mocht er iets fout gaan, dan is dit makkelijk op te lossen.

3.2.2 Kalman-filter

Om de ruis van de IMU te verminderen wordt er een Kalman-filter gebruikt. Dit filter is gebruikt, omdat het een van de meest gebruikte filters is om ruis te verminderen in IMU's (Svensson & Carlsson, 2021). De gemeten waarden, bepaald door de IMU, wordt ingevoerd in het model. Het voordeel van dit filter is dat deze een nauwkeurige voorspelling kan maken, waarbij alleen de meetwaarden van de IMU noodzakelijk zijn. Dit betekent dat deze geïmplementeerd kan worden in een computermuis. De het Kalman-filter hoeft normaliter dus niet achteraf aan de metingen.

Het Kalman-filter moet eerst gekalibreerd worden door middel

van het bepalen van de covariantiematrix. Hiervoor zijn vijf metingen voorafgaand aan het Kalman-filter nodig (van Biezen, 2015). De covariantiematrix schat de ruis van de IMU middels de standaardafwijking.

3.2.3 Infrarood muis

Er is voor de Maxxter RX750 muis gekozen, omdat deze een traditionele infraroodsensor bevat (Collector, 2018).

3.2.4 Ondergrond

Plexiglas is een ondergrond waarop de infraroodsensor van de infraroodmuis niet goed werkt. Plexiglas is volgens (Kryzhanovsky, 2020) een materiaal dat deze eigenschap heeft. Hierdoor kan getest worden of de IMU een toegevoegde waarde is aan een computermuis. Wanneer de IMU goed werkt op plexiglas en een IR-muis niet, is de IMU in meer omgevingen bruikbaar dan de IR-muis. Er is gekozen voor minimaal een A3-formaat aan plexiglas, dat is 297mm x 420mm (Kuhn, 1996). Deze afmetingen vormen een groot genoeg vlak om de bewegingen met de muizen soepel uit te voeren.

De metingen worden niet enkel verricht met plexiglas als ondergrond. Als controlegroep wordt de afwijking van de IR-muis en de IMU ook op een tafel als ondergrond. Het kan natuurlijk zijn dat de IMU veel beter werkt op een gladde ondergrond, maar niet op een normale. Als de IMU niet goed op normale ondergronden werkt, is een IR-muis alsnog beter.

3.2.5 Tekensoftware

Het bepalen van de data van de IR-muis is gedaan via een tekensoftware. Dit is omdat de 'rauwe' data niet te verkrijgen was uit de muis, doordat de software het niet goed deed. Ter improvisatie is er dus een tekensoftware gebruikt, deze tekende de weg die de IR-muis dacht af te leggen. Aan de hand van de dpi, dots per inch, kan achterhaald worden hoeveel inch (afstand) er is afgelegd bij een bepaald aantal, door het tekenprogramma geregistreerde, pixels / dots.

3.2.6 Videometen

Videometen maakt het mogelijk om allerlei bewegingen aan de hand van video te analyseren. Hieruit kan bijvoorbeeld de versnelling, snelheid of afgelegde weg van een voorwerp bepaald worden. Een toegankelijk programma wat op veel scholen wordt gebruikt om video te meten is Coach 7 (Cma-Science, 2023).

Er zijn twee manieren om een videometing te doen in Coach 7: handmatig en automatisch via de optie traceren. Tijdens een handmatige meting worden gegevens met de hand verzameld door op een serie opeenvolgende beeldjes te klikken. Er wordt geklikt op de plaats waar het bewegende voorwerp zich op dat moment bevindt. Een handmatige videometing kost veel tijd als er op ieder beeldje geklikt moet worden. Automatische metingen worden uitgevoerd met behulp van de functie 'Traceren'. Hier volgt Coach 7 automatisch de afgelegde weg van een bepaald punt.

Traceren is veel sneller dan het handmatig verzamelen van meetgegevens. Helaas is traceren niet altijd een optie, als het referentiepunt aangebracht op het voorwerp geen afwijkende kleur heeft of als het voorwerp te snel beweegt, kan er niet automatisch gemeten worden (Cma-Science, 2023). Daarom is er in dit geval gekozen voor een combinatie van de twee methodes.

Doormiddel van videometen kan later de absoluut afgelegde beweging bepaald worden. Dit is de beweging die de muizen daadwerkelijk hebben afgelegd, dus niet de meetwaarden van de IMU of IR-muis. Videometen is nodig zodat er vergelijkingen tussen de gemeten gegevens en de absoluut afgelegde beweging kunnen worden gemaakt. Hieruit valt de afwijking van zowel de IMU als de IR-muis te bepalen.

Er is gekozen voor 60 fps, omdat bij Coach 7 ieder frame handmatig moet worden aangeklikt. Volgens de handleiding van Coach is de minimale fps 15 (Cma-Science, sd). Daarnaast geldt er dat hoe hoger de frequentie, hoe nauwkeuriger het resultaat wordt, maar ook hoe meer werk.

3.2.6 Gemaakte beweging

De IR-muis en de IMU volgen dezelfde complexe beweging, omdat ze beide in het ge-3D-printe bakje zitten. De beweging moet in elke richting gaan, omdat praktische gezien een muis ook elke kant op kan gaan.

Daarnaast wordt er vergeleken met de absolute beweging, die bepaald is bij het videometen. Dit is omdat de relatieve afwijking, tussen de IR-muis en de IMU, niet veel zegt over hoe goed de muizen überhaupt werken. Bijvoorbeeld wanneer zowel de IR-muis als de IMU meet dat ze naar rechts gaan, terwijl ze in de werkelijkheid beiden links gingen. Dan lijkt de relatieve afwijking klein, dus dat beide muizen even 'goed' werkten, terwijl ze eigenlijk beide niet goed functioneerden. Met de twee gemeten afwijkingen ten op zichte van absolute beweging, is het makkelijk te bepalen welke meer of minder afwijkt.

3.3 Dataverwerking

De verkregen data van de IMU wordt als eerst door het Kalman-filter gehad in het programma Excel. Vervolgens worden de waardes overzichtelijk in een grafiek gezet door middel van het programma Excel. De afstand-waardes over de x-as worden op de x-as gezet en die van de y-as op de y-as. Hierdoor ontstaat een beeld van de weg die de IMU heeft afgelegd.

De tekensoftware heeft al een pad getekend die de muis volgens de IR-sensor heeft afgelegd. Aan de hand van de DPI van de muis kan het getekende pad omgezet worden naar een pad dat de echte beweging beschrijft. Zie de DPI als een schaal factor, om een goede vergelijking van de verschillende paden te maken is het belangrijk om deze op te heffen en als het ware een schaal 1:1 te gebruiken.

De data verkregen van de videometing via Coach 7 wordt ook overzichtelijk in een grafiek gezet. Hierbij worden wederom de afstand-waardes over de x-as worden op de x-as gezet en die van de y-as op de y-as. Het is hierbij belangrijk dat de x-as dezelfde indeling heeft als de y-as. Wanneer bijvoorbeeld de y-as per 0,01 meter gaat en de x-as per 0,02 meter, vervormt de cirkel naar een ellips. Dit is niet de bedoeling, want dit geeft geen reëel beeld van de afgelegde beweging en kan dus niet goed vergeleken worden met de andere data.

4. Resultaten

Figuren 6, 7 en 8 zijn de metingen op plexiglas. Figuren 9, 10 en 11 zijn de metingen die op alleen de tafel uitgevoerd zijn. De blauwe lijn stelt de videometing voor, dit is de absoluut afgelegde weg. De oranje lijn zijn de meetgegevens van de

IMU die door het Kalman-filter zijn gehaald. In het zwart zijn de meetgegevens van de IR-muis weergegeven.

Wanneer er gekeken wordt naar de metingen die gedaan zijn op het plexiglas valt te zien dat de IR-muis hier niet goed op functioneert. De kleine hoeveelheid meetpunten die in de grafiek staan toont dit aan. De IMU functioneert wel, maar geeft met zijn meetresultaten niet de juiste beweging weer.

Wanneer er naar de metingen op de tafel gekeken wordt, valt te zien dat de beweging die de IR-muis heeft geregistreerd sterk overeenkomt met de daadwerkelijk afgelegde beweging. De IR-muis functioneert dus goed op de tafel en geeft de juiste beweging weer. De IMU op de tafel geeft gelijkwaardige resultaten weer als die van de metingen op het plexiglas. Dit betekent dat de IMU wederom niet juist functioneerde.

5. Conclusie

Er is te zien dat de IR-muis wel werkte op de 'normale' ondergrond, terwijl hier de IMU niet goed op werkte. Er zijn weinig verschillen tussen de metingen van de IMU op plexiglas en zonder plexiglas. De IMU maakt dus geen onderscheid tussen de twee ondergronden. Toch heeft de IMU in alle metingen wel een grote afwijking ten opzichte van de absoluut afgelegde beweging verkregen door videometing. Daar onderscheidt de IR-muis zich van de IMU, de IR-muis heeft op de 'normale' ondergrond wel overeenkomsten met het absolute pad, terwijl er op het plexiglas bijna helemaal geen functie was.

Op plexiglas werken beide muizen in dit geval niet goed, terwijl op de 'normale' ondergrond de IR-muis wel voldoende functioneert. De IMU is in dit geval op een gewone ondergrond geen vervanger van de IR-muis. Op het plexiglas volgt de IMU-muis ook niet de juiste bewegingen, dat is niet praktisch. Ook op plexiglas is de IMU in dit geval dus geen goed alternatief, ook al functioneerde deze op plexiglas 'beter' dan de IR-muis die niet functioneerde.

6. Discussie

Ten eerste, is het noemenswaardig dat alle bewegingen van de IMU naar linksonder afdwalen. De IMU was niet defect, hij meette in de z-as wel een versnelling van $\sim 9,81 \text{ m/s}^2$. Als het onderzoek bijvoorbeeld met een andere soort IMU werd uitgevoerd, zou het kunnen dat deze afwijking er niet was geweest. Het Kalman-filter kan ook invloed hebben gehad op de resultaten. Het zou namelijk kunnen zijn dat deze de ruis onvoldoende heeft opgevangen. Hierdoor is het heel waarschijnlijk dat er geen geldige conclusie is genomen, ondanks dat er op basis van de verkregen resultaten wel een valide conclusie is getrokken. Het is dus in twijfel te trekken of de vergelijking die in de conclusie gemaakt geldig is.

Ten tweede, het Kalman-filter bewerkt de resultaten die verkregen zijn uit de IMU. Het is daarom logisch om na te gaan of deze de validiteit beïnvloedt. Het Kalman-filter is een van de meest gebruikte filters om ruis te verminderen (Svensson & Carlsson, 2021). Dat is precies waar hier het Kalman-filter voor gebruikt wordt. Daarnaast is het bij dit onderzoek juist van belang hoe de IMU zich met het filter gedraagt. De bruikbaarheid van de IMU wordt namelijk door het Kalman-filter geoptimaliseerd. Daarnaast wordt ervan uitgegaan dat alle ruis zich verdeelt volgens de

gaussverdeling. Hoewel dit een benadering van de realiteit is, zal dit nooit exact overeenkomen. Daarom is het mogelijk dat hierom de werking van de IMU onder het Kalman-filter niet volledig geoptimaliseerd is. Om toch het beste resultaat met het Kalman-filter te krijgen, moet het filter zo veel mogelijk cyclussen doorgaan. Bij elke cyclus wordt het Kalman-filter een stukje nauwkeuriger. Om het aantal doorlopen cyclussen te optimaliseren kunnen twee dingen gedaan worden. Als eerst kan de tijdstap (Δt) zo klein mogelijk worden gemaakt. Hoe kleiner de tijdstap, hoe vaker de cyclus per seconde doorlopen wordt. Daarnaast kan het traject verlengd worden. Hoe langer het traject, hoe meer cyclussen er in totaal doorlopen worden. Er is de keuze gemaakt om het traject niet al te lang te maken, omdat dit de tijd die nodig is om de videometing te verwerken erg verlengt.

Verder, videometen benadert de afgelegde beweging van een object in een video. De precies afgelegde beweging is hierdoor niet te verkrijgen, omdat niet elke toestand van de muis wordt laten zien in de video. Bij 60 fps worden 60 toestanden laten zien per seconde. Dus hoe meer fps, hoe preciezer de afgelegde beweging te bepalen is. Voor betere resultaten kan er met 120 of meer fps gefilmd worden. Hier is wel een high-speed camera voor nodig (Wedio Academy, 2022). Deze was niet ter beschikking.

Bovendien, tijdens het uitvoeren van het experiment zijn de omstandigheden gelijk gebleven. Ook al zouden er veranderingen optreden, heeft de gelijkheid van omstandigheden geen significant effect op de prestaties van de optische muis in combinatie met het Kalman-filter. Zo is een verplaatsing van de camera tussen experimenten door niet erg, omdat er een rolmaat in beeld is voor de schaal. Een IMU is daarentegen wel gevoelig voor elektrische ruis. Dit betekent dat externe elektrische ladingen de condensator kunnen beïnvloeden. Er zijn om dit zoveel mogelijk tegen te gaan voorafgaand van alle metingen maatregelen genomen om statisch ontladen te zijn en geen elektrische ruis over te brengen.

Daarnaast, was het tafelblad tijdens het uitvoeren van het experiment wel wat aan de gladde kant. Dit betekent dat de optische muis niet optimaal heeft gefunctioneerd bij de controlegroep. Het kan dus zijn dat de afwijking van de IR-muis kleiner is als deze op andere ondergronden gebruikt wordt. Echter dit tafelblad is wel een van de oppervlakten die je in het dagelijks leven tegen kan komen. Het kan zijn dat de tafel waar het experiment op gedaan werd niet 100% waterpas was. Dit heeft een effect op de meetwaarden van de IMU. Als de muis onder een hoek beweegt zou je de component moeten berekenen, dit is niet gedaan omdat er aangenomen is dat de muis alleen over de x- en y-as bewogen heeft.

Bij lang durende metingen heeft de IMU meer kans om af te dwalen. Deze staat hierna bij stilstand niet meer op nul. Dit probleem is minder groot bij korte bewegingen. Het is een mogelijkheid dat de gemaakte beweging te kort is, hierdoor kan het zijn dat de IMU niet optimaal is getest.

Ten slotte, er zit wel een beperking aan het gebruik van een IMU bij een computermuis. Mocht deze gebruikt willen worden in een voertuig, bijvoorbeeld een trein, die niet met constante snelheid rijdt, dan registreert de IMU ook de versnelling van het voertuig en zal de muis niet meer werkbaar zijn. Een programma opstellen wat ervoor zorgt dat dit niet gebeurt zou een goede volgende stap zijn in het ontwikkelen van een muis op basis van een IMU.

7. Bibliografie

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2018). ICT, kennis en economie. Opgehaald van CBS: <https://longreads.cbs.nl/ict-kennis-en-economie-2018/ict-gebruik-huishoudens/#:~:text=Computers%20zijn%20niet%20meer%20weg,van%20de%20huishoudens%20een%20tablet>

Clijnen, J. (2003). Ontwikkeling van een computerpen voor het schrijven in een niet-gestructureerde omgeving. Opgehaald van https://kuleuven.limo.libis.be/discovery/fulldisplay?docid=lirias1747317&context=SearchWebhook&vid=32KUL_KUL:Lirias&lang=en&search_scope=lirias_profile&adaptor=SearchWebhook&tab=LIRIAS&query=any,contains,LIRIAS1747317&offset=0

Cma-Science. (2023). Coach 7 Gebruikershandleiding. Opgehaald van https://help.cma-science.nl/coach7guide/Coach_7_Guide_NL.pdf.

Cma-Science. (sd). Vragen over Coach 7 Videometen. Opgehaald van Cma-Science: <https://cma-science.nl/faq-categorie/videometen>

Collector, W. G. (2018). "2019" Maxxter RX750 / Low Budget 5 Euro - Gaming Mouse Unboxing & Review. Opgehaald van <https://www.youtube.com/watch?v=3F0qW5Zv5tQ>

Dadafshar, M. (sd). ACCELEROMETER AND GYROSCOPES SENSORS: OPERATION, SENSING, AND APPLICATIONS. Opgehaald van https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55328954/2_Accelerometer_and_Gyroscopes_Sensors_Operation_Principles_and_Applications-libre.pdf?1513684485=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAccelerometer_and_Gyroscopes_Sensors_Ope.pdf&Expires=170669

Filippeschi, A., Schmitz, N., Miezal, M., Bleser, G., Ruffaldi, E., & Stricker, D. (2017). Survey of Motion Tracking Methods Based on Inertial Sensors: A Focus on Upper Limb Human Motion. *Sensors*, 2.

Kryzhanovsky, E. (2020). The mouse does not obey. If the mouse doesn't listen. Opgehaald van Sangimarket: <https://sangimarket.ru/en/android/ne-slushaetsya-myshka-esli-myshka-ne-slushaetsya-besprovdnaya-s/>

Kuhn, M. (1996, 10 29). International standard paper sizes. Opgehaald van University of Cambridge: <https://www.cl.cam.ac.uk/~mgk25/iso-paper.html>

Miltenburg, T. (2011). Indoor localisation during calamities using inertial navigation. 10, 16.

Palanisamy, N. P. (2016). FILTERING OF IMU DATA USING KALMAN FILTER. 7, 22.

Pang, G., & Liu, H. (2001). Evaluation of a Low-cost MEMS Accelerometer for Distance Measurement. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 251.

Prasoon, P. (2020, mei 1). How an Optical Mouse Works | English.

Svensson, J. Å., & Carlsson, J. G. (2021). Analysis of comparative filter algorithm effect on an IMU. Jönköping University, 2.

van Biezen, M. (2015, November 3). Special Topics - The Kalman Filter (16 of 55) 10: Converting from Previous to Current State 3-D.

van Biezen, M. (2015). Special Topics - The Kalman Filter (18 of 55) What is a Covariance Matrix? Michel van Biezen.

van Biezen, M. (2015, november 7). Special Topics -

The Kalman Filter (20 of 55) Example of Covariance Matrix and Standard Deviation.

van Biezen, M. (2015). Special Topics - The Kalman Filter (20 of 55) Example of Covariance Matrix and Standard Deviation.

van Biezen, M. (2015). Special Topics - The Kalman Filter (20 of 55) Example of Covariance Matrix and Standard Deviation. Kenniscentrum Desing en Technologie.

van Biezen, M. (2015). Special Topics - The Kalman Filter (3 of 55) The Kalman Gain: A Closer Look.

van Biezen, M. (2016, januari 1). Special Topics - The Kalman Filter (31 of 55) 5. The New Observation - Tracking Airplane.

van Biezen, M. (2016, januari 2). Special Topics - The Kalman Filter (32 of 55) 6. Calculate Current State - Tracking Airplane.

van Biezen, M. (2016, Januari 3). Special Topics - The Kalman Filter (33 of 55) 7. Update Process Covariance - Tracking Airplane.

van Heijst, L. (2018). Standaarddeviatie (Voorbeelden) | Berekenen, Interpreteren & Rapporteren. Opgehaald van Scribbr: <https://www.scribbr.nl/statistiek/standaarddeviatie/>

Weaver, J. (2023, November 7). Exposing the Power of the Kalman Filter. Opgehaald van Medium: <https://towardsdatascience.com/exposing-the-power-of-the-kalman-filter-1b78621c3f56>

Wedio Academy. (2022, Augustus 31). Filmmakers gids voor framerate - het ultieme handboek. Opgehaald van Wedio: <https://academy.wedio.com/nl/framerate/>

8. Appendix 1: Kalman-filter

De voorspellingsfase van het Kalman-filter bestaat uit twee delen, het eerste deel wordt als volgt beschreven (van Biezen,

$$x_{k_p} = Ax_{k-1} + Bu_k$$

x_{k_p} voorspelt de huidige toestand van het systeem. De 'p' in x_{k_p} staat dan ook voor predictie (van Biezen, 2015). Deze formule zorgt er dus voor dat er een schatting wordt gedaan naar de afgelegde afstand, snelheid en de versnelling die de muis op tijdstip $t = k$ heeft. Hierbij staan de formules voor de afstand en snelheid opgeslagen in x_{k-1} en staat de meetwaarde van de versnelling opgeslagen in u_k . Al deze gegevens staan opgeslagen in matrices (Miltenburg, 2011).

Het Kalman-filter verwerkt, in dit geval, drie waarden: de versnelling oftewel de acceleratie (a), de snelheid (v), en de afstand (d). Deze toestanden worden bepaald voor zowel de richting van de x-as als de richting van de y-as. Voor beide assen kunnen de formules van het Kalman-filter op dezelfde manier gebruikt worden. Zo gelden de formules voor de afstand en versnelling als volgt (van Biezen, 2015):

$$x_{k-1} = \begin{bmatrix} d_{k-1} \\ v_{k-1} \end{bmatrix}$$

$$v_k = v_{k-1} + a_k \Delta t$$

$$d_k = d_{k-1} + v_{k-1}\Delta t + \frac{1}{2}a_k\Delta t^2$$

Hierbij is Δt een zelf te kiezen tijdsinterval. Hoe kleiner de tijdstap, hoe nauwkeuriger het Kalman-filter. Dit komt doordat hoe vaker de cyclus van het filter tijdens het meten wordt doorlopen, hoe meer kans het filter heeft gehad om nóg nauwkeuriger te worden.

De matrix A bevat alle variabele componenten op $t = k - 1$ (van Biezen, 2015). In dit geval zijn dat de snelheid en de positie. Daarom ziet matrix A er als volgt uit:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \Delta t \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

De matrix B bevat alle waarden die gelden op $t = k$ (van Biezen, 2015). In dit geval is dat onze meetwaarde de versnelling. Daarom zien u_k en matrix B er als volgt uit:

$$B = \begin{bmatrix} \frac{1}{2}\Delta t^2 \\ \Delta t \end{bmatrix} \quad u_k = [a_k]$$

Hieruit volgt dat de formule voor x_{k_p} er als volgt uitziet:

$$x_{k_p} = \begin{bmatrix} 1 & \Delta t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} d_{k-1} \\ v_{k-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{2}\Delta t^2 \\ \Delta t \end{bmatrix} \cdot [a_k]$$

In de tweede stap van de voorspellingsfase wordt er een schatting gemaakt naar de precisie van P_{k_p} door middel van de volgende formule (van Biezen, 2015):

$$P_{k_p} = AP_{k-1}A^T + Q$$

P_{k_p} is hier dus een voorspelling naar de onnauwkeurigheid die de formule voor het voorspellen van de toestanden bevat. Deze gegevens staan opgeslagen in matrices. Later in deze cyclus worden zowel P_{k_p} als x_{k_p} nauwkeuriger gemaakt doormiddel van de Kalman-gain. De 'p' in P_{k_p} staat daarom wederom voor predictie (van Biezen, 2015).

A^T is hier de getransponeerde matrix A. Wanneer een matrix getransponeerd wordt, worden de rijen als kolommen geschreven en de kolommen als rijen, waarbij de volgorde behouden wordt. Daarom ziet de getransponeerde matrix A er als volgt uit:

$$A^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \Delta t & 1 \end{bmatrix}$$

In Q is de variatie (σ_d^2 & σ_v^2) en covariantie (σ_{vd}) opgeslagen. De variantie is het kwadraat van de standaardafwijking. De standaardafwijking geeft de mate van spreiding aan in bepaalde data (van Heijst, 2018). In dit geval gaat dat over de onnauwkeurigheid van de meetwaarden van de IMU. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de onnauwkeurigheden zijn verdeeld

is via gaussverdeling. Dit betekent dat er van uit gegaan wordt dat 68,3% van alle afwijkingen tussen de gemiddelde afwijking en de standaardafwijking liggen. Ook wordt er van uit gegaan dat zowel alle afwijkingen tussen de gemiddelde afwijking en het kwadraat van de standaardafwijking liggen (van Biezen, 2015).

Variatie geeft de mate aan hoeveel een waarde van het gemiddelde van een dataset verschilt. Hoe hoger de variatie, hoe groter de spreiding van de gegevenspunten, en hoe lager de variatie, hoe dichter de gegevenspunten bij het gemiddelde liggen.

De covariantie meet de mate waarin twee variabelen samen variëren. Een positieve covariantie geeft aan dat hogere waarden van de ene variabele samengaan met hogere waarden van de andere variabele, terwijl een negatieve covariantie aangeeft dat hogere waarden van de ene variabele samengaan met lagere waarden van de andere variabele (van Biezen, 2015). De covariantiematrix ziet er daarom als volgt uit:

$$Q = \begin{bmatrix} \sigma_d^2 & \sigma_{dv} \\ \sigma_{vd} & \sigma_v^2 \end{bmatrix}$$

De variatie en covariantie kunnen bepaald worden door een aantal tests te doen waarin de acceleratiemeter telkens dezelfde weg aflegt. Als hieruit ongeveer vijf meetwaarden van zowel de plaats als de snelheid worden bepaald, kunnen hieruit de variatie en de covariantie worden berekend. Deze zijn nodig als startwaarde van P_{k-1} en voor de waarde van Q (van Biezen, 2015). De formules die hiervoor gebruikt worden zien er als volgt uit:

$$\sigma_d^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{d} - d_i)^2}{N}$$

$$\sigma_v^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{v} - v_i)^2}{N}$$

$$\sigma_{vd} \text{ \& } \sigma_{dv} = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{v} - v_i)(\bar{d} - d_i)}{N}$$

Hierbij zijn $\bar{v}$ en $\bar{d}$ de gemiddelden van de vijf meetwaardes. v_i en d_i zijn individuele meetwaarden. N is het aantal meetwaardes, dat is in dit geval dus '5'.

Wanneer dit allemaal wordt samengevoegd ziet P_{k_p} er als volgt uit:

$$P_{k_p} = \begin{bmatrix} 1 & \Delta t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot P_{k-1} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \Delta t & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \sigma_d^2 & \sigma_{dv} \\ \sigma_{vd} & \sigma_v^2 \end{bmatrix}$$

Deze formule hoeft maar één keer met P_{k-1} door middel van de covariantie en de variatie berekend te worden. Dit is als start waarde voor P. Voor de daaropvolgende berekeningen wordt de waarde P_k van de vorige tijdstap genomen voor P_{k-1} .

Tussen de voorspellings- en de correctiefase wordt de

Kalman-gain berekend. De Kalman-gain bepaald hoe zwaar de daadwerkelijke meetwaarden (Y_k) ten opzichte van de schatting (x_{k_p}) mee gaan tellen in de correctiefase. De formule van de Kalman-gain ziet er als volgt uit (van Biezen, 2015):

$$K = \frac{P_{k_p} H^T}{H P_{k_p} H^T + R}$$

Hierbij is H een identiteitsmatrix die ervoor zorgt dat de waarden op de juiste manier staan opgeslagen in de Kalman-gain. Een identiteitsmatrix zorgt ervoor dat elke waarde één keer voorkomt. H^T is diezelfde matrix, maar dan getransponeerd. Deze matrices zien er als volgt uit:

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$H^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

De geschatte meetfouten van de acceleratiemeter staan verwerkt in matrix R. Hiervoor kan wederom een covariantiematrix worden gebruikt. Daarom ziet matrix R er als volgt uit:

$$R = \begin{bmatrix} \sigma_d^2 & \sigma_{dv} \\ \sigma_{vd} & \sigma_v^2 \end{bmatrix}$$

Wanneer er geschat wordt dat de acceleratiemeter weinig afwijking heeft, dus wanneer R richting nul gaat, zal de Kalman-gain richting de één gaan. Dit heeft als gevolg dat er in de correctiefase van de huidige toestand veel waarde wordt gestopt in de meetwaarden (Y_k) en minder in de voorspelling (x_{k_p}). Wanneer er geschat wordt op een grote afwijking, dus wanneer R groot is, zal de Kalman-gain richting nul gaan. Hierdoor wordt er in de correctiefase minder waarde wordt gestopt in de meetwaarden (Y_k) en juist meer in de voorspelling (x_{k_p}) (van Biezen, 2016).

De volgende stap is de observatiestap, hierbij worden de meetwaarden van de acceleratie meter op de juiste manier in een matrix gezet. Y_k is dus een matrix die de meetwaarden bevat. Hierbij hoort de volgende formule:

$$Y_k = C Y_{k_m}$$

Hierbij bevat Y_{k_m} de meetwaardes. Daarom ziet Y_{k_m} er als volgt uit:

$$Y_{k_m} = \begin{bmatrix} d_k \\ v_k \end{bmatrix}$$

C is bij formule Y_k een identiteitsmatrix, deze zorgt ervoor dat de meetwaarden op de juiste manier is opgeslagen. Deze ziet er daarom als volgt uit:

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Hieruit volgt dan de volgende formule (van Biezen, 2016):

$$Y_k = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} d_k \\ v_k \end{bmatrix}$$

Daarna volgt de correctiefase. Hier wordt de nauwkeurige huidige toestand berekend. Die formule ziet er als volgt uit (van Biezen, 2016):

$$x_k = x_{k_p} + K(Y_k - H x_{k_p})$$

Hierna wordt de schatting naar de onnauwkeurigheid van bijgewerkt. In deze stap wordt nauwkeuriger gemaakt. Hierbij hoort de volgende formule (van Biezen, 2016):

$$P_k = P_{k_p}(I - KH)$$

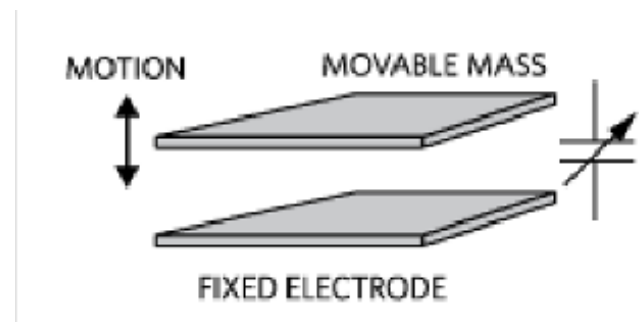
I is in dit geval een identiteitsmatrix. Deze ziet er als volgt uit:

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

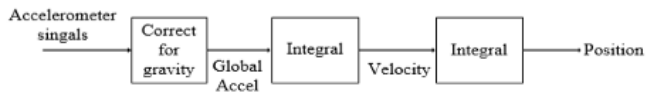
Bij het nauwkeuriger maken van wordt wederom gebruik gemaakt van de Kalman-gain. Wanneer de Kalman-gain dicht bij één ligt, worden er flinke aanpassingen gemaakt aan de voorspelling van P_{k_p} . Dat betekent dat deze niet nauwkeurig was. Wanneer deze dichter bij nul licht, zullen de aanpassingen aan de voorspelling van de schattingsfout covariantiematrix minimaal zijn (van Biezen, 2016).

Bij de cyclus van volgende tijdstap worden de waarden x_k en P_k weer gebruikt. Dit zijn dan de waarden x_{k-1} en P_{k-1} . De gehele cyclus van het Kalman-filter wordt in figuur 5 schematisch weergegeven.

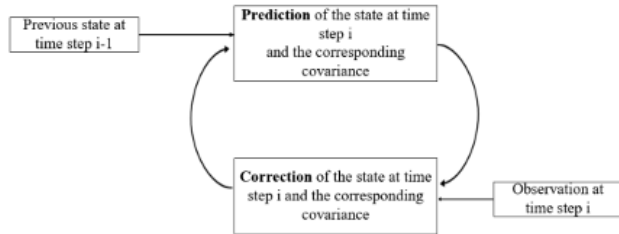
9. Figuren



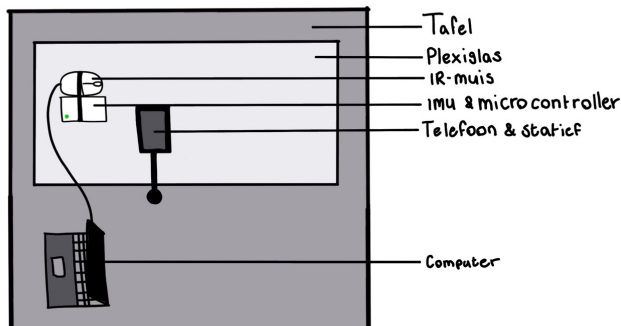
Figuur 1 - De capaciteit verandert door het bewegen van een elektro



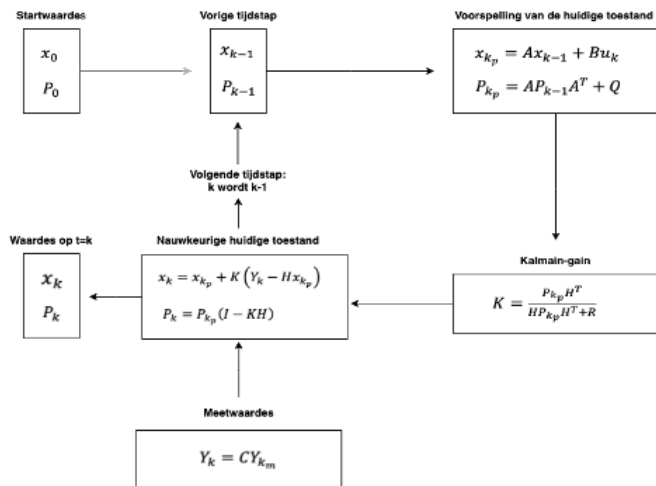
Figuur 2 – Bepalen van verplaatsing door middel van een acceleratiemeter



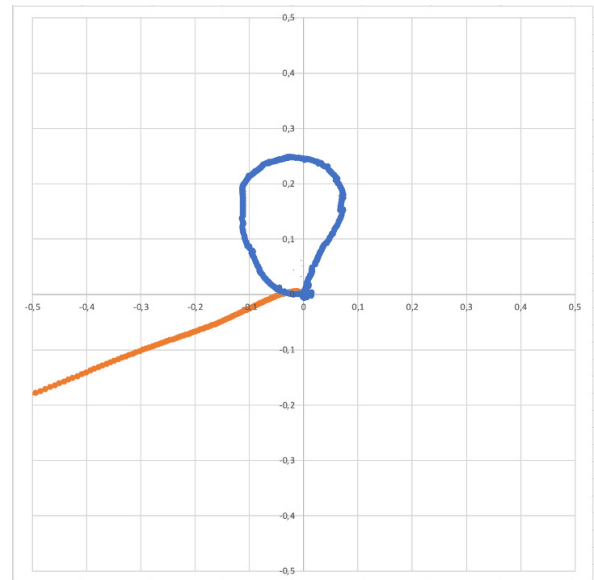
Figuur 3 – De werking van een Kalman-filter



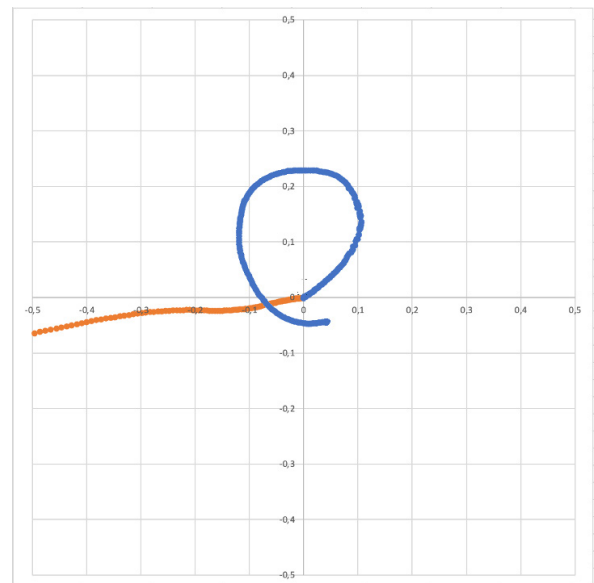
Figuur 4 – Opstelling van het experiment



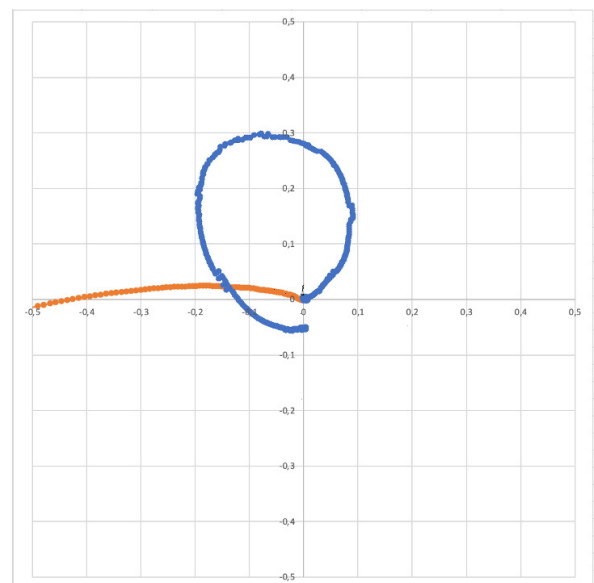
Figuur 5– Cyclus van het Kalman-filter



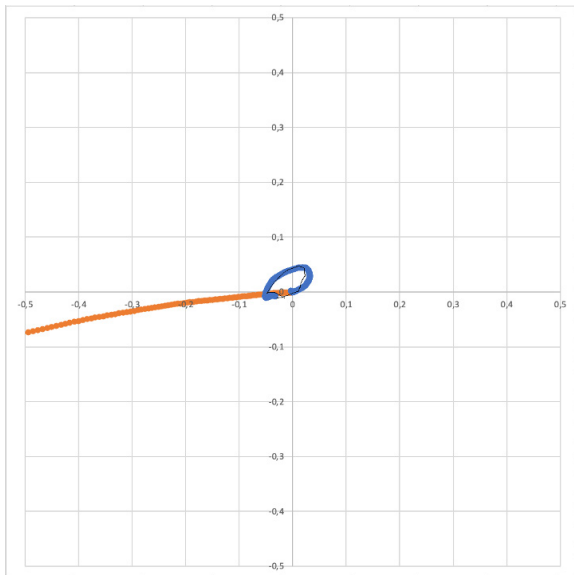
Figuur 6 – Meting 1



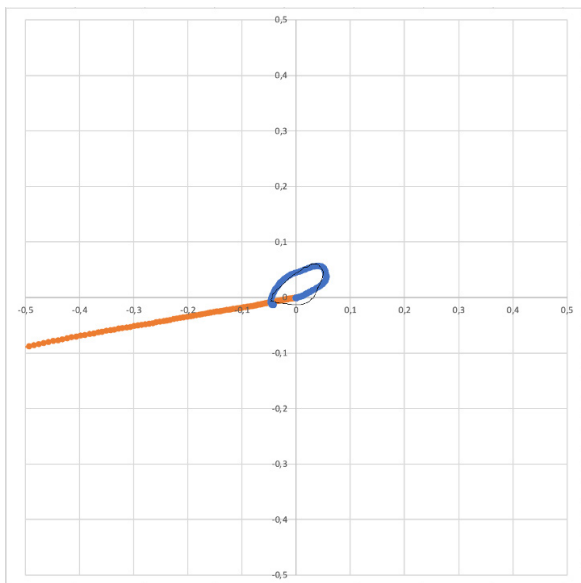
Figuur 7 – Meting 2



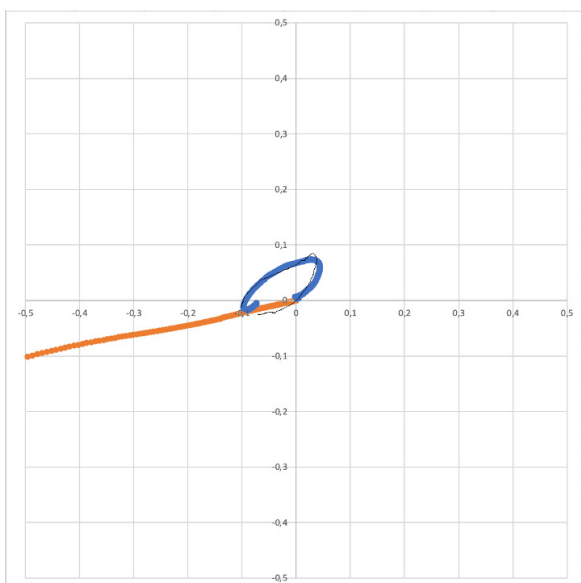
Figuur 8 – Meting 3



Figuur 9 – Meting 4



Figuur 10 – Meting 5



Figuur 11 – Meting 6

Wat is het effect van de hoeveelheid ingenomen magnesium in een week op stress bij jongeren van 16 en 17 jaar?

Hoe dit niet valide onderzoek een goed vooronderzoek kan zijn.

K. Boer², S.A. van de Streek¹, L. Boelhouwer³, N. Bout³, H.E. Lemstra¹, M.W.G. de Vrij²

¹ Carmel College Salland, Raalte

² Bonhoeffer College Bruggertstraat, Enschede

³ Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - In this paper, you will find a study examining the impact of magnesium on stress among young individuals aged 16 and 17. This investigation was prompted by the significant percentage of young people experiencing high levels of stress and the prevalent side effects associated with commonly known stress-relief solutions. The research employed a stress-inducing test, involving a 10-minute pitch with preparation time, during which the participants' stress levels were assessed through measurements of blood pressure, heart rate, and saturation. Two distinct methods were described in this paper. The first method involved calculating participants' magnesium concentrations based on their dietary intake, but it proved to be ineffective. The second method, an enhanced approach, involved administering magnesium citrate pills to the participants. This improved method is suggested for potential future research. Due to the inaccuracies in the initial research and the challenges associated with determining magnesium concentrations in consumed food, the results were challenging, if not impossible, to interpret. As a result, the conclusion drawn from this study is that there is no discernible connection between magnesium levels and stress in young individuals aged 16 and 17.

1. Introductie

In dit paper wordt er gekeken naar de invloed van magnesium op stress bij jongeren op de korte termijn. Het uitgevoerde onderzoek heeft niet de verwachte resultaten gegeven. De resultaten die zijn verkregen uit dit onderzoek zijn zeer onbetrouwbaar. Om deze reden zal in deze paper worden beschreven hoe het onderzoek nu is uitgevoerd en hoe het een volgende keer beter zou kunnen worden gedaan. Deze paper is dus een goed begin voor een vervolgonderzoek.

Stress is een veel voorkomend probleem onder jongeren. In 2021 had namelijk 44,4% van de jongeren vaak stress, veroorzaakt door meerdere redenen. De oorzaken voor stress worden ook wel stressoren genoemd. Voorbeelden van grote stressoren zijn schoolwerk, thuissituatie, prestatiedruk en meningen van anderen (Mentale gezondheid | Regionaal | stress, 2023).

Vele sites geven tips om met deze stress om te gaan, om stress te voorkomen of om stress te verminderen. Voorbeeld van tips zijn: leef gezond en ga sporten, zoek ontspanning en praat over je gevoel met anderen. (Stressmanagement voor jongeren: Hoe kun je omgaan met stress? | Nederlands Jeugdinstituut, z.d.). Toch blijken zulke tips niet altijd te helpen voor jongeren. Dit is te zien aan het hoge percentage jongeren van 16 en 17 jaar die stress ervaren.

Stress kan slechte gevolgen hebben, vooral als deze langere tijd aanhoudt. Deze gevolgen kunnen onder andere slapeloosheid, vermoeidheid, hoofdpijn, geheugenverlies, hartkloppingen, hoge bloeddruk en overmatig zweten zijn (Stress - UMC Utrecht, z.d.).

Om de stress te verminderen wordt er veel gebruik gemaakt van bètablokkers, onder andere door jongeren. In 2022 gebruikten 10.615 jongeren tussen de 15 en 24 jaar de bètablokker propranolol (Zorginstituut Nederland, 2023). Bètablokkers zorgen ervoor dat stresshormonen geen werking meer hebben, waardoor het hart minder snel pompt en de hartslag en bloeddruk dus worden verlaagd (Rambharose, 2014).

Een voorbeeld van een veel gebruikte bètablokker is propranolol. Dit medicijn werkt al na een uur, waardoor jongeren bijvoorbeeld tijdens een toets minder stress ervaren. Toch veroorzaakt propranolol ook bijwerkingen, zoals duizeligheid, slaapstoornissen, koude handen en voeten en vermoeidheid

(Propranolol, z.d.).

Naast bètablokkers bestaan er ook een aantal kalmeringsmiddelen, zoals diazepam. Kalmeringsmiddelen zorgen ook voor een vermindering van stress. Diazepam zorgt onder andere voor spierontspanning. Dit zou kunnen helpen bij bijvoorbeeld angstgevoelens en onrustigheid. Toch heeft diazepam ook veel bijwerkingen, zoals sufheid (Diazepam, z.d.).

Het blijkt dus dat vele bestaande oplossingen voor stress veel bijwerkingen hebben. Om deze reden wordt er in dit onderzoek gekeken naar een andere oplossing voor stress, namelijk magnesiumcitraat. Magnesiumcitraat heeft geen bijwerkingen zoals vermoeidheid en concentratieproblemen, wat een probleem zou geven voor jongeren met stress. Een tablet magnesiumcitraat kan stresssymptomen verminderen (Pruyssers, 2018).

Er zijn al verschillende onderzoeken gedaan naar de invloed van magnesium op stress, maar er is nog niet onderzocht wat magnesium kan doen op de korte termijn bij stress bij jongeren. Tijdens dit onderzoek wordt er daarom gekeken naar het effect van magnesium bij jongeren tijdens een stresstest. Hieruit volgt de onderzoeksvraag: wat is het effect van de hoeveelheid ingenomen magnesium in een week op stress bij jongeren van 16 en 17 jaar?

2. Theoretisch kader

2.1 Stress

Stress kent verschillende betekenissen, maar wordt in dit onderzoek gedefinieerd als een vorm van spanning die in het lichaam optreedt als reactie op externe prikkels met fysiologische reacties als gevolg (Wikipedia-bijdragers, 2023). Het is een normaal en nuttig proces, maar je kan er ook last van hebben (Stress - UMC Utrecht, z.d.).

Stress wordt veroorzaakt door externe prikkels die signalen geven die de hersencentra bereiken. Deze signalen activeren vervolgens de hypothalamus. Zodra de hypothalamus signalen ontvangt van stress, via het zenuwstelsel of via de bloedbaan, geeft de hypothalamus het molecuul corticotropine-releasing hormoon (CRH) af. Deze stof komt in de bloedvaten rondom de hypofyse, waardoor die op zijn beurt het adrenocorticotroop hormoon (ACTH) gaat produceren. Doordat ACTH is vrijgekomen en in de bloedbaan terechtgekomen is, gaat de bijnier-

schors het stresshormoon cortisol produceren. Cortisol geeft negatieve feedback aan de hypothalamus, wat als effect heeft dat de productie van CRH wordt stopgezet. Bij stress hebben de spieren in het lichaam meer zuurstof nodig omdat ze erg gespannen zijn. Om aan deze vraag naar zuurstof te kunnen voldoen gaat het hart sneller kloppen, zodat er meer zuurstof kan worden opgenomen in het bloed. Ook kan de bloeddruk stijgen, doordat cortisol ervoor zorgt dat de nieren meer zout vasthouden. Hierdoor wordt er meer water vastgehouden wat zorgt voor een stijging van de bloeddruk.

Kortdurende stress veroorzaakt een schrikreactie, waardoor het sympathische zenuwstelsel in werking wordt gezet en er adrenaline en noradrenaline worden geproduceerd. Dit zijn beide stresshormonen. Het sympathische zenuwstelsel zorgt er onder andere voor dat het hart sneller gaat kloppen, de bloeddruk stijgt en de ademhaling versnelt. Uit deze gegevens blijkt dat hartslagfrequentie, bloeddruk en saturatie indicatoren kunnen zijn voor stress (Cortisol, z.d.) (Meerum Terwogt, z.d.) (Cortisol, z.d.) (TED-Ed, 2015).

Het fenomeen witte-jas-hypertensie zorgt ook voor een verhoogde hartslag en bloeddruk. Dit komt voor bij mensen die bij artsen of onderzoekers in de buurt zijn, waardoor ze stress krijgen (Janssen & Thien, 1995).

2.2 Magnesium

Magnesium is een mineraal dat je via voeding binnenkrijgt. Voorbeelden van magnesiumrijk voedsel zijn: cashewnoten, walnoten, vis, mais, sojabonen en pure chocolade (Ingrid, 2023). Het magnesiumgehalte kan worden verhoogd door het slikken van magnesiumtabletten. Deze zijn er in verschillende vormen zoals magnesiumcitraat en magnesiumchloride. In elke soort zit magnesium, maar zijn de magnesiumatomen verbonden met een andere stof. De opname van magnesiumcitraat duurt tussen de 4 en 7 uur (Zorginstituut Nederland, z.d.).

Magnesium is een calciumkanalenblokker en heeft een antagonistische werking op calcium. Calcium zorgt voor het samentrekken van spieren, magnesium zorgt juist voor het ontspannen van de spieren. Deze werking begint met dat de magnesiumatomen op de ingang van een calcium kanaal gaan zitten. Die kanalen zitten vooral aan de rand van het membraan van het gladde spierweefsel. Spieren van het gladde spierweefsel kunnen niet bewust worden aangespannen. Bloedvaten zijn voorbeelden van dit soort weefsel (René, 2023). Doordat het magnesium op deze ingang gaat zitten, sluit de poort van het calciumkanaal en kan er dus geen calcium meer vrijkomen. Dat zorgt voor de deactivatie van een bepaald enzym, myosine light-chain kinase (Osmosis from Elsevier, z.d.). In plaats van myosine komt er dan myosinefosfaat vrij. Dit zorgt voor het ontspannen van het gladde spierweefsel. Het magnesium zorgt dus voor een cascade van reacties, waardoor uiteindelijk de spieren ontspannen. Naast het aanspannen van de spieren door middel van calcium, spannen ze ook aan tijdens een stressreactie. Het aanspannen van de spieren gaat vaak onbewust en wordt ook wel de 'fight or flight response' genoemd. In beide gevallen is het aanspannen van de spieren nodig en is het dus handig dat dit gelijk gebeurt wanneer er stress wordt ervaren (D'Angelo et al., 1992).

2.3 Stress door openbaar spreken

Jongeren hebben meer angst voor openbaar spreken dan voor de dood, als ze al hun angsten moeten aangeven (Dwyer &

Davidson, 2012). 75% van de jongeren heeft tegenwoordig spreekangst (Raja, 2017). Het blijkt dat het spreken voor een groep mensen veel stress veroorzaakt bij veel jongeren. Dit zijn zowel fysiologische als psychologische reacties. De psychologische reactie is bijvoorbeeld te zien aan de verandering in bloeddruk. De bloeddruk kan ook stijgen door fysiologische reacties, zoals lopen of praten (Feldman et al., 2004). Het anticiperen op het spreken is net zo stress gevend als het daadwerkelijke spreken (Il et al., 1963) (Saab et al., 1992).

Er wordt verwacht dat mensen die meer kwetsbaar zijn voor een stressor, zoals een spreektaak, meer fysiologische reacties zullen tonen. Het model van stress en coping zou voorspellen dat deze individuen grotere fysiologische reacties vertonen, omdat ze de taak eerder als bedreigend zullen beoordelen of over onvoldoende coping-middelen beschikken. Dit zal op zijn tijd leiden tot grotere negatieve emoties, zoals angst (Lazarus & Folkman, 1984). Deze hypothese werd onderzocht in een eerder onderzoek, waaruit bleek dat deelnemers die meer spreekangst hadden de spreektaak als bedreigender beoordeelden. Hieruit werd duidelijk dat zij meer negatieve emoties rapporteerden, maar dezelfde niveaus van verandering in bloeddruk en hartslag vertoonden als degenen die minder angstig waren (Baggett et al., 1996). Het maakt dus niet uit voor de uitkomsten van dit onderzoek als een aantal participanten een spreektaak enger vinden dan anderen.

3. Methode

De gebruikte methode tijdens dit onderzoek bleek achteraf niet de meest betrouwbare methode. Er zou in eerste instantie gebruik worden gemaakt van de methode beschreven in 3.2, maar deze methode kon niet worden uitgevoerd, doordat de scholen geen toestemming gaven om minderjarige participanten een pil magnesiumcitraat te geven. Dit komt door het ethische dilemma waarmee de scholen en de onderzoekers te maken kregen, namelijk: Is het ethisch verantwoord om minderjarige participanten een pil magnesiumcitraat te geven?

Zie hieronder eerst de uitgevoerde methode en daarna de methode die eigenlijk zou moeten worden gebruikt voor een grotere betrouwbaarheid. De methode beschreven in 3.2 zou dus goed kunnen worden gebruikt in een vervolgonderzoek.

3.1 Uitgevoerde methode

In dit onderzoek wordt onderzocht of de hoeveelheid ingenomen magnesium via voeding gedurende een week invloed heeft op de stress symptomen, die de onderzoeksgroep krijgt onder invloed van stressoren.

Tijdens dit onderzoek is gekozen voor één onderzoeksgroep. Deze onderzoeksgroep bestaat uit jongeren van 16 en 17 jaar. Gedurende het onderzoek worden de proefpersonen blootgesteld aan een stresstest. De proefpersonen weten niet dat het om een stresstest gaat. Voor, tijdens en na de stresstest wordt een inventarisatie gemaakt van de hoeveelheid stress symptomen die de proefpersonen ervaren. Deze inventarisatie wordt gedaan door middel van het meten van de bloeddruk, hartslag en saturatie.

Zodra de proefpersonen in het klaslokaal komen, krijgen ze nog geen informatie over de test die ze later zullen ondergaan. Er wordt meteen een nulmeting uitgevoerd. Hierbij wordt door middel van een bloeddrukmeter de bloeddruk gemeten en met behulp van een saturatiemeter worden de hartslag en saturatie gemeten. Na de eerste nulmeting zullen alle proefpersonen een enquête invullen over hun algemene gezondheid en eetpatro-

nen (bijlage A). Zo kan er een beeld worden gevormd over de algemene gezondheid van alle proefpersonen. In de enquête staat een tabel met magnesiumrijke producten. Hierin geven zij aan hoe vaak ze deze producten afgelopen week hebben gegeten.

Vanwege het fenomeen witte-jas-hypertensie wordt nog een tweede nulmeting uitgevoerd. De tweede nulmeting zorgt ervoor dat deze variabele wordt uitgeschakeld, omdat de proefpersonen hebben kunnen wennen aan het idee dat ze meedoen met een onderzoek.

De stresstest bestaat uit het geven van een pitch voor de onderzoeksgroep. In deze pitch vertelt de proefpersoon of hij of zij voor of tegen dierproeven is. Elke participant krijgt 10 minuten voorbereidingstijd. Uit onderzoek is gebleken dat het voorbereiden van een presentatie bijna even veel stress geeft als het daadwerkelijk geven van de pitch (Feldman et al., 2004).

Vanwege tijdsgebrek, door het lesrooster van de participanten, geven 12 van de 20 proefpersonen daadwerkelijk een pitch. Alle proefpersonen krijgen 5 artikelen over dierproeven met daarnaast ook een leeg blaadje om aantekeningen op te maken. Er wordt benoemd dat er tijdens de pitch zal worden gelet op hoe er wordt gepresenteerd en hoe iemand voor de groep staat. Zodra de 10 minuten beginnen gaat de stresstest van start. Tijdens de voorbereidingstijd is er volledige stilte. Dit houdt de betrouwbaarheid van de metingen zo hoog mogelijk. Tijdens de tweede, vijfde en negende minuut van de voorbereidingstijd worden de bloeddruk, hartslag en saturatie bij iedereen gemeten. In de voorbereidingstijd wordt nog twee keer expliciet benoemd dat ze de pitch goed moeten voorbereiden om de stress te verhogen. Doordat ze alleen door middel van de artikelen hun mening hoeven te vormen over dierproeven, tellen alleen de psychologische componenten van het onderzoek mee en spelen de fysiologische aspecten niet mee, de personen bewegen immers niet.

Na de voorbereidingstijd zijn er 12 van de 20 mensen die daadwerkelijk moeten gaan pitchen. Niet alle participanten houden een pitch, door tijdsgebrek vanwege het lesuur waarin zij meedoen aan het onderzoek. Tijdens deze pitch wordt alleen de hartslag en saturatie gemeten. Er wordt geen bloeddruk gemeten vanwege het fysiologische aspect dat bij het staan en presenteren de bloeddruk te veel wordt beïnvloed.

Zodra het pitchen is afgelopen krijgen de participanten te horen dat ze zojuist mee hebben gedaan aan een stresstest. Om inzicht te krijgen in hoe zij deze test hebben ervaren vullen ze een korte enquête in met daarin onder andere de vraag hoe stress gevend zij deze test vonden (bijlage B).

3.2 Methode met grotere betrouwbaarheid

In dit onderzoek wordt onderzocht of het innemen van een pil magnesiumcitraat van 200 mg invloed heeft op de stress symptomen die de onderzoeksgroepen krijgen onder invloed van stressoren.

Het onderzoek bestaat uit twee onderzoeksgroepen: de interventiegroep en de controlegroep. Deze onderzoeksgroepen bestaan beide uit jongeren van 16 en 17 jaar. Alle participanten zijn van elkaar allemaal onbekende personen, zodat de stresstest waarschijnlijk als stress gevend wordt beoordeeld.

De ouders van de mogelijke participanten krijgen een bief met de vraag of hun kind mee mag doen met een onderzoek, aangezien de jongeren minderjarig zijn (Bijlage C). Er wordt niet benoemd dat het een stresstest is, om ervoor te zorgen dat de metingen niet bewust zullen worden beïnvloed door het feit

dat ze weten dat het een stresstest is.

De interventiegroep krijgt 6 uur voorafgaand aan het onderzoek een magnesiumcitraat pil van 200 mg. De controlegroep krijgt 6 uur voorafgaand aan het onderzoek een placebo pil. De participanten weten niet of ze een placebo pil of een magnesiumcitraat pil krijgen.

Tijdens het onderzoek worden de proefpersonen blootgesteld aan een stresstest. Alle proefpersonen zijn zich er niet van bewust dat zij een stresstest krijgen. Voor, tijdens en na de stresstest wordt een inventarisatie gemaakt van de hoeveelheid stress symptomen die de proefpersonen hebben. Deze inventarisatie wordt gedaan door middel van het meten van de bloeddruk, hartslag en saturatie.

Zodra de personen het lokaal binnenkomen wordt de nulmeting uitgevoerd. Hierbij wordt door middel van een bloeddrukmeter de bloeddruk gemeten en met behulp van een saturatiemeter worden de hartslag en saturatie gemeten. De metingen worden uitgevoerd met hetzelfde materiaal. Er wordt dus bijvoorbeeld geen gebruik gemaakt van verschillende merken saturatiemeters, om te zorgen dat in de metingen geen afwijkingen zitten door verschillend materiaal.

Na de eerste nulmeting zullen alle proefpersonen een enquête invullen (bijlage D).

Deze enquête gaat over hun algemene gezondheid en stress. Zo kan er een beeld worden gevormd over de algemene gezondheid van alle proefpersonen. In de enquête staan ook vragen die niet te maken hebben met stress, zodat de participanten niet de indruk krijgen dat ze met een stresstest meedoen. Vanaf dit moment verloopt het onderzoek met de methode met grotere betrouwbaarheid op dezelfde manier verder als de gebruikte methode (zie 3.2 gebruikte methode).

4. Resultaten

In totaal hebben 20 jongeren deelgenomen aan het onderzoek. De ingevulde enquête vooraf aan het onderzoek geeft inzicht in de algemene kenmerken van de proefpersonen (figuur 1). In deze tabel staat ook hoe stressvol de proefpersonen de test hebben ervaren. Hieruit blijkt dat de proefpersonen de stress gemiddeld beoordelen met een 1,5, waarbij 1 geen stress is en 5 heel veel stress.

Er is geprobeerd de gemiddelde magnesiuminname gedurende een week per proefpersoon te berekenen. Dit zou berekend kunnen worden door middel van de ingevulde tabellen uit de eerste enquête die de personen hebben ingevuld. Als de participant bijvoorbeeld de afgelopen week 4 keer een banaan en 3 keer een portie spinazie had gegeten, kon de hoeveelheid ingenomen magnesium berekend worden. Een banaan bevat gemiddeld 40,5 mg magnesium, een portie spinazie 40,0 mg. De ingenomen hoeveelheid magnesium is als volgt berekend:

$$\text{Ingenomen magnesium} = 4 \times 40,5 + 3 \times 40,0 = 282 \text{ mg}$$

Zo werd van elk magnesiumrijkproduct in de enquête geschat wat de hoeveelheid milligram magnesium in dat product was, waarmee de hoeveelheid ingenomen magnesium van een participant gedurende een week berekend kon worden.

De hoeveelheid ingenomen magnesium is in meerdere grafieken uitgezet tegen de bloeddruk, hartslag en saturatie. De eerste nulmeting is niet verwerkt in de grafieken vanwege het fenomeen witte-jas-hypertensie. De tweede nulmeting is hierdoor betrouwbaarder.

In figuur 2 is een voorbeeld te zien van hoe een grafiek eruit

komt te zien met de berekende hoeveelheden magnesium. Van elke meting is er een R^2 -waarde berekend. Deze waarde geeft aan hoe sterk het lineaire verband is. Hoe dichter dit getal bij de 1,0000 ligt, hoe sterker het lineaire verband is. Bij elke meting in figuur 2 is een trendlijn te zien met een bijbehorende R^2 -waarde. Bij meting 2 is een dalende trendlijn te zien met een R^2 -waarde van 0,002. Bij meting 3 is ook een dalende trendlijn te zien met een R^2 -waarde van 0,0765. Ook bij meting 4 is een dalende trendlijn te zien met een R^2 -waarde van 0,1147. Bij meting 5 heeft de dalende trendlijn een R^2 -waarde van 0,0422. Deze lage R^2 -waarden geven weer dat er geen duidelijk lineair verband is tussen de ingenomen hoeveelheid magnesium in een week en de saturatie. Figuur 2 geeft weer hoe onbetrouwbaar de resultaten zijn.

5. Conclusie

Uit dit onderzoek is gebleken dat er geen verband is tussen de ingenomen hoeveelheid magnesium tijdens een week en de bloeddruk, hartslag en saturatie.

6. Discussie

In deze paper is een onderzoek te lezen met daarbij twee verschillende methodes. Het grootste verschil tussen beide methodes is de betrouwbaarheid. Bij de gehanteerde methode, die wordt beschreven in 3.1, wordt er gebruik gemaakt van gegevens over de ingenomen voeding van de proefpersonen aan de hand van een tabel die ze hebben ingevuld (bijlage A). Hiermee is er geprobeerd te berekenen hoeveel magnesium de participanten die week hebben ingenomen. Om dit te kunnen berekenen moest het magnesiumgehalte van de magnesiumrijke producten uit de tabel worden opgezocht en berekend. Tijdens het berekenen hiervan werd er echter gemerkt dat van veel producten het magnesiumgehalte lastig tot niet te vinden is. Dit maakt het rekenen erg lastig. Als het magnesiumgehalte wel te vinden was, ging het vaak om kleine hoeveelheden. Door deze kleine hoeveelheden is een effect hiervan niet te verwachten en dus waarschijnlijk niet aan te tonen. Daarbij is er een selectie gemaakt van een aantal magnesiumrijke producten waarvan de personen konden aankruisen of ze deze wel of niet hadden gehad in die afgelopen week. Hierbij is geen rekening gehouden met wat de proefpersonen allemaal nog meer hebben gegeten of gedronken. In deze andere producten zou ook (veel) magnesium, of een andere stof die de metingen kan beïnvloeden, kunnen zitten. Dit betekent dat er variabelen zijn die meetellen, waar geen rekening mee is gehouden tijdens het onderzoek. Dit maakt het onderzoek niet valide. Uiteindelijk is er geprobeerd een schatting te maken van de ingenomen hoeveelheid magnesium van de week voorafgaand aan het onderzoek, maar dit werd uiteindelijk een hele onnauwkeurige schatting en dit is dus geen goede methode. Om de onnauwkeurigheid hiervan uit te schakelen, is er in de methode van 3.2 gebruik gemaakt van een pil magnesiumcitraat van 200 mg. Zo is er bij elk persoon duidelijk hoeveel magnesium zij precies hebben ingenomen, namelijk 200 mg of 0 mg als ze de placebo pil hebben gehad in plaats van de magnesiumcitraat pil. Omdat de participanten minderjarig zijn, vullen hun ouders een toestemmingsformulier in, waarmee zij toestemming geven dat hun kind een pil magnesiumcitraat of een placebo pil krijgt. Na de stresstest is, bij de uitgevoerde methode, aan alle participanten gevraagd hoeveel stress zij tijdens de stresstest hebben ervaren. Uit deze enquête bleek dat ze dit gemiddeld een 1,5 uit de 5 punten gaven, waarbij 1 geen stress is en 5 heel veel

stress. Dit betekent dat de proefpersonen relatief weinig stress hebben ervaren bij de stresstest. Zij gaven aan dat dit onder andere kwam door de samenstelling van de onderzoeksgroep en de omgeving waarin de test was. De groep bestond namelijk uit leerlingen uit één klas en de test werd afgenomen in een klaslokaal bij hen op school. Dit voelde voor de proefpersonen als een veilige omgeving en het idee dat ze moesten spreken voor deze groep gaf hun minder stress dan als ze zouden moeten presenteren voor een andere groep. Om deze reden wordt er in de tweede methode gebruik gemaakt van een groep met participanten die elkaar niet kennen en wordt de test uitgevoerd in een voor hen onbekende omgeving. Over de samenstelling van de onderzoeksgroep valt nog te zeggen dat deze bij de methode in 3.1 te klein was om een goede conclusie te kunnen trekken. Deze bestond namelijk maar uit 20 participanten. Deze kleine onderzoeksgroep vertegenwoordigt niet de hele doelgroep van 16 en 17 jaar in Nederland. In een vervolgonderzoek zou een grotere onderzoeksgroep een grotere betrouwbaarheid geven. Uit het onderzoek 'Psychological stress, appraisal, emotion and cardiovascular response in a public speaking test' is gebleken dat de spreektest de bloeddruk en hartslag verhoogd bij de participanten. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van twee onderzoeksgroepen. De controlegroep kreeg een leesopdracht. Zij vertoonden in de voorbereiding van de leesopdracht geen verandering van de bloeddruk en hartslag. De interventiegroep kreeg een spreekopdracht waarbij de participanten 10 minuten voorbereidingstijd kregen om een pitch voor te bereiden. De interventiegroep vertoonde in de voorbereidingstijd een verhoging van de bloeddruk en hartslag, tijdens de daadwerkelijke pitch werd geen verhoging van de bloeddruk en hartslag gemeten ten opzichte van de voorbereidingstijd. Deze resultaten verschillen dus aanzienlijk met de resultaten van dit onderzoek, hoewel de stressor hetzelfde was. Het verschil tussen deze onderzoeken is de onderzoeksgroep, in het onderzoek van Feldman et al. (2004) kenden de participanten elkaar én de onderzoekers niet. Dit bevestigt het vermoeden dat de spreektest als meer stress gevend ervaren kan worden wanneer de participanten elkaar niet kennen (Feldman et al., 2004). Bij de methode in 3.1 konden niet alle participanten de pitch daadwerkelijk doen door de beperkte tijd van de les, maar tijdens het uitvoeren van de methode in 3.2 komt wel iedereen aan de beurt, om zo de test voor iedereen zo gelijk mogelijk te houden. Een groot verschil tussen beide methodes zijn de meetinstrumenten. Er is tijdens de uitvoering van de methode in 3.1 gebruik gemaakt van polsbloeddrukmeters. Tijdens het meten gaven deze allemaal af en toe een error of een andere foutmelding en dus is de nauwkeurigheid van deze meters discutabel. In methode van 3.2 zou er daarom beter gebruik gemaakt worden van nieuwe en goed betrouwbare bloeddrukmeters. Daarbij zou er dan beter gebruik gemaakt kunnen worden van bovenarm bloeddrukmeters in plaats van de polsbloeddrukmeters. Bovenarm bloeddrukmeters geven een betrouwbaarder beeld van de daadwerkelijke bloeddruk dan polsbloeddrukmeters. Tijdens een vervolgonderzoek zou vooraf vooral rekening gehouden moeten worden met het ethische aspect van onderzoek doen. Dit zou voorkomen dat tijdens het onderzoek blijkt dat het onderzoek niet op de oorspronkelijke manier kan worden uitgevoerd doordat er ethische dilemma's in de weg zitten, zoals bij dit onderzoek is gebeurd. Dit onderzoek zou namelijk worden uitgevoerd op middelbare scholen. Vanwege het ethische aspect vonden de scholen het niet goed als er een pil zou

worden toegediend, zelfs niet met toestemming van de ouders/verzorgers. Hierdoor moest de methode worden aangepast. Later bleek dat de uitgevoerde, aangepaste methode minder betrouwbaar was dan de oorspronkelijke methode.

Met dit besef en met de beschreven methode met een grotere betrouwbaarheid kan er een meer valide vervolgonderzoek worden uitgevoerd met de vraag wat magnesium op korte termijn voor een invloed heeft op stress.

7. Bibliografie

Baggett, H. L., Saab, P. G., & Carver, C. S. (1996). Appraisal, coping, task performance, and cardiovascular responses during the evaluated speaking task. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 22(5), 483–494. <https://doi.org/10.1177/0146167296225006>

Cortisol. (z.d.). Certe.nl. Geraadpleegd op 24 september 2023, van <https://www.certe.nl/zorgverleners/huisartspraktijken-en-verloskundigen/servicebericht/content/cortisol>

D'Angelo, E., Singer, H. A., & Rembold, C. M. (1992). Magnesium relaxes arterial smooth muscle by decreasing intracellular CA^{2+} without changing intracellular MG^{2+} . *Journal of Clinical Investigation*, 89(6), 1988–1994. <https://doi.org/10.1172/jci115807>

Diazepam. (z.d.). Apotheek.nl. Geraadpleegd op 13 oktober 2023, van <https://www.apotheek.nl/medicijnen/diazepam#wat-zijn-mogelijke-bijwerkingen>

Dwyer, K. K., & Davidson, M. (2012). Is public speaking really more feared than death? *Communication Research Reports*, 29(2), 99–107. <https://doi.org/10.1080/08824096.2012.667772>

Feldman, P. J., Cohen, S., Hamrick, N., & Lepore, S. J. (2004). Psychological stress, appraisal, emotion and Cardiovascular response in a public speaking task. *Psychology & Health*, 19(3), 353–368. <https://doi.org/10.1080/0887044042000193497>

Il, S., Gm, I., & Wr, H. (1963). Stress in dental patients. IV. Effect of local anesthetic administration on serum free 17-hydroxycorticosteroid patterns. *Journal of Oral Surgery Anesthesiology Hospital Dental Services*, 21, 50–54. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13976785>

Ingrid. (2023, 5 februari). Magnesiumvoeding | Beste 20 voedingsmiddelen met magnesium. *Gezonder Leven*. Geraadpleegd op 30 augustus 2023, van <https://gezonderleven.org/magnesium/magnesiumvoeding/>

Janssen, M. C. H., & Thien, Th. (1995). “Spreekuur” of “witte-jas-hypertensie”. *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*, 2401–2404.

Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1984). *Stress, Appraisal, and Coping*. New York, NY: Springer; *Encyclopedia of Behavioral Medicine*. <https://ci.nii.ac.jp/naid/10015183136/>

Meerum Terwogt, C. (z.d.). Het stress- en angst-systeem. Eerstelijnspsychologen Den Bosch. https://www.edb-online.nl/inc/media/content/downloads/inhoud/content/EDB_Het_stress_en_angstsysteem.pdf

Mentale gezondheid | Regionaal | stress. (z.d.). Volksgezondheid en Zorg. <https://www.vzinfo.nl/mentale-gezondheid/regionaal/stress#meer-informatie-jeugd>

Mentale gezondheid | Regionaal | stress. (2023, 20 juni).

Volksgezondheid en Zorg. Geraadpleegd op 7 augustus 2023, van <https://www.vzinfo.nl/mentale-gezondheid/regionaal/stress#meer-informatie-jeugd>

Osmosis from Elsevier. (z.d.). Calcium-channel

blockers: Nursing Pharmacology [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=tLpjXgo0ER0>

Propranolol. (z.d.). Apotheek.nl. Geraadpleegd op 13 oktober 2023, van <https://www.apotheek.nl/medicijnen/propranolol#angstgevoelens-en-gespannenheid>

Pruyssers, A. (2018, 12 juni). Hartkloppingen en voeding - Vita-info.nl. vita-info.nl - Voeding en Gezondheid. Geraadpleegd op 30 augustus 2023, van <https://vita-info.nl/2018/05/hartkloppingen-en-voeding/>

Raja, F. U. (2017). Anxiety level in Students of Public Speaking: Causes and remedies. *Journal of education and educational development*, 4(1), 94–110. <https://doi.org/10.22555/joed.v4i1.1001>

Rambharose, R. (2014). De bètablokkers. *Tijdschrift voor praktijkondersteuning*, 9(6), 188–190. <https://doi.org/10.1007/s12503-014-0106-0>

René, J. B. A. (2023, 21 mei). Glad spierweefsel, gladde Spieren, dwarsgestreept spier. Buteyko methode, Buteyko therapie, Buteyko ademhaling. <https://www.gezondeademhaling.nl/glad-spierweefsel/>

Saab, P. G., Llabre, M. M., Hurwitz, B. E., Frame, C. A., Reineke, L. J., Fins, A. I., McCalla, J. R., Cieply, L. K., & Schneiderman, N. (1992). Myocardial and peripheral vascular responses to behavioral challenges and their stability in Black and white Americans. *Psychophysiology*, 29(4), 384–397. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1992.tb01712.x>

Stress - UMC Utrecht. (z.d.). UMC Utrecht. Geraadpleegd op 25 oktober 2023, van <https://www.umcutrecht.nl/nl/ziekte/stress>

Stressmanagement voor jongeren: Hoe kun je omgaan met stress? | Nederlands Jeugdinstituut. (z.d.). Nederlands Jeugdinstituut. Geraadpleegd op 20 oktober 2023, van <https://www.nji.nl/welbevinden/omgaan-met-stress#:~:text=Verminder%20stress%20door%20te%20doen%20waar%20je%20je%20goed%20bij%20voelt&text=gezond%20leven%3A%20werk%2C%20studeer%20of,niet%20teveel%20alcohol%20en%20drugs.>

TED-Ed. (2015, 9 november). How stress affects your brain - Madhumita Murgia [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=WuyPuH9jCE>

Wikipedia-bijdragers. (2023, 10 september). Stress. Wikipedia. Geraadpleegd op 12 september 2023, van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Stress>

Zorginstituut Nederland. (z.d.). Magnesiumcitraat. Geraadpleegd op 9 januari 2024, van <https://www.farmacotherapeutischkompas.nl/bladeren/preparaatteksten/m/magnesiumcitraat>

Zorginstituut Nederland. (2023, 18 augustus). Aantal gebruikers naar leeftijd en geslacht voor ATC-code C07AA : niet-selectieve beta-blokkers in 2022 | GIPdatabank.nl. GIPdatabank.nl. Geraadpleegd op 4 november 2023, van https://www.gipdatabank.nl/databank?infotype=g&label=00-toetaal&tabel=B_03-lftgesl&geg=gebr&item=C07AA

Appendix A: De enquête na de nulmeting

Persoonsgegevens:

Uw gegevens worden anoniem verwerkt. Tijdens het onderzoek zullen wij werken met uw nummer.

Nummer:

Naam:

Geboortedatum:

Geslacht:

Lengte (cm):

Gewicht (kg):

Medicijnen (zo ja, welke medicijnen en hoe vaak gebruikt u die):

Allergieën:

Handtekening (toestemming voor dit onderzoek):

Heeft u de afgelopen week last gehad van:

	Nee	Soms	Regelmatig	Vaak	Heel vaak/ continu
Vermoeidheid					
Gespannen spieren					
Stress					
Menstruatie					
Slaapproblemen					
Angstige gevoelens					
Versnelde ademhaling					
Hoofdpijn					

Hoe vaak heb je de afgelopen week deze producten gegeten?

	Nooit	1 keer per week	2 keer per week	3 keer per week	4 keer per week	5 keer per week	6 keer per week	Elke dag	Meerdere keren op een dag
Noten (cashewnoten, amandelen, paranoten, walnoten etc.)									
Spinazie									
Pompoenpitten									
Bonen/peulvruchten Bladgroenten (bv broccoli, bloemkool									
Pure chocolade									
Avocado									
Banaan									

Waardoor ervaar je wel eens stress?

Heb je bijna een toetsweek of SE-week?

Zo ja, ervaar je hiervoor stress?

Zo ja, Hoeveel stress ervaart u hiervoor? (Op een schaal van 1 tot 5, 1 = geen stress, 5 = heel veel stress)

Hoe voel je je vandaag? Omcirkel de woorden die van toepassing zijn:

Blij, verdrietig, boos, angstig, gestrest, moe, ontspannen, iets anders namelijk....

Wat heb je vandaag gegeten? Geef ook aan hoe laat en hoeveel.

Appendix B: Enquête na de stresstest

Persoonsnummer:

Hoe heb je de test ervaren?

Hoeveel stress gaf de opdracht je en waar lag dit aan? (Op een schaal van 1 tot 5, 1 = niet en 5 = super veel)

Heb je verder nog opmerkingen?

Appendix C: Toestemmingsbrief ouders

Geachte heer/mevrouw,

In deze brief willen wij u en uw kind vragen of uw kind mee mag doen met een onderzoek over de werking van magnesium. Zoals u wellicht weet is magnesium een belangrijk mineraal dat in voeding voorkomen.

Wij zijn Sarah van de Streek en Kristel Boer. Wij zitten allebei in 6 VWO, Sarah zit op het Carmel College Salland in Raalte en Kristel op Bonhoeffer College Bruggertstraat in Enschede. Naast onze reguliere lessen doen wij mee aan het Honoursprogramma. Dit is een onderzoeksprogramma van 2 jaar op de Universiteit Twente. Aankomende maanden staan in het teken van een onderzoek dat wij uitvoeren. Tijdens het hele proces van het onderzoek krijgen wij begeleiding vanuit de Universiteit Twente.

Tijdens het onderzoek zullen een aantal leerlingen uit de klas een opdracht krijgen, en tijdens de uitvoering van die opdracht meten wij de bloeddruk, het zuurstofgehalte in het bloed en de hartslag van de leerling. De leerlingen die meedoen aan het onderzoek krijgen diezelfde ochtend een magnesium of placebo pil. Het gaat om een magnesium pil van 200 mg, de aanbevolen dagelijkse hoeveelheid is 350 mg. Een placebo pil is een pil zonder werkzame stoffen. Al deze pillen worden samengesteld door een apotheker, in afstemming met de Universiteit Twente.

Het onderzoek zal plaatsvinden op donderdag 28 september van 15:00 tot ongeveer 15:45 en donderdag 5 oktober van 15:00 tot ongeveer 15:45.

Door middel van de QR-code kunt u aangeven waar u en uw kind wel/geen toestemming voor willen geven.

Voor vragen en meer informatie zijn wij bereikbaar op kristelboer2006@gmail.com.

Met vriendelijke groet,
Sarah van de Streek en Kristel Boer

Toestemmingsformulier onderzoek
magnesium



Appendix D: Enquête na nulmeting, methode met grotere betrouwbaarheid

Persoonsgegevens:
Uw gegevens worden anoniem verwerkt. Tijdens het onderzoek zullen wij werken met uw nummer.

Nummer:
Naam:
Geboortedatum:
Geslacht:
Lengte (cm):
Gewicht (kg):
Medicijnen (zo ja, welke medicijnen en hoe vaak gebruikt u die):
Allergieën:
Handtekening (toestemming voor dit onderzoek):

Heeft u de afgelopen week last gehad van:

	Nee	Soms	Regelmatig	Vaak	Heel vaak/ continu
Vermoeidheid					
Gespannen spieren					
Stress					
Menstruatie					
Slaapproblemen					
Angstige gevoelens					
Versnelde ademhaling					
Hoofdpijn					

Waardoor ervaar je wel eens stress?

Heb je bijna een toetsweek of SE-week?

Zo ja, ervaar je hiervoor stress?

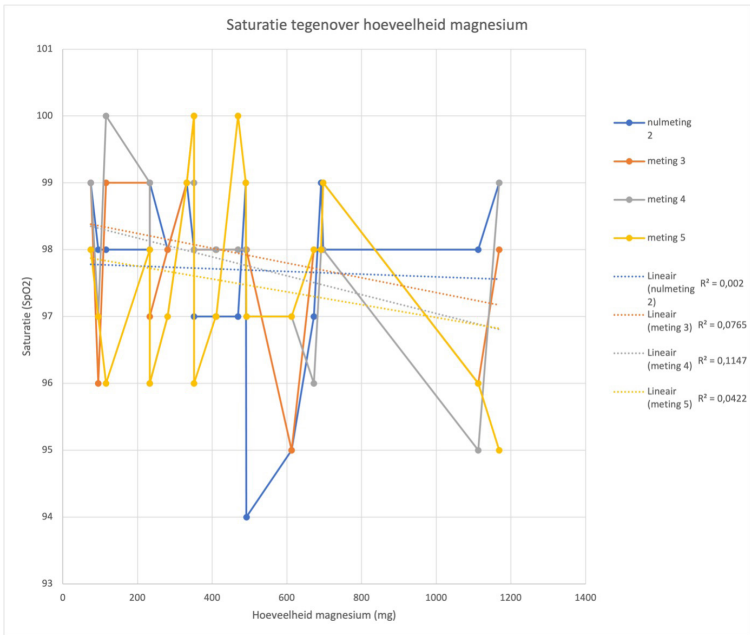
Zo ja, Hoeveel stress ervaart u hiervoor? (Op een schaal van 1 tot 5, 1 = geen stress, 5 = heel veel stress)

Hoe voelt u zich vandaag? Omcirkel de woorden die van toepassing zijn:

Blij, verdrietig, boos, angstig, gestrest, moe, ontspannen, iets anders namelijk....

Wat heb je vandaag gegeten? Geef ook aan hoe laat en hoeveel.

8. Figuren



Figuur 1 - Grafiek met resultaten

9. Tabellen

Tabel 1 - Algemene kenmerken proefpersonen

	n:	%:	Gemiddelde:
Geslacht:			
Man	4	20%	
Vrouw	16	80%	
Leeftijd:			16,75 jaar
16 jaar	5	25%	
17 jaar	15	75%	
Gewicht:			62,15 kg
Lengte:			173,4 cm
Ervaren stress tijdens test:			1,5

De correlatie tussen de recidive van gedetineerde mannen en de duur van gevangenisstraffen bij vermogensdelicten in Nederland

N. Boukachcha¹, J. Walda², K. de Vries³, A.A. ten Cate³, J. Wolbers¹, M. Jorink²

¹ Het Erasmus, Almelo

² Lyceum de Grundel, Hengelo

³ Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract- This paper examines whether there is a correlation between the recidivism of incarcerated men aged from 18 to 50 and the duration of imprisonment for property offenses in the period from 2010 to 2017 in the Netherlands. The data for the study was obtained from the government knowledge institute, "het WODC". In this study, two conflicting criminological theories have also been identified to explore the potential of this research. They are also utilized to provide an explanation for the ultimate results. The results were derived by converting the data into three graphs. All graphs depict the recidivism rates of incarcerated individuals at different lengths of detention. The data itself has also been incorporated into this research. From the graphs and chart, it can be inferred that there is no correlation between the specified variables. This was based on a calculation of the correlation in Excel. Therefore, it can be concluded that there is no correlation between the recidivism of incarcerated men aged 18 to 50 and the duration of imprisonment for property offenses in the period from 2010 to 2017 in the Netherlands.

1. Introductie

Als het aankomt op het uitspreken van straffen, moet de rechter zich houden aan de minimumstraffen voor het specifieke delict en de specifieke situatie (Tak, 2010). Deze minimumstraffen worden vastgesteld door middel van criminologisch onderzoek dat probeert duidelijk te maken wat de minimale detentieduur zou moeten zijn per specifieke misdaad (Tak, 2010). Of de werking van dit protocol daadwerkelijk zorgt voor het voorkomen van recidive in de praktijk is niet duidelijk, gezien er naar dit onderzoeksonderwerp nog niet veel onderzoek is gedaan in Nederland. Er is bijvoorbeeld wel eerder onderzoek gedaan naar andere correlaties, zoals de correlatie tussen verschillende straffen en recidive (Wermink, Blokland, Nieuwbeerta, & Tollenaar, 2009). Maar anders aan dit onderzoek is dat er onderzocht zal worden of er een correlatie aanwezig is tussen de lengte van gevangenisstraffen en de recidive van gedetineerden in Nederland bij vermogensdelicten. Hier schuilt de nieuwsgierigheid of een gedetineerde met een hogere detentieduur ook een mindere kans heeft op het plegen van recidive. Dat zou betekenen dat, mits de rechter hier rekening mee houdt, er minder mensen met criminele intenties rondlopen in Nederland, zodat het veiligheidsniveau wordt verhoogd, vandaar dat recidive een veelbesproken vraagstuk is binnen de samenleving. Dit komt doordat criminaliteit een cruciaal onderwerp is binnen de maatschappij, want de materiële en immateriële schade van criminaliteit is hoog (Radboud Universiteit, sd). De overheid en de rechtspraak kunnen de resultaten uit dit onderzoek inzetten met het doel de mate van criminaliteit in Nederland te verminderen. Stel dat er een sterke correlatie wordt gevonden tussen de recidive en de detentieduur, dan zouden de minimumstraffen verhoogd kunnen worden met oog op het doel criminaliteit te reduceren. Er zijn twee criminologische theorieën, de sociale-controle theorie en de afschrikking theorie, die uiteindelijk gelinkt worden aan de resultaten. Deze spreken elkaar tegen als het aankomt op de invloed van gevangenisstraf op het plegen van recidive. Zo kunnen er mogelijke verklaringen worden gegeven voor de resultaten. De afschrikkingstheorie en de sociale controletheorie worden in dit onderzoek behandeld. De meeste recidive komt voor bij vermogensdelicten (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2023). Ondanks dat er hier geen verklaring voor wordt gegeven door het CBS, is het mogelijk dat de meeste recidive voorkomt bij vermogensdelicten omdat de toegankelijkheid

tot de criminaliteit bij vermogensdelicten erg hoog ligt (De Strafrechtadvocaat, sd). Hierdoor zijn er meer gegevens voor recidive bij vermogensdelicten beschikbaar om te verwerken in het onderzoek naar de correlatie.

Er is gekozen voor de periode 2010 t/m 2017, hierbij is er gekeken naar het Bruto Binnenlands Product (BBP). Het BBP heeft een mogelijke invloed op de mate van recidive. Het BBP is een maatstaf voor de welvaart van een land (CBS).

Hiermee kun je kijken naar de mogelijke invloed van een verminderde welvaart in Nederland die criminelen behoefte maakt om een vermogensmisdrijf te plegen. Bij een lager BBP liggen ook de inkomens lager. Mensen hebben dus minder geld te besteden wat mogelijk een impuls kan geven om belastingfraude te plegen of een paar producten in de zak te stoppen voordat men gaat afrekenen bij de supermarkt. Zo worden vermogensdelicten het vaakst gepleegd door personen met een laag inkomen dan door personen boven de lage inkomensgrens (CBS, 2019).

Om dit mee te nemen als risicofactor in het beantwoorden van de onderzoeksvraag, moet hier rekening worden gehouden met de mogelijke invloed van deze factor. Hier wordt later in het onderzoek aandacht aan besteed. Verder was door het ontbreken van gegevens niet mogelijk om andere risicofactoren, die verder in het onderzoek besproken zullen worden, te verwerken in het onderzoek. Deze zullen uiteraard ook in de discussie besproken worden. Voor de economische risicofactor is overigens voor de zekerheid een periode uitgekozen waarbij het BBP ongeveer stabiel was.

Verder is het belangrijk dat het strafrecht dezelfde wetten heeft voor alle onderzochte gedetineerden. Daarom is in dit onderzoek het jeugdstrafrecht uitgesloten.

Als het aankomt op jeugdstraffen, zijn de gevallen waarin detentie wordt opgelegd niet te vergelijken met de reguliere detentie bij volwassenen;

De wetten liggen heel anders (Rijksoverheid, sd).

Bovendien is het jeugdstrafrecht in Nederland in de praktijk vaak niet uitvoerbaar, omdat de juiste behandelingen niet beschikbaar zijn voor jongeren. Dit komt doordat gemeenten in Nederland de behandelingen onvoldoende hebben ingekocht of omdat er wachtlijsten voor de behandelingen bestaan (Nederlands Jeugdinstituut, 2022). In het volwassenstrafrecht is hier wel meer aan uitgegeven, hierdoor zijn er min of meer minder verschillen in het volwassenstrafrecht in Nederland

dan bij het jeugdstrafrecht. Om te voorkomen dat die verschillen invloed hebben op dit onderzoek, is er gekozen voor het volwassenstrafrecht.

Een andere keuze die gemaakt moest worden is de leeftijd. Er is gekozen voor de leeftijdsgroep 18 t/m 50 jaar. De recidive bij gedetineerden van vijftig plus dringt terug, waardoor de correlatie na deze leeftijd lastiger te bepalen valt. Daarnaast, wanneer het gaat om recidive, is er een duidelijke trend bij mannen in vergelijking met vrouwen (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2023).

Mannen plegen namelijk meer recidive, waardoor de onderzoeksgroep groter is bij mannen dan bij vrouwen (Verweij, Tollenaar, Teerlink, & Weijters, 2021). Doordat er bij vrouwen veel minder sprake is van recidive, is er minder informatie beschikbaar over de mate van recidive, hierdoor is het moeilijker om te onderzoeken of er wel of niet een correlatie is (Verweij, Tollenaar, Teerlink, & Weijters, 2021).

Al deze keuzes hebben geleid tot de vorming van de volgende onderzoeksvraag: "Wat is de correlatie tussen de recidive van gedetineerde mannen van 18 t/m 50 jaar met de duur van gevangenisstraffen bij vermogensdelicten in de periode 2010 tot en met 2017 in Nederland?"

2. Theoretisch Kader

2.1 Definities

2.1.1 Recidive

De letterlijke betekenis van recidive is "herhaling" (Justitie, sd). Vanuit deze definitie is er een uitgebreidere definitie ontstaan die binnen de criminologie wordt gehanteerd, dit houdt in dat recidive het herhalen van strafbaar gedrag betekent (Rechtspraak d., sd). Deze definitie zal in dit onderzoek ook worden aangehouden.

Er kan bij recidive onderscheid gemaakt worden tussen twee vormen; algemene recidive en speciale recidive. Bij algemene recidive wordt er gekeken naar een nieuwe veroordeling ongeacht het type delict (Beijersbergen, Blokdijk, & Weijters, 2018). Bij speciale recidive gaat het om een nieuwe veroordeling dat zich richt op een specifiek delict (Beijersbergen, Blokdijk, & Weijters, 2018). In dit onderzoek wordt er gekeken naar speciale recidive. Hierbij wordt er onderzoek gedaan naar het herhalen van strafbaar gedrag binnen vermogensdelicten. Er kan dus gekeken worden naar het herhalen van strafbaar gedrag in het algemeen of specifiek naar het herhalen van bijvoorbeeld vermogensdelicten of geweldsdelicten. Bij algemene recidive is het niet van toepassing of er een specifiek delict wordt herhaald. Er is in dit onderzoek gekozen voor het herhalen van vermogensdelicten. Zodra er gekeken zou worden naar algemene recidive, dan zouden de variabelen die van invloed zijn op het plegen van vermogensdelicten niet voldoende zijn. De risicofactoren van alle soorten delicten zouden dan ook in beschouwing moeten worden genomen. Er zit namelijk een groot verschil tussen een moord plegen en diefstal. Er zou dan ook rekening moeten worden gehouden met deze verschillen. Door het onderzoek af te bakenen naar vermogensdelicten hoeft er met minder variabelen rekening worden gehouden.

2.1.2 Vermogensdelicten

Het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) geeft een duidelijk omschreven definitie van vermogensdelicten. Deze definitie is omschreven in artikelen, die uit het wetboek van Strafrecht zijn gehaald (Centraal Bureau voor de Statistiek, sd). Het

CBS geeft de volgende betekenis voor een vermogensdelict: een vermogensdelict betreft alle valsheidsmisdrijven, waaronder vals geld ontwikkelen of in omloop brengen en valsheid in geschrifte. Daarnaast alle vormen van diefstal en inbraak, uitgezonderd diefstal met geweld (artikel 312 Wetboek van Strafrecht), dat in de categorie geweldsmisdrijven valt. Ook verduistering, bedrog en heling behoren tot deze categorie.

2.1.3 Risicofactoren

In dit onderzoek wordt er veel gesproken over risicofactoren. Risicofactoren zijn kenmerken die de kans verhogen dat iemand betrokken is bij crimineel gedrag (Verwees, Weerman, & Fischer, 2021).

2.2 Criminologische theorieën

Er kan vanuit verschillende criminologische theorieën een theoretisch antwoord worden gegeven op de vraag of de lengte van een gevangenisstraf invloed heeft op de mate van recidive. Met deze theorieën kan er onder andere rekening worden gehouden met mogelijke risicofactoren die ook invloed kunnen hebben op dit onderzoek. Bovendien kunnen de theorieën gelinkt worden aan vermogensdelicten.

2.2.1 De afschrikkingstheorie

Vanuit de afschrikkingstheorie kan er verklaard worden dat de lengte van de gevangenisstraf invloed heeft op de mate van recidive: hoe langer de gevangenisstraf, hoe lager de recidive. De afschrikkingstheorie veronderstelt namelijk dat de sancties voor gestraften een afschrikkende werking hebben (Wermink, Blokland, Nieuwbeerta, & Tollenaar, 2009).

De opgelegde straf resulteert in een grotere afschrikkende werking, aangezien de gestrafte een nieuwe straf zal proberen te voorkomen (Wermink, Blokland, Nieuwbeerta, & Tollenaar, 2009). Theoretisch gezien zorgt het opleggen van een langere gevangenisstraf dan voor een grotere afschrikkende werking. De gedetineerde zou dan bij vrijlating een nieuwe gevangenisstraf willen voorkomen en hierdoor ook strafbaar gedrag proberen te voorkomen, wat leidt tot een lagere recidive.

De opgelegde straf is onder andere afhankelijk van de ernst van de misdaad. Binnen vermogensdelicten kunnen de misdaden ook opgedeeld worden naar de ernst van de misdaad (De Rechtspraak, sd). Vanuit de afschrikkingstheorie kan er dus verklaard worden dat er een grotere afschrikkende werking ontstaat naarmate de ernst van het misdrijf hoger is. De straf die wordt opgelegd is namelijk hoger. Dus bij een hogere ernst van het vermogensdelict wordt er strenger gestraft. Hierdoor is er sprake van een grotere afschrikkende werking, wat leidt tot minder recidive.

2.2.2 De sociale controletheorie

Voorts kan er vanuit een andere theorie verklaard worden dat een kortere gevangenisstraf juist leidt tot een lagere recidive. Vanuit de sociale controletheorie (bindingstheorie) van de filosoof Hirsch kan er geconcludeerd worden dat de lengte van een gevangenisstraf bijdraagt aan de mate van recidive. De theorie gaat ervan uit dat bindingen met de maatschappij mensen ervan weerhouden om crimineel gedrag te vertonen (Azhimi, 2013). Vanuit deze theorie kan er verklaard worden dat een langere gevangenisstraf voor meer afzondering zorgt van de gedetineerde met de maatschappij. Zodra de ex-ge-

detineerde terugkeert in de maatschappij, heeft het gebrek aan bindingen invloed op het herhalen van strafbaar gedrag. De ex-gedetineerde zal hierdoor eerder terugvallen op criminele handelingen, aangezien de gevangenisstraf ervoor heeft gezorgd dat er een groot tekort aan bindingen is ontstaan bij de gedetineerde. Een langere gevangenisstraf zorgt hierdoor voor meer recidive, er is namelijk een groter gebrek aan bindingen bij het uitzitten van een langere gevangenisstraf. Bovendien kan er binnen vermogensdelicten verklaard worden dat er minder bindingen zijn bij een misdaad waarbij de ernst hoger is, aangezien er een langere gevangenisstraf is opgelegd door de hogere ernst (De Rechtspraak, sd). De recidive is hierdoor ook hoger.

Zodoende wordt er vanuit verschillende criminologische theorieën een antwoord gegeven op de behandelde onderzoeksvraag. Beide theorieën gaan ervan uit dat er een correlatie is tussen de detentieduur en de mate van recidive. De soort correlatie verschilt echter wel bij beide theorieën. Bij de afschrikkingstheorie zorgt een langere gevangenisstraf voor meer afschrikking, wat leidt tot een lagere recidive. Bij de sociale controletheorie wordt er geredeneerd vanuit het gebrek aan bindingen bij een langere gevangenisstraf, wat leidt tot hogere recidive. De variabelen die de correlatie beïnvloeden zijn bij de theorieën echter niet hetzelfde, er wordt gekeken naar verschillende variabelen die een verklaring kunnen geven voor het herhalen van strafbaar gedrag.

Bij de afschrikkingstheorie wordt er gekeken naar de afschrikking en dus naar het denken van de gedetineerden. Bij de sociale controletheorie daarentegen wordt er juist gekeken naar omgeving. Het is dus belangrijk dat verschillende factoren in beschouwing worden genomen, aangezien deze de uitkomst van het onderzoek en het interpreteren van resultaten kunnen beïnvloeden. Ondanks dat dit niet in de grafieken/tabellen is verwerkt, is er in dit onderzoek gekeken naar verschillende risicofactoren die de resultaten kunnen beïnvloeden.

2.3 Risicofactoren recidive

2.3.1 Drugsgebruik

Uit onderzoek blijkt dat bepaalde soorten drugsgebruik bij misdadigers van grote invloed kunnen zijn op het plegen van recidive. Het aantal recidive plegers dat drugs gebruikt is wel 3 tot 4 keer groter dan bij niet drugsgebruikers (LAMMERS, et al., 2014). Ook bleek dat deze risicofactor vooral betrekking heeft op vermogensdelicten (LAMMERS, et al., 2014). Het toepassen van deze kennis zit hem in de vraag hoe groot de groep is die drugs gebruikt én recidive pleegt. Stel dat de meeste recidivisten gebruik maken van drugs, dan zou een onderzoek zonder drugsgebruikers, om deze risicofactor uit te sluiten, niet nuttig zijn voor de representatie van delinquenten binnen het gekozen delict. Als er juist een relatief laag percentage delinquenten zijn die te maken hebben gehad met drugs, zou het beter zijn om deze groep uit te sluiten, sinds drugs een invloed kan hebben op de recidive en zo voor uitschieters kan zorgen die het resultaat van het onderzoek verstoren.

Het is daarom van belang om te weten hoeveel drugsgebruikers meededen aan het onderzoek. Een mogelijke methode om deze risicofactor mee te nemen in de resultaatverwerking is om gebruik te maken van meervoudige lineaire regressie (Wouters & Aarts, 2018). Binnen dit onderzoek is dit tijdens de resultaatverwerking niet aan de orde gekomen, omdat de groep drugsgebruikers niet gegeven was.

2.3.2 Persoonlijke kenmerken en familieomstandigheden

Bovendien kunnen criminaliteitsverhogende en verlagende factoren zoals omgeving, persoonlijk kenmerken, familieomstandigheden en peerfactoren ook een rol spelen bij de recidive. Hiervan zijn persoonlijke kenmerken en de familieomstandigheden van meeste invloed op de mate van criminaliteit (Verwees, Weerman, & Fischer, 2021).

Relevante risicofactoren die onder persoonlijke kenmerken vallen zijn depressie, hyperactiviteit en een gebrek aan schuldgevoel.

Een beschermende factor, oftewel een factor die het effect van de risicofactor opheft, in deze categorie is een hoge intelligentie (Verwees, Weerman, & Fischer, 2021). Het lijkt erop dat gebrek aan mentaal welzijn aan de grond ligt van deze risicofactoren. Gezien dit onderzoek uitgaat van risicofactoren bij algemene misdaad, is niet bekend of dit ook geldt bij recidive. Als een groot deel van de misdadigers dit profiel delen, zou het verschil met de daders die wel of niet recidive plegen niet uitmaken voor deze factor in het onderzoek naar de invloed van detentieduur op recidive. Hoewel, dit ook een factor kan zijn die het plegen van recidive bij daders juist stimuleert. Dit vergt meer onderzoek, want er is nu te weinig informatie om op voort te boorduren.

Onder familieomstandigheden bestaan de relevante risicofactoren verstoorte familiestructuur, kindermishandeling, ouders met criminele achtergrond, ouderschap met te veel of te weinig toezicht en ouders die sigaretten of marihuana roken. Beschermende factoren die van matig belang waren in deze categorie betreffen vooral discipline en betrokkenheid (Verwees, Weerman, & Fischer, 2021).

2.3.3 Risicofactoren binnen vermogensdelicten

Eén van de specifieke risicofactoren binnen het gekozen delict voor dit onderzoek is de economische situatie van 2010 t/m 2017. De economische situatie is van belang gezien het om vermogensdelicten gaat. Het gaat om vermogen, wat beïnvloedbaar is door de economische situatie van Nederland. Hiernaan wordt het BBP gelinkt, omdat dit de welvaart van een land voorspelt (CBS). De economie zou in principe in balans moeten verkeren om te vermijden dat het een rol speelt als ongewenste factor in de beantwoording van de onderzoeksvraag, gezien de staat van de economie wellicht de recidive zou kunnen verhogen of verlagen, waardoor de invloed van de detentieduur op de recidive niet duidelijk is.

Gezien het feit dat absolute balans in de economie onmogelijk te bereiken is, is gekozen voor een periode die relatief onrustig leek.

Met andere woorden, het BBP (Bruto Binnenlands Product) per hoofd zit in de tijdsperiode 2010 tot en met 2017 niet te ver onder of boven het gemiddelde BBP (Van Sonsbeek, Bos, Ebregts, & Verkade, 2023).

Tot nu toe zijn vooral drugsgebruik en de economische situatie risicofactoren binnen vermogensdelicten. Drugsgebruik is het meest van belang op het vertonen van crimineel gedrag en bij recidive (LAMMERS, et al., 2014).

De factor voor drugsgebruik is echter niet meegenomen in het onderzoek, omdat hier geen gegevens voor waren bij de groep onderzochte delinquenten. Andere factoren bleken minder een rol te spelen (Verwees, Weerman, & Fischer, 2021). De overige risicofactoren zoals familiefactoren en persoonlijke kenmerken die hier tussen in zitten kunnen een rol spelen bij recidive binnen vermogensdelicten, maar beperken zich niet tot deze

misdaad. Deze zijn echter niet meegenomen in de resultaatverwerking, omdat er geen persoonlijke gegevens van de gedetineerden zijn gedeeld door het WODC.

3. Methode

3.1 Het Wetenschappelijk Onderzoek- en Documentatiecentrum
De gegevens die in dit onderzoek worden gebruikt, om een conclusie te geven op de onderzoeksvraag, zijn afkomstig van het Wetenschappelijk Onderzoek- en Documentatiecentrum. Het Wetenschappelijk Onderzoek- en Documentatiecentrum is het kennisinstituut van de Rijksoverheid voor het ministerie van Justitie en Veiligheid (Rijksoverheid, sd).

De benoemde risicofactoren kunnen ervoor zorgen dat de resultaten verkeerd geïnterpreteerd worden, doordat er blijk is van wel of geen correlatie, die veroorzaakt kan worden door een van de risicofactoren. In het onderzoek wordt er specifiek gekeken naar de invloed van de detentieduur op de recidive. Daarom moet er rekening worden gehouden met risicofactoren. Een hogere recidive zou kunnen ontstaan door een verhoogd risico onder een groep delinquenten. Er is door middel van nadere reflectie met behulp van de eerder benoemde theorieën (sociale controletheorie en afschrikkingstheorie) inzicht gekregen in de resultaten. De risicofactoren zijn echter niet verwerkt in de grafieken, omdat de gegevens van het WODC geen relevante informatie bevatte die gebruikt kan worden bij de benoemde risicofactoren. Bijvoorbeeld, het aantal drugsgebruikers of de persoonlijke omstandigheden.

3.2 Verwerking van de gegevens

Via het WODC zijn er gegevens verleend die gebaseerd zijn op de variabelen uit de onderzoeksvraag. Deze gegevens gaan over het percentage delinquenten dat opnieuw een delict pleegt dat leidt tot een veroordeling door een rechter of afdoening door het OM. Hierbij is de onderzoeksgroep (18 t/m 50-jarige mannen die vanwege een vermogensdelict in detentie zaten) ook meegenomen in de gegevens.

Deze gegevens zijn in een Excelbestand verwerkt tot percentages delinquenten, dat veroordeeld wordt door de rechter of een transactievoorstel kreeg van het OM (openbaar ministerie), die recidive plegen.

De gegevens zijn ingedeeld in de volgende categorieën:

1. De lengte van de gevangenisstraf (de detentieduur). De eenheid van de detentieduur is te verdelen in de periodes: tot één maand, 1 tot 3 maanden, 3 tot 6 maanden, 6 maanden tot één jaar, 1 tot 2 jaar, 2 tot 4 jaar en 4 jaar of meer.
2. Het jaar van de metingen
3. Het aantal jaar dat is verstreken tussen de eerste misdaad en het plegen van recidive (voor het eerst).

De eerste categorie, de detentieduur, staat op de x-as vermeld als grootheid. Bij de tweede categorie zijn alle percentages uit de beschikbare periode voor de kolom van categorie drie bij elkaar opgeteld en gedeeld door de jaartallen die zijn gemeten. Dit wordt herhaald bij iedere detentieduur. Dit is gedaan omdat men dan een gemiddelde krijgt van de onderzochte periode (2010-2017). Als er per jaar wordt gekeken, kijkt men niet naar een hele periode, maar gaat het om de verandering van de recidive door de jaren heen. Waar dit onderzoek naar kijkt is de verandering van de recidive door de lengte van detentie, dus moet er gekeken worden naar het gemiddelde van de onderzochte periode.

Een rekenvoorbeeld: Er is bekend dat in 2016 33% recidive pleegde, in 2017: 37% en in 2018: 35%. Dit is allemaal 1 jaar na de eerste misdaad van de delinquenten en bij een detentieduur van 3 tot 6 maanden. Omgerekend zou dan gemiddeld, bij de gekozen gegevens uit categorie 1 en 3, 35% van de delinquenten recidive hebben gepleegd $((33+37+35)/3=35)$. Dit percentage is de y in de grafiek. Op de y-as staat het percentage van de delinquenten dat recidive heeft gepleegd vermeld.

Verder zijn de gebruikte recidivepercentages, die berekend zijn door het WODC, cumulatief. Dat wil zeggen dat het percentage van 1 jaar na detentie opgeteld wordt bij het percentage van 2 jaar na detentie. Hierom is steeds de verandering bepaald tussen 1 en 2 jaar bijvoorbeeld. Om zo erachter te komen wat het recidivepercentage was 2 jaar na de detentie. Een rekenvoorbeeld hiervan: gemiddeld was het recidivepercentage bij x= tot 1 maand, en bij 1 jaar na detentie 46,6%.

Bij dezelfde x-waarde was bij 2 jaar na detentie het recidivepercentage gemiddeld 57,2%. Door $46,6-57,2=10,6\%$ twee jaar na detentie (zonder 1 jaar na detentie). Op deze manier kan er gekeken worden of het recidivepercentage tussen 1 en 10 jaar na detentie toeneemt of afneemt.

Voor het vergelijken van de gegevens binnen 2 jaar na detentie en 3 jaar of meer, zijn er drie grafieken gemaakt. De eerste grafiek bevat 10 lijnen. Deze lijnen staan voor hoeveel jaar na de detentie recidive is gepleegd (categorie 3). Dit is gedaan om te kunnen kijken of het aantal jaar na de detentie invloed heeft op de recidive. Bijvoorbeeld: lijn 2 bevat gegevens van gedetineerden die twee jaar na detentie recidive hebben gepleegd. De reden dat er maar 10 lijnen zijn, is omdat de N na 10 jaar te laag werd (N=hoeveelheid gedetineerden die betrokken zijn in het onderzoek). De tweede grafiek heeft een lijn met de samenvoeging van jaar 1 en 2 en een lijn met de samenvoeging van jaar 3 t/m 10. Deze toonden veel verschil tussen elkaar en liggen qua recidivepercentages ver uit elkaar. Daarom zijn deze tegenover elkaar uit te zetten. Nog een reden waarom hiervoor is gekozen, is omdat de gegevens van jaar 1 en 2 compleet waren. Vanaf jaar 3 waren de gegevens niet compleet, dit kwam, zoals eerder benoemd, door de lage N (=aantal gedetineerden dat meedoet aan het onderzoek). De derde grafiek laat de recidivepercentages uitgezet tegenover de detentieduur zien bij recidive gepleegd binnen 1 t/m 10 jaar na afloop van de detentie. Deze grafiek geeft dus de correlatie van de recidive en de detentieduur weer over de gehele periode, onafhankelijk van wanneer de recidive na de detentie is gepleegd. Hierdoor kan er door middel van deze grafiek alleen naar de correlatie tussen de detentieduur en de recidivepercentages gekeken worden.

3.3 Berekenen van de correlatie

Voor het berekenen van de correlatie in Excel is gebruik gemaakt van gradaties (laag naar hoog) bij de detentieduur. Dit was nodig om op een numerieke waarde uit te komen. Waardes zoals 1 tot 3 maanden kunnen niet verwerkt worden, omdat ze niet puur numeriek zijn.

De gradaties zijn als volgt ingedeeld:

- 1= tot 1 maand
- 2= 1 tot 3 maanden
- 3= 3 tot 6 maanden
- 4= 6 maanden tot 1 jaar
- 5= 1 tot 2 jaar
- 6= 2 tot 4 jaar
- 7= 4 jaar of meer

Omdat bij recidive 3 jaar of meer na afloop van detentie geen gegevens bekend zijn van $x = 4$ jaar of meer, is tot en met 6 gerekend in tabel 3 en 4. Verder is er gekeken of de correlatie een positief of negatief verband geeft. Bij een positief verband is de waarde van de correlatie positief en zal het recidivepercentage gemiddeld samen met de detentieduur toenemen. Bij een negatief verband is de waarde van de correlatie negatief en zal gemiddeld het recidivepercentage afnemen als de detentieduur toeneemt. De grootte van de berekende correlatie geeft de sterkte of zwakte ervan aan (van Heijst, 2022).

Bij een waarde tussen:

- 0,0 – 0,30= geen of nauwelijks een correlatie,
- 0,30-0,50= een zwakke correlatie,
- 0,50-0,70= een middelmatige correlatie,
- 0,70-0,90= een sterke correlatie,
- 0,90-1,00= een zeer sterke correlatie.

4. Resultaten

Uit figuur 1 en tabel 2 blijkt dat hoe groter het aantal jaar tussen de detentie en recidive, hoe lager het recidivepercentage. Zo is bij de lijn 1 jaar na detentie en $x =$ tot 1 maand het recidivepercentage 46,6% en voor de lijn 7 jaar na detentie bij dezelfde x -waarde het recidivepercentage 0,4%. Dit verschil in recidivepercentage was verder merkbaar in de resultaten-tabel (tabel 2) bij elke x -waarde. En daarom: hoe langer na de detentie, hoe minder recidive wordt gepleegd. Er is ook een daling te zien bij $x = 4$ jaar of meer bij de lijn van 1 jaar en die van 2 jaar. Dat is niet het geval bij 3 jaar of meer na detentie. Zo is het recidivepercentage in figuur 2 bij lijn 1 (1 jaar na detentie en 2 jaar na detentie gecombineerd) 39,5% bij $x = 4$ jaar of meer terwijl $x = 2$ tot 4 jaar geeft dat het recidivepercentage 57,4% is bij dezelfde lijn. Dat is een afname van 17,9%.

Hieruit kan worden afgeleid dat tot en met 2 jaar na de detentie de lengte van de detentie meer invloed heeft op de recidive, omdat in figuur 2 lijn 1 (blauw gekleurd), die gebaseerd op de recidivepercentages uit tabel 2, daalt. Ook geeft tabel 2 aan dat bij 4 jaar of meer de afname in recidivepercentage relatief groter is dan bij een kortere detentieduur.

Dit is op basis van de resultaten uit de gegevenstabel en de grafiek in figuur 2. Omdat er een te lage N was aan gedetineerden die na een straf van 4 jaar of meer betrokken waren in het onderzoek na de verstreken tijdsperiode van 3 jaar of meer, zijn hier geen gegevens van verleend.

De correlatie van de gegevens weergegeven in figuur 1 en figuur 2 loopt zeer uiteen. De correlatie bij tabel 4 laat zien dat bij 1 en 2 jaar recidive gepleegd na afloop van detentie de correlatie afgerond op twee decimalen -0,26 is. Deze correlatie waarde is geen of nauwelijks en het verband is negatief. Bij 3 jaar of meer na afloop van detentie is de correlatie sterk en het verband positief. De recidivepercentages zijn bij 3 jaar of meer echter veel lager dan bij binnen 2 jaar na afloop van detentie. In tabel 5 zijn de gegevens van 1 t/m 10 jaar gecombineerd en hier is de correlatie afgerond op twee decimalen -0,28. Deze correlatie waarde is geen of nauwelijks en het verband is negatief. In totaliteit is er dus geen sprake van een correlatie als er geen rekening wordt gehouden met wanneer na de detentie de recidive is gepleegd.

Ook is voor de correlatie niet apart bij 1 en 2 jaar (tabel 3) gekeken bij de conclusie. Als er apart was gekeken zou er nog steeds geen sterke correlatie zijn geweest bij beiden,

maar opvallend is dat het verband bij 1 jaar en 2 jaar (tabel 3) verschillend is (de één is positief, de ander negatief). Toch is besloten dat de correlatie niet genoeg is om hier verder op in te gaan bij de conclusie. De correlatie was namelijk bij 2 jaar middelmatig en bij 1 jaar geen of nauwelijks.

5. Conclusie

De resultaten geven aan dat het recidivepercentage afneemt naarmate de detentieduur toeneemt, alhoewel dit alleen voorkomt bij het plegen van recidive binnen 2 jaar. Of de recidive die gepleegd wordt na 3 jaar of meer na detentie toeneemt bij een detentieduur van 4 jaar of meer is niet duidelijk. Verder is het verschil van het effect van de detentieduur op de recidive pas te merken bij een straf van 4 jaar of meer als het gaat om recidive gepleegd binnen twee jaar. Hier nam het percentage duidelijk af, vergeleken met een verschil van detentieduur in enkele maanden tussen de gedetineerden. Hoewel deze resultaten niet genoeg zijn voor het bevestigen van een correlatie, omdat er geen sprake is van een duidelijke daling of stijging van de recidive naarmate de detentieduur toeneemt. Dit kwam uit de berekende correlatie die geen of nauwelijks een correlatie en een negatief verband aangaf voor recidive gepleegd binnen 1 t/m 10 jaar na afloop van de detentie.

Puur op basis van de gegevens uit figuur 3 en tabel 5 kan dus geconcludeerd worden dat er geen sprake is van een correlatie tussen de recidive van gedetineerde mannen van 18 t 50 jaar met de duur van gevangenisstraffen bij vermogensdelicten in de periode 2010 tot en met 2017 in Nederland. Hoe meer tijd er verstrijkt tussen de afloop van detentie en de recidive, hoe lager het recidivepercentage. Dit ontkracht de eerder besproken afschrikkingstheorie in dit onderzoek. Het lijkt erop alsof de detentie, dat vanwege de vrijheidsontneming en isolatie van de maatschappij gezien wordt als een negatieve ervaring, geen afschrikkend effect heeft gehad op de gedetineerden, gezien het recidivepercentage steeds lager wordt en juist in de eerste jaren na afloop van de detentie hoger ligt.

Bij het eerste jaar na detentie is de recidive het hoogst blijkt uit de resultaten, dit kan mogelijk verklaard worden aan de hand van de sociale controletheorie. Het zou namelijk kunnen dat door de detentie de gedetineerden door isolatie van de maatschappij hun sociale contacten verliezen. Hierdoor gaan de gedetineerden volgens de theorie sneller de fout in. Ook is uit de resultaten in tabel 2 op te maken dat bij een langere periode na de detentie het recidivepercentage veel lager is, omdat de sociale bindingen mogelijk hersteld zijn of opgebouwd in de verstreken periode. Dit behoedt vervolgens dat de gedetineerden recidive plegen volgens de theorie. Een mogelijke oplossing hiervoor is het versterken van de middelen die worden ingeschakeld voor rehabilitatie. Daarin is het doel om te behoeden dat gedetineerden gelijk de fout weer ingaan door hun sociale bindingen op te bouwen. Of dit zou kunnen bijdragen valt nader onderzocht te worden en is ook geen onderdeel van dit onderzoek.

Ten slotte, het moet duidelijk zijn dat de conclusie puur getrokken is op basis van de resultaten in tabel 5 en figuur 3 en het kan daarom geen ware uitspraken doen over de recidive in correlatie met de detentieduur bij vermogensdelicten in Nederland in de toekomst of een andere periode dan van 2010 tot en met 2017.

Ook zijn eventuele risicofactoren binnen de onderzochte groep niet gegeven, dus zullen algemene uitspraken en conclusies niet getrokken kunnen worden

6. Discussie

Gedurende het onderzoek zou er sprake kunnen zijn geweest van ongunstige omstandigheden en invloeden op het resultaat. Deze zullen ter discussie worden gesteld om toekomstige onderzoekers in deze kwestie een nauwkeurig beeld te geven van de kwaliteit van het onderzoek.

6.1 Vermogensdelicten

Er is in dit onderzoek gekozen voor de focus op vermogensdelicten. Achteraf gezien was het beter geweest als het type delict werd afgebakend. Vermogensdelicten omvatten namelijk veel verschillende soorten delicten met verschillende daderprofielen. De delicten verschillen van elkaar; de risicofactoren zijn niet bij elk delict binnen vermogensdelicten hetzelfde. Er is in dit onderzoek niet onderzoek gedaan naar de delicten afzonderlijk, hierdoor kunnen risicofactoren die niet benoemd zijn, maar wel van belang zijn, alsnog de resultaten verstoord hebben. Bij vervolgonderzoek zou het type delict dan afgebakend moeten worden. Het zou ook mogelijk geweest kunnen zijn om vermogensdelicten in het algemeen te onderzoeken, maar dan zouden de verschillende soorten delicten opgesplitst moeten worden en van daaruit een conclusie worden getrokken.

6.2 Invloed van risicofactoren

Het zou mogelijk kunnen zijn dat de risicofactor drugsgebruik, die uit onderzoek bleek de meeste invloed te hebben bij vermogensdelicten (LAMMERS, et al., 2014), invloed heeft gehad op de uiteindelijke resultaten. Dit is niet meegenomen in de resultaten, gezien hier geen data voor beschikbaar was. Dit is echter wel een belangrijke factor om rekening mee te houden, omdat drugs vooral bij vermogensdelicten een grote rol speelt (LAMMERS, et al., 2014). Bijvoorbeeld, voor het bekostigen van het drugsgebruik.

Ook kan het voorkomen dat het verbod op gebruik van drugs tijdens de detentie de drugsverslaafde gedetineerden geforceerd worden om af te kicken. Dit zou de recidive mogelijk kunnen verlagen, doordat de recidive hoger is onder gedetineerden die drugs gebruiken bij vermogensdelicten (LAMMERS, et al., 2014). De reden dat de recidive laag is, komt dan niet door de invloed van de detentieduur, maar door het elimineren van drugsverslaving in de onderzochte groep.

Hoelang de effecten van het gedwongen afkicken aanhouden moeten dan ook onderzocht worden, om inzicht te krijgen in het effect van het afkicken over de onderzochte periode.

Het is namelijk mogelijk dat ex-drugsverslaafden na de detentie terugvallen in hun oude gewoontes. Dit is allemaal mits de beveiliging voldoende is in de gevangenis om het ongecontroleerd gebruik van drugs onder de delinquenten te voorkomen. Uit registraties van het Dienst Justitiële Uitvoering (DJI) bleek dat ongeveer 6% van de urinecontroles in 2021 het gebruik van drugs onder gedetineerden aantoonde. Dit percentage lag in de voorgaande jaren nog hoger (Trimbos Instituut, 2023). Verder bleek uit dit onderzoek dat 66% van het smokkelwaar in 2019 drugs was. Dit laat zien dat er nog wel sprake kan zijn van drugsgebruik tijdens de detentie.

Verder zijn het soort drugs en de verslavingsproblematiek ook componenten die in beschouwing moeten worden genomen. Zo blijkt dat opiaten/sedativa bijdragen aan een hoger gemiddeld recidiverisico dan het gebruik van alcohol of andere middelen (van Harskamp, DeFuentes-Merillas, van Gestel-Timmermans, & Knapen, 2023). Het kan dus zijn dat het aantal drugsgebruikers toeneemt of afneemt met het gevolg dat de recidive stijgt of daalt in de onderzochte groep. Dat is niet met zekerheid te zeggen, dus is het een benoemwaardig kritiek

punt. Ook al hebben bepaalde risicofactoren volgens onderzoek geen relatief grote invloed op gedetineerden vergeleken met andere factoren, zou dit niet betekenen dat deze geen 'versturende' variabelen kunnen zijn, mits hier rekening mee wordt gehouden. Ze zorgen dat er wel of geen correlatie te zien is, terwijl alleen de invloed van de detentieduur onderzocht dient te worden. Hieronder vallen persoonlijke kenmerken en familieomstandigheden. Deze factoren vergen een gevalstudie (Jochems & Joosten, 2005), wat wil zeggen dat er diep moet worden ingegaan op de achtergrond en omgeving van elke gedetineerde die meedoet aan het onderzoek. Dit was niet haalbaar in de tijd dat het onderzoek werd gedaan en daarbij zal er juridische hinder zijn om deze gegevens te verkrijgen, omdat het betrekking heeft op privacywet (Kamp, et al., 2022). Het is wel mogelijk om dit te doen, maar dit zal meer tijd gaan kosten in verhouding met de duur van dit onderzoek. Het is namelijk nodig om door veel meer gegevens en papieren te kammen dan bij een kwantitatieve studie zoals voor dit onderzoek is gekozen. Toch zal de validiteit van een onderzoek hierop vooruit gaan en is daarom aan te raden aan toekomstige onderzoekers naar recidive en detentieduur om een inschatting van de tijd te maken die deze gevalstudie vergt. Hoe meer valide het onderzoek, hoe dichterbij men komt tot een zo waar mogelijk antwoord op de onderzoeksvraag.

En, of het nemen van het BBP (Bruto Binnenlands Product) genoeg is om invloed van de economische situatie tegen te gaan, is dan ook een kritische, essentiële vraag die gesteld moet worden.

Het geeft een schatting van de economische positie die een burger gemiddeld inneemt in Nederland en is ook volgens het CBS een valide maatstaf voor de economie (Horlings, 2021), maar onder gedetineerden zou een andere regel kunnen gelden. Gebrek aan financieel vermogen door lage baankansen of andere factoren die zorgen voor een laag inkomen vergeleken met de gemiddelde Nederlander zouden daarom ook een rol kunnen spelen. Dit kan een gevolg zijn van de mogelijkheid dat er tekort is geschoten in de rehabilitatie voor de groep recidivisten. Denk hierbij aan onvoldoende begeleiding in de terugkeer in de samenleving, door bijvoorbeeld het inschakelen van zwakke hulpmiddelen of weinig onderhouden contact met de ex-gedetineerde. Verder onderzoek naar de effecten van rehabilitatie op de recidive in deze groep zou daarom nodig zijn. Ook is de situatie van de gedetineerden niet vastgesteld tijdens de uitzetting van de straf. Zo zou de uitvoering van de straf kunnen variëren, afhankelijk van de penitentiaire richting (PI) waar de gedetineerde verblijft. Met behulp van de eerder benoemde sociale controletheorie van Hirsch, zou afgeleid kunnen worden dat als er zich toevallig meer ervaren criminelen bevinden in een bepaalde PI, er een hogere kans is op criminele bindingen. Dit zou op zijn beurt invloed kunnen hebben op het onderzoeksresultaat. Ook op basis van de afschrikkingstheorie zou de invloed van de PI veel uitmaken. Als de gedetineerden strenger worden aangepakt bij de ene PI en de gevangenen hun gang kunnen gaan bij de andere PI, zou de afschrikking kunnen verschillen, wat weer effect heeft op de recidive.

Verder is de beveiliging van de PI's is ook een meespelende factor. De beveiliging van inrichtingen verschilt nogal in Nederland. Gevangenen kunnen bij lage bewaking meer hun gang gaan, wat aansluit op het vorige punt. Hoewel dit afhankelijk is van de soort gedetineerde. Het kan namelijk ook dat een gedetineerde zich minder veilig voelt bij lage bewaking en daardoor eerder het slachtoffer wordt van aanvallen of aanhoud-

ende pesterijen. Dit kan ervoor zorgen dat detentie verandert in een negatieve herinnering en er hierdoor afschrikking ontstaat. Dit is onwenselijk, maar zou wel recidive kunnen verlagen.

Overigens is de verstrekte periode in de gevangenis voor de gedetineerden mogelijk ook op een andere manier van invloed. Het regiem kan verschillen op basis van welke gevangenis (van Ginneken & Palmen, 2022). De uitvoering van de straf kan het afschrikkeffect beperken of vergroten. Ook is hier het daderprofiel belangrijk. Vermogensdelicten bestaan uit verschillende soorten misdaden. Winkeldiefstal, fraude, bankovervallers en oplichters zijn allemaal voorbeelden hiervan. Bij elk van deze delicten hoort een eigen daderprofiel die elk anders reageert op een gevangenisstraf.

De soort gevangenis waar deze daders terecht komen heeft hier ook invloed op. Uit een onderzoek naar de invloed van penitentiaire inrichtingen op recidive bleek dat de samenstelling van gevangenis eenheden invloed had op het klimaat binnen de inrichting en daarmee op het recidive (van Ginneken & Palmen, 2022). Gezien de samenstellingen niet bekend waren tijdens de uitvoering van het onderzoek, is daarmee niet met zekerheid te zeggen wat voor invloed dit zou hebben op het uiteindelijk resultaat.

6.3 Gegevens van het WODC

In het onderzoek is er gewerkt met gegevens van het WODC. De gegevens die zijn verkregen waren niet volledig naar verwachting; er waren een aantal onduidelijkheden waarmee gewerkt moest worden en die invloed hebben gehad op de validiteit van dit onderzoek.

Ten eerste konden bepaalde gegevens niet verwerkt worden door de lage N, die eerder in het onderzoek ook al is benoemd. Bij de detentieduur van 4 jaar of meer en waarbij het aantal jaar dat verstreken was meer dan 2 jaar was, is dit het geval. De reden voor de lage N is niet duidelijk, aangezien het niet mogelijk was om deze informatie te ontvangen. Bovendien namen de gegevens per jaartal af, hierdoor waren er minder gegevens beschikbaar naarmate het jaartal toenam, de recidivepercentages moesten dus steeds door een kleiner getal gedeeld worden. Doordat het aantal gegevens niet bij ieder jaartal hetzelfde was, kon dit het resultaat beïnvloeden en hiermee ook de validiteit. Verder is de informatie over de grootte van de onderzoeksgroep ook niet verleend (oftewel, welke N er is gebruikt).

Toch is er besloten de gegevens te gebruiken, gezien het WODC een betrouwbare bron is en geen gegevens zou verstrekken die invalide zijn. Ook, zoals eerder al kort benoemd, waren er geen gegevens rondom de risicofactoren beschikbaar. De resultaten in dit onderzoek kunnen dan mogelijk hierdoor verstoord zijn, aangezien het onduidelijk is of de risicofactoren daadwerkelijk invloed hebben gehad op de recidivepercentages. Als er weinig data beschikbaar was voor de gestelde eisen van de gegevens, zou dat benoemd zijn bij de overhandiging van de data. Dit is gebaseerd op het feit dat, zoals hierboven vermeld, een deel van de gegevens niet beschikbaar was omwille van de lage N. Dan zouden de rest van de onderzoeksresultaten een relatief hogere N hebben die wel in onderzoek verwerkt zou kunnen worden. Toch is dit wel benoemingswaardig voor in de discussie, gezien niets met zekerheid is te zeggen en de redenering niet gebaseerd is op een gegeven N.

6.4 Toepassing

Het is lastig om vast te stellen of een onderzoek wel of niet va-

lide is. Met de validiteit wordt bedoeld dat op basis van de gebruikte methode er geldige uitspraken kunnen worden gedaan over het object van het onderzoek (van Burg, 2011).

Is het wel mogelijk om een valide onderzoek uit te voeren als rekening wordt gehouden met drugsgebruik, persoonlijke omstandigheden, familieomstandigheden, de economische situatie en verdere aanpassingen die werden aanbevelen voor vervolgonderzoek in deze discussie? Het antwoord hierop is afhankelijk van vele factoren, zoals de nauwkeurigheid, betrouwbaarheid van bronnen en de methode die gehanteerd wordt. Als aan al de voorwaarden van een valide onderzoek wordt voldaan, zal ook nog rekening moeten worden gehouden met de generaliseerbaarheid van de resultaten om ware uitspraken te kunnen doen. Een bestaande methode hiervoor is de 'analytische generalisatie', bedacht door Robert K. Yin (Smaaling, 2009). Hierbij wordt gekeken naar de verwachting van een bepaalde theorie in bepaalde gevallen, zodanig dat door de onderzoeker een voorspelling kan worden gemaakt van de resultaten. Door te testen of de theorie stand houdt in de bepaalde gevallen wordt het bevestigd. Maar ook wordt gekeken naar gevallen waarbij de onderzoeksvraag juist geen stand zou moeten houden op basis van de theorie. Op deze manier wordt de theorie op twee manieren bevestigd. Nogmaals is dit een mogelijk manier om de generaliseerbaarheid binnen onderzoek naar recidive tot stand te brengen en is dit geen garantie voor de toepassing van de resultaten op personen die buiten de onderzoeksgroep vallen van het oorspronkelijke onderzoek. Er moet dus voor vervolgonderzoek worden gekeken of generaliseerbaarheid bij recidive mogelijk is.

Mensen kunnen onvoorspelbaar gedrag vertonen dat niet in lijn is met de inschattingen in een onderzoek. Theorieën blijven theorieën en kunnen niet zeker als waarheid worden aangenomen. Ze geven een beeld, een inschatting, van de situatie en daar moet het bij gelaten worden als hier geen concreet bewijs voor is. Reflectie op de resultaten met de theorieën zorgt voor het kunnen begrijpen van een bepaalde uitkomst. Toch bestaat voor verklaring van de uitkomst een heel spectrum aan mogelijkheden als het aankomt op de praktijk.

Waar het op neer komt is dat er een benadering wordt gemaakt om juiste uitspraken te kunnen doen om de recidive af te laten nemen. Dat is uiteindelijk het doel, omdat men dan een middel heeft om de misdaad in Nederland te verminderen. Het onderzoek wordt gedaan voor het maatschappelijk belang en niet alleen omdat de uitkomst interessant kan zijn voor de lezer.

De vraag die tijdens het begin van het onderzoek in het achterhoofd spookt is dan ook: 'Hoe zal detentie kunnen bijdragen aan het verminderen van recidive binnen vermogensdelicten bij mannelijke gedetineerden tussen de 18 en 50 jaar in Nederland?'. De vraag is dan ook of recidive niet gewoonweg wordt uitgesteld door detentie. Dan zou betekenen dat de afschrikkingstheorie niet geldig is. De rehabilitatie en zorg/behandeling van gedetineerden kan mogelijk een beter middel vormen om recidive tegen te gaan (Völker, Eichelsheim, & Van der Laan, 2022). Een voorbeeld van rehabilitatie is zorgen dat gedetineerden een baan of scholing krijgen, omdat het hebben van werk of het volgen van een opleiding samenhangt met minder recidive (Latessa & Lowenkamp, 2006) en zorgt voor re-integratie in de samenleving. Dit is het doel van rehabilitatie. Zorg en behandeling zorgt voor het tegengaan van de risicofactoren bij recidive, want het gaat drugsgebruik, dat samenhangt met recidive, tegen. Het is daarom aan te bevelen voor vervolgonderzoek om de invloed van rehabilitatie en

zorg/behandeling van individuele problematiek (verslaving of mentale klachten bijvoorbeeld) op de recidive te onderzoeken. Verder, als er een sterke of negatieve correlatie was bevonden, dan zou dat niet betekenen dat bij alle misdaden die onder vermogensdelicten vallen een langere of korte straf moet worden gegeven. Voor georganiseerde winkeldiefstal wordt bijvoorbeeld 2 maanden gevangenisstraf (onvoorwaardelijk) gegeven. Terwijl voor een winkeloverval 2 jaar gevangenisstraf (onvoorwaardelijk) wordt uitgedeeld (De Rechtspraak, 2023). Als de recidive vermindert door een langere detentieduur betekent het niet dat voor deze twee straffen bijvoorbeeld vier jaar of meer moet worden gegeven. De rechter zou dan zelf moeten kijken naar de ernst van de situatie en eventuele straf vermeerderende/straf verminderende factoren.

Of toepassing van de uitkomsten van het onderzoek gaan leiden tot betere straf bepaling door de rechter is zeker niet te garanderen. Er zitten nog te veel haken en ogen aan onderzoek naar recidive. Dat komt vooral door de beperkte hoeveelheid aan kennis over het onderwerp. De invloed van eerdere benoemde risicofactoren moeten onder de loep worden genomen voordat er zelfs een benadering van een zwart-witte conclusie kan worden gemaakt. In ieder geval is aan te raden om in vervolgonderzoek rekening te houden met de benoemde risicofactoren in 6.2 en te kijken naar het effect van rehabilitatie en zorg/behandeling tijdens en na de detentie op het verminderen van recidive onder gedetineerden bij vermogensdelicten. Dit zou wellicht een veelbelovende tegenwerker van recidive kunnen worden, op basis van de aangrijpingspunten van deze middelen.

Mits het mogelijk is om de risicofactoren systematisch en zorgvuldig mee te nemen in het vervolgonderzoek (Völker, Eichelsheim, & Van der Laan, 2022).

7. Bibliografie

(sd). Opgehaald van Erasmus Universiteit - sectie Criminologie: <https://repub.eur.nl/pub/135248/>

Azhimi, L. (2013). University of Twente Student Theses . Opgehaald van University of Twente : https://essay.utwente.nl/63368/1/BSc_S_Loebna_Azhimi.pdf

Beijersbergen , K., Blokdijk, D., & Weijters , G. (2018, Februari). De recidive onder daders van high . Wetenschappelijk Onderzoek en Documentatiecentrum . Opgehaald van https://repository.wodc.nl/bitstream/handle/20.500.12832/391/FS_2018-3_2789b_tcm28-307315.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CBS. (2019). Opgehaald van <https://longreads.cbs.nl/armoede-en-sociale-uitsluiting-2019/de-sociale-context-van-armoede/>

CBS. (2023, maart). Opgehaald van Verdachten: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/81947NED/table?fromstatweb>

CBS. (sd). Economische groei. Opgehaald van <https://www.cbs.nl/nl-nl/onze-diensten/leren-met-het-cbs/conjunctuurbekersrijd/te-voorspellen-indicatoren/economische-groei> Centraal Bureau voor de Statistiek . (2023, Maart 2). Opgehaald van Verdachten: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/81947NED/table?fromstatweb>

Centraal Bureau voor de Statistiek . (sd). Vermogensmisdrijf. Opgehaald van Centraal Bureau voor de Statistiek: <https://www.cbs.nl/nl-nl/onze-diensten/methoden/begrippen/vermogensmisdrijf>

De Rechtspraak. (2023, December). Opgehaald van

<https://www.rechtspraak.nl/SiteCollectionDocuments/Orientatiepunten-en-afspraken-LOVS.pdf>

De Rechtspraak. (sd). Strafrechter . Opgehaald van De Rechtspraak : <https://www.rechtspraak.nl/Organisatie-en-contact/Rechtspraak-in-Nederland/Rechters/paginas/strafrechter.aspx>

De Strafrechtadvocaat. (sd). Soorten misdrijven. Opgehaald van De Strafrechtadvocaat : <https://www.de-strafrechtadvocaat.nl/misdrijf/soorten/>

Horlings, E. (2021, Mei 19). Monitor Brede Welvaart & de Sustainable Development Goals 2021. Opgehaald van Centraal Bureau voor de Statistiek: <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/diversen/2021/monitor-brede-welvaart-de-sustainable-development-goals-2021/5-indicatoren#:~:text=Zo%20wordt%20het%20bruto%20binnenlands,de%20mate%20van%20economische%20groei>

Jan-Maarten van Sonsbeek, F. B., Van Sonsbeek, J.-M., Bos, F., Egbregts, J., & Verkade, E. (2023, Juli). Opgehaald van CPS: <https://www.cpb.nl/sites/default/files/omnidownload/CPB-Publicatie-De-Nederlandse-economie-in-historisch-perspectief.pdf>

Jochems, M., & Joosten, R. (2005). Opgehaald van [https://www.cs.ru.nl/~tomh/onderwijs/om2%20\(2005\)/om2_files/syllabus/gevalsstudie.pdf](https://www.cs.ru.nl/~tomh/onderwijs/om2%20(2005)/om2_files/syllabus/gevalsstudie.pdf)

Justitie, P. m. (sd). Recidive. Opgehaald van Problemen met Justitie : <https://www.problemenmetjustitie.nl/onderwerpen/recidive/>

Kamp, M., Kamphuis-Blikman, L., Koelen, M., Koster, N., Meike, V.-D., & de Willigen, P. (2022, juni 3). Opgehaald van Universiteit Twente: <https://www.utwente.nl/uc/fe6923ea101021aa39901f3363f03dadc3e40c718bc1200/Zorgvuldig%20gebruik%20van%20persoonsgegevens%20in%20onderzoek%20volgens%20de%20AVG%20-%20V1.2.pdf>

LAMMERS, S. M., SOE-AGNIE, S. E., DE HAAN, H. A., BAKKUM, G. A., POMP, E. R., & NIJMAN, H. J. (2014). Middelengebruik en criminaliteit: een overzicht. Tijdschrift voor Psychiatrie, 8. Opgehaald van <https://repository.ubn.ru.nl/bitstream/handle/2066/134393/134393.pdf>

Latessa, E. J., & Lowenkamp, C. (2006). Opgehaald van <https://researchonline.stthomas.edu/esploro/outputs/991015132021903691/filesAndLinks?index=0>

Merkus, J. (2021, augustus 13). Controlevariabelen in je scriptieonderzoek . Opgehaald van Scribbr : <https://www.scribbr.nl/onderzoeksmethoden/controlevariabelen/#:~:text=Controlevariabelen%20zijn%20alle%20variabelen%20die,ze%20de%20uitkomsten%20kunnen%20be%C3%AFnvloeden>

Nederlands Jeugdinstituut. (2022, juni 22). Adolescentenstrafrecht te weinig benut. Opgehaald van Nederlands Jeugdinstituut: <https://www.nji.nl/nieuws/adolescentenstrafrecht-te-weinig-benut>

Onderzoek risicofactoren criminaliteit. (2021, Maart). Risico-, versterkende en beschermende factoren voor crimineel gedrag: Een literatuuronderzoek naar de wetenschappelijke stand van zaken. Rotterdam, Zuid-Holland: Erasmus Universiteit - sectie criminologie.

Rechtspraak, d. (sd). Recidive. Opgehaald van de Rechtspraak: <https://www.rechtspraak.nl/juridische-begrippen/paginas/recidive.aspx>

Rechtspraak, D. (sd). Strafrecht . Opgehaald van De Rechtspraak : <https://www.rechtspraak.nl/Organisatie-en-con>

tact/Rechtspraak-in-Nederland/Rechters/paginas/strafrechter.aspx

Rijksoverheid. (sd). Invloed van ondermijnende criminaliteit op samenleving. Opgehaald van Rijksoverheid: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/ondermijning/invloed-van-ondermijnende-criminaliteit-op-samenleving#:~:text=Veiligheid%20is%20de%20voorwaarde%20voor,drugscriminaliteit%2C%20staat%20veiligheid%20onder%20druk.>

Rijksoverheid. (sd). straffen en maatregelen voor jongeren. Opgehaald van Rijksoverheid: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/straffen-en-maatregelen/straffen-en-maatregelen-voor-jongeren>

Rijksoverheid. (sd). Wetenschappelijk Onderzoek- en documentatiecentrum (WODC). Opgehaald van Rijksoverheid: <https://www.rijksoverheid.nl/contact/contactgids/wetenschappelijk-onderzoek-en-documentatiecentrum-wodc>

Smaling, A. (2009). Opgehaald van https://www.aup-online.com/docserver/full-text/18757324/14/3/KW_2009_014_003_002.pdf?expires=1706794187&id=id&accname=guest&checksum=6AA9CEA6ADD905A7E9F619E7B2DC1B01

steekproef berekenen. (sd). Opgehaald van <https://allesovermarktonderzoek.nl/steekproef-berekenen-2/#:~:text=Alle%20onderzoeken%20die%20gebaseerd%20zijn,-gevonden%20percentage%20in%20het%20onderzoek.>

Tak, P. (2010). De minimumstraf opnieuw gezien . Opgehaald van Radboud University: <https://www.rechtspraak.nl/SiteCollectionDocuments/RM%202010-4%20de%20minimumstraf%20opnieuw%20bezien.pdf>

Trimbos Instituut. (2023, juli). Verslavingsproblematiek onder justitiabelen. Opgehaald van Nationale Drug Monitor: <https://www.nationaledrugmonitor.nl/criminaliteit-en-overlast-verslavingsproblematiek-onder-justitiabelen/#:~:text=Uit%20verschillende%20studies%20van%20de,-jaar%20dat%20aan%20detentie%20voorafging.>

van Burg, J. (2011). Kwaliteitscriteria voor ontwerpgericht wetenschappelijk onderzoek. Opgehaald van <https://research.vu.nl/ws/portalfiles/portal/2981134/Van+Burg+2011+Kwaliteitscriteria+voor+ontwerpgericht+wetenschappelijk+onderzoek.pdf>

van Ginneken, E. F., & Palmen, H. (2022, maart). Opgehaald van <https://www.universiteitleiden.nl/binaries/content/assets/rechtsgeleerdheid/instituut-voor-strafrecht-en-criminologie/life-in-custody/van-ginneken--palmen---is-there-a-relationship-between-prison-conditions-and-recidivism.pdf>

van Harskamp, M., DeFuentes-Merillas, L., van Gestel-Timmermans, J., & Knapen, L. (2023, Juni). Opgehaald van tijdschrift voor psychiatrie: https://www.tijdschriftvoorpsychiatrie.nl/nl/artikelen/article/50-13192_Invloed-van-soort-middelengebruik-geslacht-en-psychische-comorbiditeit-op-recidiverisico#:~:text=Eerder%20onderzoek%20heeft%20aangetoond%20dat,om%20het%20gebruik%20te%20bekostigen.

van Heijst, L. (2022, augustus 22). Correlatie Begrijpen en Berekenen met SPSS en Excel | Stappenplan. Opgehaald van <https://www.scribbr.nl/statistiek/correlatie/>

Van Sonsbeek, J.-M., Bos, F., Ebregts, J., & Verkade, E. (2023, juni). De Nederlandse economie in historisch perspectief. Nederland: CPS. Opgehaald van <https://www.cpb.nl/sites/default/files/omnidownload/CPB-Publicatie-De-Nederlandse-economie-in-historisch-perspectief.pdf>

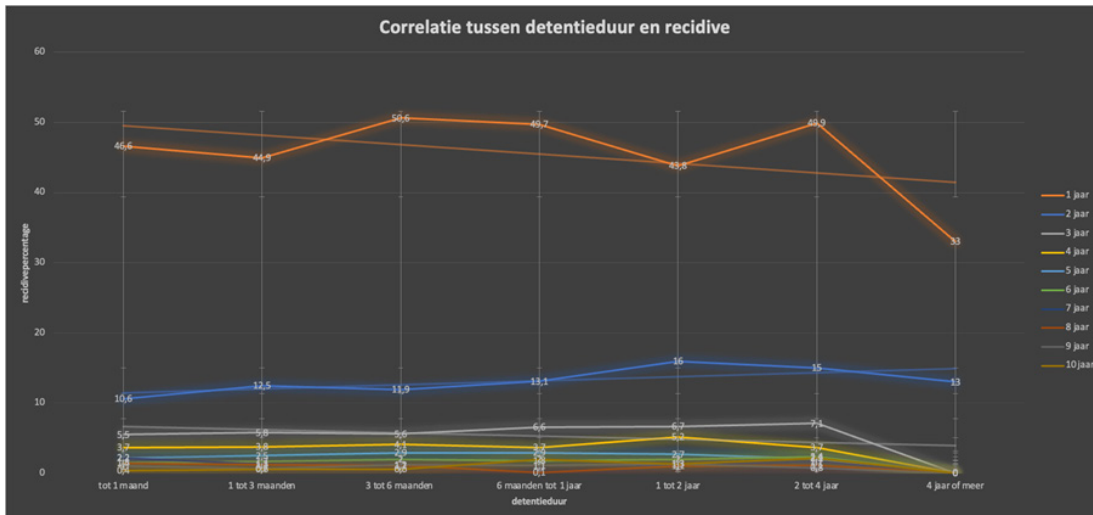
Verwees, L., Weerman, F., & Fischer, T. (2021, Maart). Risico-, versterkende en beschermende factoren voor crimineel gedrag: Een literatuuronderzoek naar de wetenschappelijke stand van zaken. Opgehaald van Erasmus Universiteit - sectie criminologie: <https://repub.eur.nl/pub/135248>
Verweij, S., Tollenaar, N., Teerlink, M., & Weijters, G. (2021). Recidive onder justitiabelen in Nederland. Opgehaald van WODC Respository: <https://repository.wodc.nl/bitstream/handle/20.500.12832/3104/Cahier-2021-21-volledige-tekst.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Völker, B., Eichelsheim, V., & Van der Laan, P. (2022, Februari). Nederlands Studiecentrum Criminaliteit en Rechtshandhaving. Opgehaald van https://nscr.nl/app/uploads/2022/02/NSCR_Factsheet-Recidive-en-Effectiviteit_Feb22.pdf

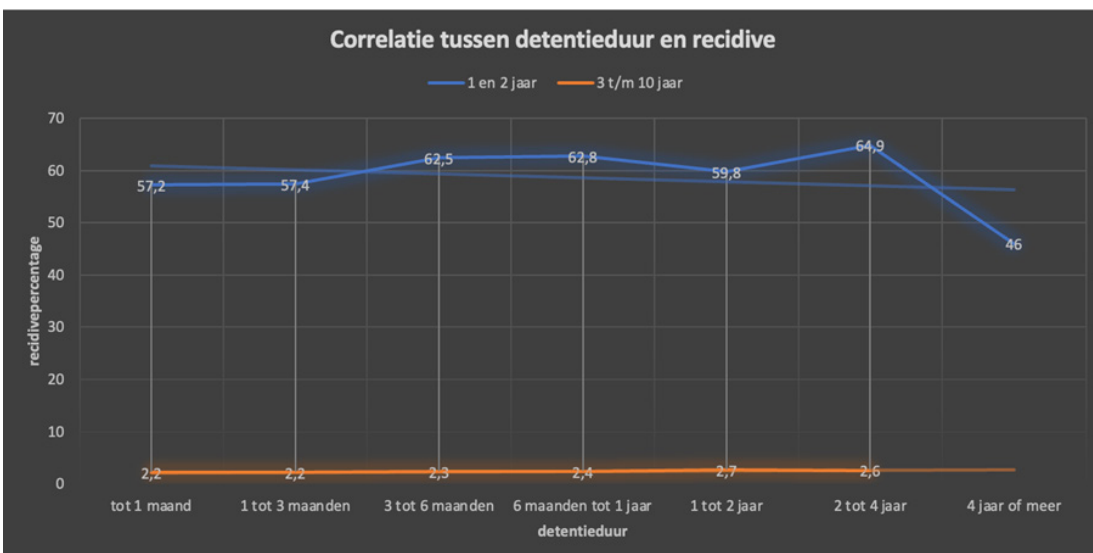
Wermink, H., Blokland, A., Nieuwbeerta, P., & Tollenaar, N. (2009). Recidive na werkstraffen en na gevangenisstraffen. Tijdschrift voor criminologie, pp. 211-227.

Wouters, E., & Aarts, S. (2018). Opgehaald van researchgate: https://www.researchgate.net/profile/Sil-Aarts/publication/325129473_Regressie-analyse/links/5cd9454f458515712ea6d3b0/Regressie-analyse.pdf

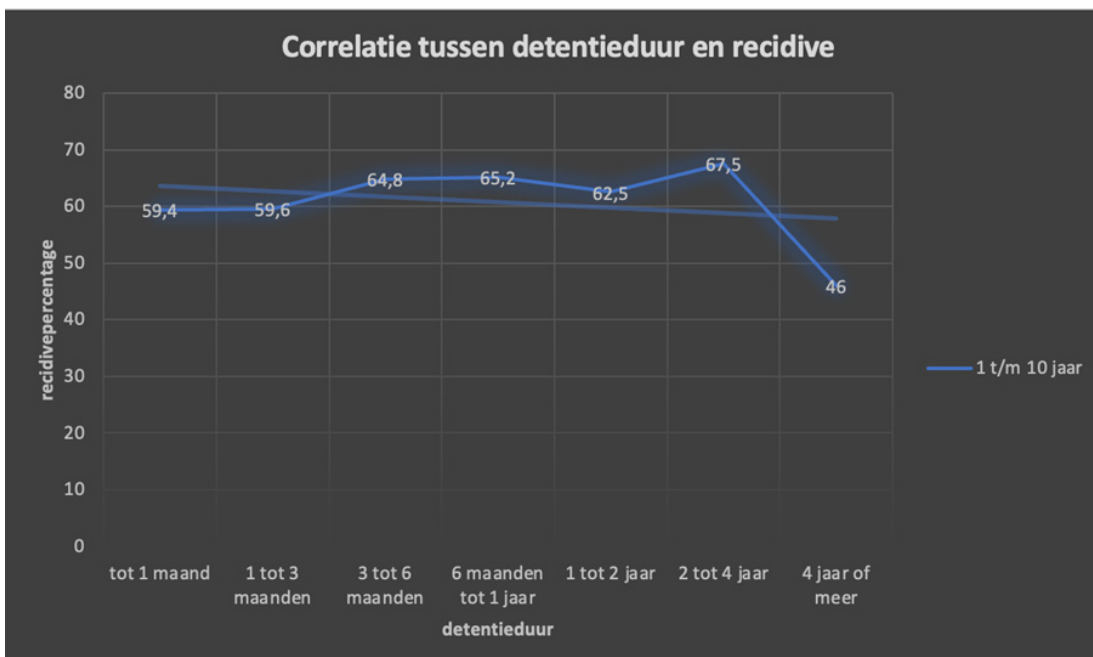
8. Figuren



Figuur 1 - deze figuur geeft de correlatie tussen de recidive en de detentieduur weer. De verschillende lijnen geven het aantal jaar aan dat is verstreken tussen de afloop van de detentie en de eerste keer recidive. De 10 lijnen geven het maximum van 10 jaar aan.



Figuur 2 - deze figuur geeft de correlatie tussen de recidive en de detentieduur weer. De verschillende lijnen geven het aantal jaar aan dat is verstreken tussen de afloop van detentie en de eerste keer recidive. De 2 lijnen geven een verdeling van maximum tien jaar aan.



Figuur 3, deze figuur geeft de correlatie tussen de recidive en de detentieduur weer van 1 t/m 10 jaar recidive gepleegd na afloop van de detentie.

9. Tabellen

Tabel 1 - Deze tabel gaat over het percentage gedetineerden dat opnieuw een delict pleegt dat leidt tot een veroordeling door een rechter of afdoening door het OM. Onderzoeksgroep: 18-50-jarige mannen die vanwege een vermogensdelict in detentie zaten (originele gegevens WODC).

Recidive binnen...	Detentieduur	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1 jaar	tot 1 maand	46,1	47,5	46,7	48	45,5	45,9	47,1	46,3
2 jaar	tot 1 maand	57,6	58,1	58,4	58	55,6	56	58	56,1
3 jaar	tot 1 maand	63,7	63,9	64,4	62,8	61,6	61,2	63,5	60,5
4 jaar	tot 1 maand	68	67,5	67,6	65,6	64,8	65	66,2	
5 jaar	tot 1 maand	70,6	70	69,6	67,5	67,2	66,7		
6 jaar	tot 1 maand	72	71,8	71,3	69	68,8			
7 jaar	tot 1 maand	73,1	73	72,9	70,2				
8 jaar	tot 1 maand	73,8	73,9	73,4					
9 jaar	tot 1 maand	74,8	74,5						
10 jaar	tot 1 maand	75,1							
1 jaar	1 tot 3 maanden	45	44,4	45,5	45	44,4	45,7	44,2	45
2 jaar	1 tot 3 maanden	56,9	57,5	58,1	57	56,8	58	56,6	58,1
3 jaar	1 tot 3 maanden	63,1	63,6	63,8	63	63	63,5	62,6	62,6
4 jaar	1 tot 3 maanden	67,3	67,5	67,3	66,9	66,6	67,6	65,7	
5 jaar	1 tot 3 maanden	69,9	69,6	70,1	69,2	69,2	69,2		
6 jaar	1 tot 3 maanden	71,4	71,5	71,7	70,7	70,6			
7 jaar	1 tot 3 maanden	72,8	72,7	72,8	71,7				
8 jaar	1 tot 3 maanden	74	73,7	73,4					
9 jaar	1 tot 3 maanden	74,5	74,2						
10 jaar	1 tot 3 maanden	75							
1 jaar	3 tot 6 maanden	53,3	51,4	50	51,9	51,9	49,9	47,6	49,1
2 jaar	3 tot 6 maanden	63,9	63,2	62	63,3	62,4	62,6	60,6	61,9
3 jaar	3 tot 6 maanden	69,6	70	67,9	68,8	68	67,1	66,9	66,1
4 jaar	3 tot 6 maanden	73,9	73,9	72,2	72,7	71,3	71,3	70,2	
5 jaar	3 tot 6 maanden	76,1	75,9	75,1	75,4	74,5	73,3		
6 jaar	3 tot 6 maanden	78,1	77,9	76,8	76,8	75,7			
7 jaar	3 tot 6 maanden	79	79,1	77,5	77,7				
8 jaar	3 tot 6 maanden	79,8	79,9	78,5					
9 jaar	3 tot 6 maanden	80,7	80,4						
10 jaar	3 tot 6 maanden	81,2							
1 jaar	6 maanden tot 1 jaar	50,8	50,5	50,2	52,4	49,2	50,3	46,5	47,8
2 jaar	6 maanden tot 1 jaar	63,6	62,2	63,4	65,9	62,7	63,3	60,2	61,4
3 jaar	6 maanden tot 1 jaar	71,3	67,8	68,2	73	69,6	69,5	67	68,5
4 jaar	6 maanden tot 1 jaar	75,8	71	72,5	77,1	72,7	73,3	69,6	
5 jaar	6 maanden tot 1 jaar	78	72,8	74,9	79,4	75,9	75,2		
6 jaar	6 maanden tot 1 jaar	79,1	75,5	76,4	80,7	77,4			
7 jaar	6 maanden tot 1 jaar	80,2	76,3	77,5	81,6				
8 jaar	6 maanden tot 1 jaar	81,1	77,3	77,9					

9 jaar	6 maanden tot 1 jaar	81,4	78,4						
10 jaar	6 maanden tot 1 jaar	81,9							
1 jaar	1 tot 2 jaar	43,9	42,8	42,2	43,8	44,7	45,6	43,1	44
2 jaar	1 tot 2 jaar	59,4	60	58,4	58,1	60,1	60,8	59,8	61,6
3 jaar	1 tot 2 jaar	67,5	66,6	65,3	64,6	67,4	66,4	68,5	65,5
4 jaar	1 tot 2 jaar	73,1	70,6	69,9	69,5	72,9	71,7	74,4	
5 jaar	1 tot 2 jaar	75,1	72,9	74	73,3	76,1	74,7		
6 jaar	1 tot 2 jaar	76,7	75,4	76,5	75,7	77,9			
7 jaar	1 tot 2 jaar	78	76,9	77,4	77,7				
8 jaar	1 tot 2 jaar	79,6	78,3	77,6					
9 jaar	1 tot 2 jaar	80,1	79,5						
10 jaar	1 tot 2 jaar	81,1							
1 jaar	2 tot 4 jaar	49,3	56,5	51,8	51,4	44,3	44,3	57,1	44,2
2 jaar	2 tot 4 jaar	62,6	68,1	65,8	66,7	59,9	62,4	69,6	63,8
3 jaar	2 tot 4 jaar	69,9	75,1	73,9	72,8	67,6	68,7	75,8	71,9
4 jaar	2 tot 4 jaar	73,2	79,9	76,9	77,3	71,2	72,8	78,8	
5 jaar	2 tot 4 jaar	75,8	82,1	79,2	79,8	75,7	74,2		
6 jaar	2 tot 4 jaar	78	83,9	80,1	81,2	77,6			
7 jaar	2 tot 4 jaar	78,4	85	81,4	82,6				
8 jaar	2 tot 4 jaar	79,2	87,2	82,6					
9 jaar	2 tot 4 jaar	80,3	87,2						
10 jaar	2 tot 4 jaar	81,6							
1 jaar	4 jaar of meer *	36,8	40	29,7	30	37,8	37,5	27,8	24,3
2 jaar	4 jaar of meer *	52,6	56,7	40,5	43,3	43,2	55	36,1	40,9

Tabel 2 - Deze tabel geeft de gemiddelde recidivepercentages weer, uitgesplitst naar het aantal jaar dat is verstreken na de detentieduur en de detentieduur zelf.

Aantal jaar na detentie	tot 1 maand	1 tot 3 maanden	3 tot 6 maanden	6 maanden tot 1 jaar	1 tot 2 jaar	2 tot 4 jaar	4 jaar of meer
1 jaar	46,6	44,9	50,6	49,7	43,8	49,9	33
2 jaar	10,6	12,5	11,9	13,1	16	15	13
3 jaar	5,5	5,8	5,6	6,6	6,7	7,1	
4 jaar	3,7	3,8	4,1	3,7	5,2	3,7	
5 jaar	2,2	2,5	2,9	2,9	2,7	2,1	
6 jaar	1,5	1,7	2	1,8	2	2,4	
7 jaar	2,2	1,3	1,2	1,1	1,1	1,7	
8 jaar	1,4	1,2	1,1	0,1	1	1,1	
9 jaar	1	0,7	1,2	1,1	1,3	0,8	
10 jaar	0,4	0,6	0,6	2	1,3	2,2	

Tabel 3 - Deze tabel geeft de correlatie tussen de detentieduur en de recidive weer die hoort bij figuur 1.

1 jaar	-0,47506871
2 jaar	0,68781882
3 jaar	0,936799744
4 jaar	0,343006486
5 jaar	0,015495033
6 jaar	0,897085227
7 jaar	-0,39172255
8 jaar	-0,3653808
9 jaar	0,161514571
10 jaar	0,861386409

Tabel 4, deze tabel geeft de correlatie tussen de detentieduur en de recidive weer die hoort bij figuur 2.

1 en 2 jaar	-0,261961114
3 t/m 10 jaar	0,917364945

Tabel 5, deze tabel geeft de correlatie tussen de detentieduur en de recidive weer die hoort bij figuur 3.

1 t/m 10 jaar	-0,2886731
---------------	------------

Twee methodes vergeleken op het gebied van de kwaliteit van het schoonmaakproces van sigarettenfilters

J.G. Brand², D. ter Laak³, L. Mulder¹, Z. Haaren⁴, M. Niemeijer⁴, M. Klein Gunnewiek⁵, P. Nijland¹, E.

Potting², W. Oortman³

¹ Lyceum de Grundel, Hengelo

² Thorbecke Scholengemeenschap, Zwolle

³ Twents Carmel College: locatie Lyceumstraat, Oldenzaal

⁴ Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

⁵ Avantes B.V., Apeldoorn

Abstract - Cigarette butts end up in the environment and this is a big problem. Cigarette butts are dangerous for plants due to the heavy metals and other toxins released from the cigarette butts. Instead, these cigarette butts can be recycled and the cellulose acetate fibers, from which the butts are made of, can be used for many sorts of products. To do this, the cigarette butts will first have to be cleaned to remove the toxins from the cellulose acetate. This paper investigates two cleaning methods for cigarette butts. The levels of contamination, consisting of carbon compounds and heavy metals, in the cleaned butts are measured and compared between the two cleaning methods. These levels are measured using FTIR-ATR-, SEM-EDX-, and LIBS-spectrometers. Method A is derived from a previous study, while method B combines various studies, including the one method A is based on. The FTIR spectrum reveals significant similarities in cellulose acetate characteristic groups between the control butts and cleaned butts. Notable differences in intensity at certain wavelengths indicate variations in alkane-, aldehyde-, and alkene groups, often present in tar. SEM-photos show undamaged cellulose acetate fibers on both cleaning methods, which is also supported by the characterization of the fibers using FTIR-ATR-analysis. The SEM-EDX and LIBS do not present any usable data on heavy metal levels. It can be concluded that method A is a better method for cleaning cigarette butts than method B.

1. Introductie

Sigarettenfilters in de natuur zijn een groot maatschappelijk probleem. Er liggen op iedere hoek van de straat wel meerdere gebruikte sigarettenfilters (De levensweg van een sigarettenfilter, 2022). Om te beginnen is het sigarettenfilter een essentieel onderdeel in sigaretten. Sigarettenfilters zijn het mondstuk van de sigaret. Aan dit stuk van de sigaret wordt de tabaksrook geïnhaleerd. Sigarettenfilters zijn gemaakt van celluloseacetaat (CA) en houden ongeveer 20% van de schadelijke rookpartikels uit de tabaksrook tegen (Shin, et al., 2008).

Sigarettenfilters die op straat weggegooid worden zijn schadelijk voor de natuur. Er zitten namelijk veel zware metalen en andere giftige stoffen in de filters die na een regenbui in de grond terecht kunnen komen (Teixeira, et al., 2016). CA zelf is onder bepaalde omstandigheden biologisch afbreekbaar, maar in de praktijk gaat dit erg langzaam. (Kurmus & Mohajerani, 2020). Het gevolg is dat de niet afbreekbare sigarettenfilters met regenwater worden meegevoerd naar oppervlaktewater en landbouwgrond (Kurmus & Mohajerani, 2020). Het residu van de verbrande tabak dat in de sigarettenfilters zit komt hierdoor in de natuur terecht (Conradi & Sánchez-Moyano, 2022). Dit residu is schadelijk voor de natuur (Schep, De Vries, & Schilling, 2022). Een veelgenoemde oplossing voor dit maatschappelijk probleem, waarbij alleen al in Nederland 7,65 miljard filters per jaar op straat belanden (De levensweg van een sigarettenfilter, 2022), is het geheel verbieden van sigaretten. Dit is voor de komende decennia echter onrealistisch (De levensweg van een sigarettenfilter, 2022). Rond de 18,9% van de bevolking boven de 18 rookt namelijk (Bommelé, 2022). Ondanks het feit dat hier een daling in lijkt te zijn, verwacht men een stijging door de groeiende populariteit van roken onder jongeren (Croes, 2023). Dit is zonde, omdat de toenemende hoeveelheid sigarettenfilters die daardoor wegspoelen op straat hergebruikt zou kunnen worden om er gerecyclede producten van te maken. Dit wordt nu echter niet op grote schaal gedaan, terwijl CA vele toepassingen heeft. Het wordt met name gebruikt voor de productie van textiel (Fenzo, Giordano, & Sansone, 2020) (Marinello, Francesco, Gamberini, & Bianca, 2019). Er is al veel onderzoek gedaan naar andere toepassingen van gebruikte

sigarettenfilters. Voorbeelden hiervan zijn sigarettenfilters als geluidsisolatie (Escobar & Maderuelo-Sanz, 2017), als voorloper voor de bereiding van muggenpesticiden en als hulpmiddel voor het beheer van malaria vectoren (Marinello, Francesco, Gamberini, & Bianca, 2019) of papierproductie (Vanapalli, et al., 2023). Een andere oplossing die wordt benoemd door verschillende antirookorganisaties is het verbieden van sigarettenfilters (Legman, 2022). Hierbij worden sigaretten dus niet verboden en hebben we geen last van sigarettenfilters op straat. Sterker nog, sigaretten zonder sigarettenfilters zijn nog gezonder dan met filters, omdat rokers door de sigarettenfilters dieper zouden inademen en dus meer schadelijke stoffen binnenkrijgen (Croes, 2022). In dit onderzoek wordt er echter gericht op het idee om de sigarettenfilters te recyclen.

Om de CA voor andere doeleinden te gebruiken, moet het residu van de tabaksrook dat in het sigarettenfilter zit, eerst verwijderd worden door middel van een reinigingsproces (Slejko, Tuan, & Scuor, 2023). Bij het gebruik van CA in producten voor dagelijks gebruik mag er maar een laag percentage schadelijke of giftige stoffen, zoals zware metalen in de producten zitten. Dit is vastgelegd in de REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of Chemicals) wet van de EU (Substances restricted under REACH, z.d.). Daarnaast is het belangrijk dat de bindingen binnen de vezels tijdens het reinigingsproces intact blijven, omdat dit leidt tot het behouden van de structurele integriteit van de CA vezels. Niet alle producten gemaakt van CA vereisen dezelfde structurele integriteit van de vezels. Voor het maken van bijvoorbeeld textiel zullen er sterke CA vezels nodig zijn, om sterke kleding te produceren. Daarentegen zal geluidsisolatie gemaakt van CA vezels geen hoge structurele integriteit nodig hebben, omdat de vezels geen hoge spanning zullen ondergaan tijdens het gebruik van dat product. In dit onderzoek proberen we de CA vezels zo min mogelijk te beschadigen, zodat de gerecyclede CA voor zo veel mogelijk doeleinden kan worden gebruikt.

Er zijn al veelbelovende onderzoeken gedaan naar het reinigingsproces voor sigarettenfilters. Zo is er in een onderzoek (Benavente, Silvero, López-Coca, Escobar, & Caballero, 2019) onderzocht hoe effectief bepaalde oplossingen waren

in het schoonmaken van sigarettenfilters. In de conclusie van dat onderzoek wordt op basis van meetresultaten een efficiënte schoonmaakmethode opgesteld. Deze methode wordt methode A genoemd. Dit onderzoek gaat verder in op methode A en kijkt of een verbetering van deze bestaande methode op basis van een verandering van variabelen, gebaseerd op literatuur, zal leiden tot CA vezels met een lager gehalte zware metalen en moleculaire verontreinigingen, zonder dat de structurele integriteit aanzienlijk beschadigd wordt. Deze nieuwe methode wordt methode B genoemd.

Hieruit volgt de onderzoeksvraag: In hoeverre is methode B beter dan methode A in het verlagen van het gehalte zware metalen en verontreinigingen in de CA vezels van gebruikte sigarettenfilters, zonder de structuur van de vezels aanzienlijk te beschadigen?

2. Theoretisch kader

2.1 Sigarettenfilters

Om sigarettenfilters schoon te maken is het belangrijk om te weten wat een sigaret is en wat er allemaal in een sigarettenfilter zit. Ten eerste hebben sigaretten een lengte van 85 of 100 mm en een diameter van ongeveer 8 mm (Browne, 1990). Ze zijn samengesteld uit een filter, tabak, additieven en een sigarettenomhulsel. Tabaksbladeren bevatten verschillende kleuren, smaken, brandeigenschappen, aroma's en nicotinegehalten, afhankelijk van het soort tabak en de groeic locatie. Tabaksbladeren bevatten verschillende alkaloiden, waaronder nicotine, een giftige stof die verslaving bij rokers veroorzaakt (Nicotine Is Why Tobacco Products Are Addictive, 2022). Verder worden er tijdens de productie van tabak meer dan honderd soorten additieven toegevoegd, waaronder smaakstoffen zoals cacao, rum, zoethout, suiker en fruitsappen, evenals vocht inbrengende middelen om de tabak vochtig te houden (Rambali, et al., 2002). Teer in sigaretten wordt gevormd door de stoffen en additieven in tabak. Het bevat talloze schadelijke stoffen, waaronder polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), die bekend staan om hun kankerverwekkende eigenschappen (Engstrom, Clapper, & Schnoll, 2003). Daarnaast bevat het teer verschillende carcinogenen, zoals benzeen en formaldehyde. Naast deze hoofdbestanddelen kan tijdens het roken van een sigaret een reeks aan andere schadelijke stoffen ontstaan, waaronder vluchtige organische verbindingen (VOC's) zoals aceton en acroleïne (9 schadelijke stoffen in tabaksrook (WHO), z.d.). Als laatste bevatten sigaretten ook zware metalen, waaronder cadmium (Cd), nikkel (Ni) en lood (Pb) (Caruso, O'Connor, Stephens, Cummings, & Fong, 2013) (Caruso, O'Connor, Stephens, Cummings, & Fong, 2013). De hoeveelheid zware metalen per sigaret verschilt per merk. Rokers worden blootgesteld aan meer dan 7000 verschillende chemicaliën wanneer ze sigarettenrook inhaleren (Browne, 1990) (Rambali, et al., 2002). Deze stoffen dragen bij aan de giftigheid van sigarettenrook en hebben verschillende negatieve gezondheidseffecten.

Het sigarettenfilter is meestal 20 tot 30 mm lang (Browne, 1990). Sigarettenfilters zijn meestal gemaakt van CA vezels die strak zijn samengeperst. Deze CA vezels functioneren als de eerste verdedigingslinie tegen schadelijke componenten in de rook, zoals de teer en een reeks andere chemische verbindingen die tijdens het roken ontstaan. Deze stoffen blijven dus ook achter in het filter. Het sigarettenfilter voorkomt ook dat tabak direct in de mond van de roker terechtkomt. Deze vezels zijn ook behandeld met een dunne laag titaniumdioxide (TiO₂),

om de sigarettenfilters een witte kleur te geven (Schoeters, et al., 2023). Een CA vezel is de acetaat-ester van cellulose, meestal in de vorm van cellulose di-acetaat. Van deze stof kunnen sigarettenfilters en onder andere brillenframes en kleding worden gemaakt (Laurence, 2012). Het recycling-proces van CA bestaat uit schoonmaken, verpulveren, oplossen, rollen en drogen (Slejko, Tuan, & Scuor, 2023). Er zijn al redelijk veel kleine praktijken die zich bezighouden met het recyclen van sigarettenfilters, maar nog niks op landelijke schaal. Er zijn wel veel praktijken die zich bezighouden met de recycling van CA. Hier wordt echter alleen CA uit de textielindustrie gebruikt en geen CA van sigarettenfilters. CA uit de textielindustrie hoeft natuurlijk minder goed schoongemaakt te worden dan de CA van de sigarettenfilters. Recycling van sigarettenfilters vindt op dit moment niet plaats, mede omdat sigarettenfilters overal worden weggegooid en meestal niet op plekken waar ze nog gerecycled kunnen worden. In veel gevallen komen de sigarettenfilters terecht op straat, waar ze wegspoelen in de riolering. Idealiter zouden de sigarettenfilters na gebruik in centrale asbakken komen, zodat ze eenvoudig opgehaald kunnen worden om gerecycled te worden. Dit wordt al gedeeltelijk gedaan in Nederland met behulp van de asbaktegels, maar de tegels die er zijn, zijn nog niet genoeg om de straten sigaretvrij te houden.

2.2 Schoonmaken

In deze paper worden twee methodes benoemd; methode A en B. Methode A is afgeleid uit het eindadvies van een onderzoek en is dus niet eerder volledig uitgevoerd (Benavente, Silvero, López-Coca, Escobar, & Caballero, 2019). Methode B is een nieuwe methode, waarbij onderdelen van methode A en andere literatuur zijn toegepast. Het doel van methode B is om in vergelijking met methode A meer moleculaire verontreinigingen en zware metalen te verwijderen, zonder de structuur van de CA vezels te beschadigen.

In een onderzoek (Benavente, Silvero, López-Coca, Escobar, & Caballero, 2019) is de werking van drie oplossingen (5% natrium chloride (NaCl) (w/v), 5% natrium acetaat NaAc (w/v) en 0,02% zwavelzuur H₂SO₄ (w/v)) in combinatie met drie organische oplosmiddelen (ethanol, di-ethylether en hexaan) op de extractie van zware metalen en organische verbindingen onderzocht. Hieruit volgt dat zwavelzuur- en natriumchlorideoplossing de meest effectieve extractiestoffen zijn voor het verwijderen van verschillende metalen. Zo was er te zien dat zwavelzuuroplossing een groot deel van het ijzer (Fe), koper (Cu), aluminium (Al) en zink (Zn) uit de sigaretten extraheert. Dit was vastgesteld, door de concentratie van de metalen in de oplossing, die gebruikt is om de sigarettenfilters mee schoon te maken, te meten in microgram metaal per gram monster. Hierbij zijn er tien sigarettenfilters in 3 keer 100 ml oplossing geëxtraheerd. Dit gaf de volgende resultaten: 13,5 µg/g Fe, 0,6 µg/g Cu, 8,7 µg/g Al en 8,7 µg/g Zn. Ook volgde er uit het onderzoek dat de natriumchlorideoplossing veel strontium (Sr) en mangaan (Mn) verwijdert; 11,7 µg/g Sr en 3,9 µg/g Mn (Benavente, Silvero, López-Coca, Escobar, & Caballero, 2019). Er is ook aangetoond dat de drie organische oplosmiddelen (ethanol, di-ethylether en hexaan), een extraherende werking hebben op de organische verontreinigingen. Uit de conclusie van dat onderzoek kwam dat een combinatie van de twee best werkende stoffen (zwavelzuuroplossing en natriumchlorideoplossing), gevolgd door het gebruik van de organische oplosmiddelen de meest efficiënte methode zou zijn voor het verwijderen van deze metalen en organische stoffen. De methode

die in deze conclusie gegeven wordt, wordt in dit onderzoek methode A genoemd.

2.3 Werking onafhankelijke variabelen

De middelen die in de schoonmaakmethodes worden gebruikt hebben allemaal een eigen functie. Dit zijn de onafhankelijke variabelen. Zwavelzuur (H_2SO_4) is een sterke oxidator en reageert veel met metalen (Saeid & Chojnacka, 2014). Het is bekend dat zwavelzuur een groot deel van het Zn, Fe en andere metalen uit de sigarettenfilters extraheert (Benavente, Silvero, López-Coca, Escobar, & Caballero, 2019). Natriumchloride-oplossing (NaCl) helpt ook met het verwijderen van metalen, en verwijdert vooral het Sr en Mn uit de sigarettenfilters (Benavente, Silvero, López-Coca, Escobar, & Caballero, 2019). Ethanol, di-ethylether en hexaan zorgen voor de extractie van koolstofbindingen, waaronder de teer en de PAK's (Carbon Compounds, 2010).

Temperatuur is ook een variabele in de werking van de schoonmaakmethode. Door te starten met een voorbehandeling van warm water van 50°C , kunnen de sigarettenfilters op een minder arbeidsintensieve manier voorbereid worden. Een hogere temperatuur zal zorgen dat de moleculen meer trillen. Hierdoor worden de CA vezels versoepeld, de omhullingen rondom de sigarettenfilters verwijderd en potentiële verontreinigingen losgemaakt. Het is aannemelijk dat dit werkt, omdat dit ook in andere methodes gebruikt wordt (Fenzo, Giordano, & Sansone, 2020). Het gebruik van koud water is gekozen om de CA vezels te rekken (Fenzo, Giordano, & Sansone, 2020). Dit zou het contactoppervlak van de vezels vergroten en het schoonmaken dus makkelijker moeten maken. De CA vezels ondergaan na dit reinigingsproces met temperatuurverhoging of -verlaging nauwelijks aantasting in de structuur (Fenzo, Giordano, & Sansone, 2020).

2.4 Spectroscopie

Om de verschillende eigenschappen van de CA vezels vóór en ná het schoonmaakproces te meten zijn een FTIR-spectrometer, een SEM-EDX en een LIBS gebruikt.

Een FTIR-ATR (Fourier Transform Infrared Attenuated Total Reflectance) spectrometer is een spectrometer die gebruikt wordt voor het karakteriseren van stoffen. Met de FTIR-ATR kunnen er dus veranderingen van moleculaire verbindingen opgespoord worden (FTIR Analysis, z.d.). Dit is erg belangrijk om zeker te weten dat CA niet te veel wordt aangetast door het schoonmaakproces. FTIR-ATR wordt ook in andere literatuur gebruikt om de CA te karakteriseren (Fenzo, Giordano, & Sansone, 2020) (Benavente, Silvero, López-Coca, Escobar, & Caballero, 2019).

Een SEM (Scanning Electron Microscopy) is een microscoop die elektronen op het voorwerp schiet en de elektronen punt voor punt meet. Hierdoor kan een scherp beeld gevormd worden van de CA vezels (Nixon, 1971).

Ook kan er door middel van EDX (Energy Dispersive X-ray) een verschil in de concentraties van metalen worden gemeten. Hierbij komt er, door het beschieten van een atoom met een elektronenstraal, röntgenstraling vrij met een bepaalde hoeveelheid energie. Bij elk element komt er een verschillende hoeveelheid energie vrij en is er dus te meten welke elementen voorkomen en wat het gehalte van die elementen is (Antonis, 2019). Zo is er te zien of er afvalstoffen achtergebleven zijn op de CA vezels. De stoffen waarnaar gezocht is zijn aluminium (Al), mangaan (Mn), ijzer (Fe), koper (Cu), zink (Zn),

strontium (Sr), barium (Ba) en lood (Pb). Dit onderzoek zal zich richten op deze stoffen, omdat van deze stoffen bekend is dat ze voorkomen in sigarettenfilters (Caruso, O'Connor, Stephens, Cummings, & Fong, 2013) (Moerman & Potts, 2011). Een LIBS-spectrometer (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy) gebruikt een gepulseerde laser om materiaal te verdampen en te ioniseren, waardoor een plasma ontstaat. Het resulterende lichtspectrum wordt geanalyseerd om de chemische samenstelling van het monster te bepalen, door de karakteristieke golflengten van de uitgezonden lichtsignalen te meten (How does LIBS work?, z.d.). Hiermee hebben we ook gemeten welke elementen er aanwezig zijn in de vezels. Bij deze meetmethode zijn er naar dezelfde metalen gekeken als bij de EDX-metingen.

3. Methode

3.1 Materialen

De 30 sigarettenfilters zijn ontvangen van een anonieme donateur. Tien sigarettenfilters zijn gebruikt voor methode A, tien voor methode B, vijf voor de ongebruikte sigarettenfilters en vijf voor de gebruikte sigarettenfilters. Er zijn meer sigarettenfilters gebruikt voor de schoonmaakmethodes, omdat er meer variatie mogelijk is in de resultaten van de schoongemaakte sigarettenfilters. Ze zijn allemaal van hetzelfde merk Marlboro Red en gerookt op dezelfde wijze. Variatie in controlevariabelen zoals rookmethode, filtersoort, hoeveelheid gepasseerde tabaksrook en tabaksoort, die invloed heeft op de hoeveelheid verontreiniging van de filters, is hierdoor geminimaliseerd. Door meerdere monsters te verkrijgen zijn willekeurige variabelen waar weinig controle over is, geminimaliseerd.

De oplosmiddelen die gebruikt zijn, zijn 99,8% ethanol, 99,9% di-ethylether en 99,9% hexaan. Het zout (NaCl) dat gebruikt is voor de 0,5% (w/v) oplossing, is 99,5% natriumchloride voor analyse. Het zwavelzuur dat gebruikt is voor de 0,02% (w/v) zwavelzuuroplossing, is 95% zwavelzuuroplossing voor analyse.

3.2 Schoonmaakmethoden

Methode A is een bestaande methode gebaseerd op de conclusie van een ander onderzoek (Benavente, Silvero, López-Coca, Escobar, & Caballero, 2019). Dit houdt in dat methode A er als volgt uit ziet: ten eerste een extractie met zwavelzuuroplossing, ten tweede een extractie met natriumchlorideoplossing en ten slotte een extractie met organische oplosmiddelen (ethanol, di-ethylether en hexaan). Aangezien er in dat onderzoek tien monsters gebruikt zijn en de omhulselpapiertjes van de sigarettenfilters voor de extractie verwijderd zijn, zal dit ook gedaan worden in methode A. Ook worden alle extractiestoffen zoveel mogelijk op dezelfde manier als in dat onderzoek toegepast, omdat de werking van de stoffen dan vergelijkbaar is. Hieruit volgt de volgende methode: Ten eerste worden de tien sigarettenfilters drie keer voor 30 minuten in verse 0,02% zwavelzuuroplossing (w/v) geplaatst. De oplossing wordt gedurende de 30 minuten geroerd. Ten tweede worden de tien sigarettenfilters drie keer voor 30 minuten in verse 0,5% natriumchlorideoplossing (w/v) geplaatst. Deze oplossing wordt ook gedurende de 30 minuten geroerd. Ten slotte worden de tien sigarettenfilters drie keer voor 30 minuten in 99% ethanol geplaatst. Die oplossing wordt gedurende de 30 minuten ook geroerd. Dit wordt achtereenvolgens ook met di-ethylether en hexaan uitgevoerd. Aangezien een aantal details over de precieze uitvoering van deze methode in dat onderzoek niet

gegeven is, wordt hierna benoemd welke werkwijze door ons gehanteerd is. Voor het roeren van de oplossingen wordt er gebruikgemaakt van een magnetische roerder, zodat alle sigarettenfilters evenveel geroerd worden en er consistentie is tussen de methoden en oplossingen. Daarnaast worden er bij extracties met di-ethylether en hexaan Petri schaaltjes op de opstelling gezet, zodat de oplosmiddelen minder snel verdampen. De sigarettenfilters van methode A zijn na het experiment niet gedroogd. Het experiment is op kamertemperatuur uitgevoerd, zodat de rol van temperatuur tijdens het schoonmaakproces zo laag mogelijk was.

Een ander onderzoek (Fenzo, Giordano, & Sansone, 2020) gebruikt een schoonmaakproces met warm water, koud water en ethanol. Het koude water trekt CA vezels uit elkaar, waardoor oplosstoffen gemakkelijker verontreinigingen kunnen weghalen. Het warme water zou het extraheren van grote deeltjes gemakkelijker maken. Het ethanol is een bekende werkende stof voor de extractie van verontreinigingen in CA.

In methode B zijn bepaalde onafhankelijke variabelen veranderd. Hierbij is niet het doel om te onderzoeken welke invloed één bepaalde onafhankelijke variabele heeft, maar om te kijken of door het veranderen van meerdere variabelen, er een efficiëntere schoonmaakmethode zou ontstaan.

Bij methode B zijn de tien papieren omhulsels van de tien sigarettenfilters van tevoren niet weggehaald, zoals dat in methode A wel gebeurt. Er is hiervoor gekozen, omdat er in een eerder onderzoek het omhulselpapier voorafgaand aan de reiniging ook niet is losgemaakt. Daarnaast zou dit leiden tot een minder arbeidsintensieve methode, bij uitvoering op grote schaal.

De sigarettenfilters zijn in warm water van 50°C, 60 minuten lang geroerd. Het warme water leidt tot een betere reiniging (Fenzo, Giordano, & Sansone, 2020). Deze temperatuur van het water en de lengte van deze stap zijn overgenomen vanuit literatuur en zou de CA vezels niet aantasten (Fenzo, Giordano, & Sansone, 2020). De temperatuur helpt ook met het losmaken van het omhulselpapier, de tabak en ook fijnere verontreinigingen. Hierna zijn de sigarettenfilters met koud water gewassen. Hierdoor rekken de CA vezels, waardoor oplosmiddelen (die later toegevoegd worden) makkelijker de verontreinigingen kunnen verwijderen. In het onderzoek is niet duidelijk aangegeven hoe dit is gedaan. In dit onderzoek is er gekozen om de sigarettenfilters voor 15 minuten in water van 8°C te roeren met een magnetische roerder. Dit is, direct achter elkaar, in totaal drie keer uitgevoerd. Er is gekozen voor 15 minuten, omdat de temperatuur van het water dan geen tijd had om te stijgen. Er is een temperatuur van 8°C gekozen, omdat deze temperatuur makkelijk behaald kon worden in een koelkast. Vervolgens zijn de sigarettenfilters in verse 0,02% zwavelzuuroplossing geplaatst en 30 minuten geroerd, wat in totaal drie keer is uitgevoerd. Dit is net als methode A. Achtereenvolgens is dit herhaald met verse 0,5% natriumchlorid-oplossing (w/v). Vervolgens zijn de tien sigarettenfilters drie keer voor 30 minuten in 99% ethanol geplaatst. De oplossing is gedurende de 30 minuten geroerd.

In methode A is hierna ook nog di-ethylether en hexaan gebruikt. Er is hier als oplosmiddel alleen voor ethanol gekozen, omdat dit in een andere bestaande methode (Fenzo, Giordano, & Sansone, 2020) ook is gedaan, met goed resultaat. Hierdoor zouden voor uitvoering van methode B minder stoffen gebruikt hoeven te worden.

Ten slotte zijn de sigarettenfilters 30 minuten lang met een haardroger op de hoogste stand gedroogd, om alle ethanol te

laten verdampen. Er is voor een haardroger gekozen, omdat er geen oven beschikbaar was.

Het experiment vond grotendeels plaats in een zuurkast, zodat de mogelijke geuren van de gebruikte stoffen niet in het lab te ruiken waren en om onze blootstelling en de kans op het mogelijk inademen van de schadelijke stoffen te verminderen. Er zijn magnetische roerders gebruikt (zie figuur 1) om ervoor te zorgen dat de sigarettenfilters constant werden geroerd en omdat er telkens lange tijdsintervallen waren tussen het overzetten van de filters naar een nieuwe stof. De roervlo (de ijzeren pil die draait en een vortex creëert) van beide roerders zijn na het overzetten van de sigarettenfilters naar de volgende vloeistof afgespoeld en gedroogd, vóór ze bij een nieuwe vloeistof zijn gebruikt. Er zijn voornamelijk 250 ml maatbekers gebruikt voor de vloeistoffen, alleen bij ethanol en hexaan zijn er 50 ml maatbekers gebruikt vanwege het kleiner benodigde volume. Om de sigarettenfilters over te zetten van beker naar beker is er een pincet gebruikt waarmee de filters één voor één zijn overgezet. Ook het pincet is na elke keer afgespoeld en schoongemaakt.

Voor onze controlegroep/nulmeting zijn handmatig de papieren omhulsels en de tabak verwijderd, om representatieve meetresultaten mogelijk te maken.

3.3 Metingen

Voor het meten van de hoeveelheid verontreinigingen en zware metalen in de sigarettenfilters en de structuur van de CA vezels van de twee schoonmaakmethoden zijn er verschillende metingen uitgevoerd. De monsters zijn gemeten met FTIR-ATR spectroscopie voor de moleculaire verontreinigingen in de sigarettenfilters. Er is LIBS-spectroscopie gebruikt voor het karakteriseren van de metalen in de sigarettenfilters. Ten slotte is er een SEM-EDX elektronenmicroscopie gebruikt voor het in beeld brengen van de vezels. Ook is de SEM-EDX gebruikt voor de elementenanalyse. Een groot deel van deze resultaten (FTIR-ATR) zijn niet kwantificeerbaar, dus is het niet mogelijk om een getal aan de effectiviteit van een schoonmaakmethode te geven. Daarentegen is het wel mogelijk om een antwoord te geven op onze onderzoeksvraag. De resultaten zijn niet kwantificeerbaar, maar er is wel te zien of de ene methode beter is dan de andere methode.

Er zijn FTIR-ATR metingen uitgevoerd op een Alpha-P FTIR (Bruker Optics, Duitsland), voorzien van een Platinum ATR QuickSnap™ module. De spectra zijn geanalyseerd door middel van OriginLabs analyse software.

Er is een SEM (JSM 7610 FPlus; JEOL), uitgerust met een EDX (Oxford Instruments Aztec Live Standard Ultim), gebruikt om informatie te krijgen over de elementen in de CA. Het acceleratievoltage (AV) en de werkafstand (WD) van de SEM foto's staan vermeld onder de figuren.

Voor de LIBS-metingen is er een 1064 nm, 50 mJ laser van Frankfurt Laser Company gebruikt. Het type is FPYL-1064-050mJ-Q en is gebruikt in single pulse mode. De spectrometer AvaSpec NEXOS, 2048CL (range = 170 - 445 nm) van Avantes is gebruikt voor het meten van de spectra.

4 Resultaten

4.1 Waarnemingen

Tijdens het schoonmaken was er te zien dat de oplossingen erg bruin werden en dus veel verontreinigingen uit de sigarettenfilters opnamen. Na het schoonmaken was er al gauw te zien dat de sigaretten uit methode A er schoner uitzagen dan de si-

garetten van methode B. Dit was te zien, doordat de sigaretten van methode B net iets bruiner waren van kleur dan die van methode A.

4.2 FTIR-ATR

Van onze FTIR-ATR data zijn er per groep het gemiddelde genomen en zijn vervolgens de gegevens genormaliseerd op een schaal van 0 - 1. Het resultaat is te zien in figuur 2.

De lijnen in de grafiek laten de verschillende intensiteiten van bepaalde golflengtes zien. Elke golflengte hoort bij een specifieke binding. In het FTIR-spectrum is te zien dat de lijnen over het algemeen zeer overeenkomen. Alle bindingen die kenmerkend zijn voor CA zijn te zien; er liggen geen pieken onder de lijn van de ongebruikte sigarettenfilters. Geen bindingen zijn verloren geraakt tijdens het schoonmaakproces. Zo is er bij 897 cm⁻¹ een C-O-C groep te zien. Bij 1032 cm⁻¹ is er een vibratie van de C-O binding te zien en bij 1213 cm⁻¹ ligt de strekking van een C-O binding van de acetyl-groepen die in CA zit. Daarnaast ligt er bij 1366 cm⁻¹ het buigen van een C-H groep en bij 1734 cm⁻¹ een carbonylstrekking (Fenzo, Giordano, & Sansone, 2020) (Steffen, z.d.) (Bouwens, et al., 2016). Wat opvallend is dat er bij 2919 cm⁻¹, 2850 cm⁻¹, 1650 cm⁻¹ en bij 1430 cm⁻¹ duidelijke verschillen zijn tussen de intensiteit van de pieken (Steffen, z.d.) (Bouwens, et al., 2016). Er is dus een verschil in de hoeveelheid aanwezige alkaan-, aldehyde- en alkeengroepen. Deze verbindingen zijn veelvoorkomend in de moleculen die ook in teer te vinden zijn. Als er uitvergroot wordt naar 3050 cm⁻¹ – 2750 cm⁻¹ (figuur 3) is er te zien dat er in de gebruikte sigarettenfilters veel van de alkaan- en aldehydegroepen zitten. Verder liggen de pieken van methode A ongeveer gelijk met de ongebruikte sigarettenfilters. De lijn van methode B heeft juist hogere pieken, boven de ongebruikte sigarettenfilters. Bij 1650 cm⁻¹ is dit ook op te merken; de lijn van methode B ligt boven de lijnen van methode A en de ongebruikte sigarettenfilters. Blijkbaar zitten er dus aanmerkelijk meer alkaan-, aldehyde- en alkeengroepen in de sigarettenfilters van methode B, dan in de ongebruikte sigarettenfilters en de sigarettenfilters van methode A. Het is ook erg opvallend dat de lijn van methode A vrijwel overal overeenkomt met de lijn van de ongebruikte sigarettenfilters. Dit wijst op het feit dat methode A erg effectief is in het verwijderen van moleculaire verontreinigingen.

4.3 SEM-EDX

In figuur 4 is er een SEM foto te zien met de structuur van de CA vezels. Links methode A, rechts methode B. Er zijn onregelmatigheden gevonden op het oppervlak van de vezels, maar aan de hoeveelheid en formaat te zien zijn dat waarschijnlijk fabrieksdefecten van de CA zelf. In figuur 5 is er een vergelijking te zien met links ongebruikte sigarettenfilters en rechts met methode A schoongemaakte sigarettenfilters. Op de sigarettenfilters van methode A zijn er deeltjes te zien die vastzitten aan de CA vezels. Deze deeltjes zijn niet te zien op de foto's van de sigarettenfilters van de andere schoonmaakmethode en de sigarettenfilters die niet zijn schoongemaakt.

Door middel van EDX-analyse hebben we data verkregen van metaalgehalten in de sigarettenfilters. In figuur 6 t/m 9 zijn de metaalgehalten van sigarettenfilters te zien. In de grafieken is de intensiteit bij bepaalde energieniveaus te zien. Elk metaal heeft zijn eigen 'afdruk' die bestaat uit verschillende pieken. De analysesoftware kan zien welk metaal er dan bij de pieken hoort. Ook heeft de analysesoftware het massapercentage

(m%) van de gevonden stoffen berekend. De massapercentages van zuurstof (O) en koolstof (C) worden niet benoemd in de resultaten. De O en C zijn namelijk afkomstig van de CA.

In de resultaten van de EDX-analyse van de ongebruikte sigaretten zijn alleen 12,96 m% titanium (Ti) en 0,31 m% silicium (Si) te zien. De gebruikte sigaretten bevatten alleen 19,28 m% Ti. Bij methode A zijn er 3,83 m% koper (Cu), 3,27 m% zink (Zn) en 1,50 m% fluor (F) gevonden. Op de CA vezels van methode B zijn alleen 2,15 m% natrium (Na) en 2,96 m% chloor (Cl) gevonden. Verder was niet mogelijk om door middel van EDX-analyse verdere informatie te verkrijgen over de metalen die nodig is om de onderzoeksvraag te beantwoorden. Dit was onmogelijk, doordat de EDX de lage gehalten metalen niet kon meten. Er zijn geen relevante resultaten uit de EDX-analyse verkregen over de zware metalen.

4.4 LIBS

In figuur 10 is er een grafiek te zien met vier spectra, verkregen met de LIBS. Hierbij is per groep één grafiek genomen die het meest representatief is. In de grafiek is de intensiteit van de verschillende golflengtes te zien. Er zijn bepaalde pieken die bij elk spectrum terugkomen. Deze pieken zijn geanalyseerd door analysesoftware. Hier is alleen uit te halen dat er titanium (Ti) in de ongebruikte sigarettenfilters zit. Er zijn geen duidelijke pieken te zien van andere metalen in de andere sigarettenfilters. Met de LIBS-analyse is het niet gelukt om de metalen met lagere concentraties te vinden en deze analysemethode voldeed dus niet voor de doeleinden van dit onderzoek.

5 Conclusie

De onderzoeksvraag van dit onderzoek is: In hoeverre is methode B beter dan methode A in het verlagen van het gehalte zware metalen en verontreinigingen in de CA vezels van gebruikte sigarettenfilters, zonder de structuur van de vezels aanzienlijk te beschadigen? Om deze vraag te beantwoorden, moeten we dus weten of het gehalte zware metalen is verlaagd, of de verontreinigingen zijn verwijderd en of de structuur van de vezels is beschadigd.

Door middel van de FTIR-ATR-analyse is er te zien dat er meer alkaan- en aldehydegroepen zijn achtergebleven in de sigarettenfilters van methode B. Hieruit is te concluderen dat methode B aanmerkelijk minder effectief is in het verwijderen van verontreinigende deeltjes met alkaan-, aldehyde- en alkeengroepen dan methode A. Deze groepen zijn kenmerkend voor teer. Er zijn dus meer teerdeeltjes achtergebleven in de sigarettenfilters van methode B in vergelijking met methode A. Op de foto's van de SEM is te zien dat beide methoden geen aanzienlijke schade hebben aangebracht op de CA vezels. Dit is aannemelijk, doordat er geen merkbaar verschil zichtbaar is in de structuur van de CA vezels tussen de ongebruikte sigarettenfilters en de behandelde sigarettenfilters. De karakterisering van de CA door de FTIR-ATR versterkt deze conclusie.

Verder kan uit onze resultaten niet geconcludeerd worden dat het gehalte zware metalen is verlaagd. Wel zijn er verschillende inzichten uit de EDX-resultaten te halen. Het is bijvoorbeeld opvallend dat er in de resultaten van de schoongemaakte filters (figuur 7 en 8) geen titanium te vinden was, maar in de gebruikte en ongebruikte sigarettenfilters wel. Blijkbaar hebben beide methodes (bijna) alle titanium verwijderd. Ook waren er natrium en chloor gevonden op de CA vezels van methode B. Dit komt overeen met de deeltjes die te zien zijn in figuur 5. Er zit dus natriumchloride op de CA vezels, afkom-

stig van onze eigen zoutoplossing voor het schoonmaken van de vezels. Natriumchloride staat niet onder de REACH wet, is niet gevaarlijk en kan ook makkelijk uit de CA vezels gewassen worden. Dit is dus geen groot probleem. Daarnaast zouden de gevonden koper en zink afkomstig kunnen zijn van de klem die de CA vezels binnen de SEM vasthield. De fluor die gevonden is kan te verklaren zijn door mogelijke fluorkoolstofbindingen, die in de vezels terecht zijn gekomen tijdens het roken.

Concluderend, methode A is beter dan methode B in het verwijderen van organische verontreinigingen en beide methoden hebben geen schade aangebracht op de CA vezels. Deze conclusie wordt ondersteund door FTIR-ATR-resultaten die aantonen dat er minder teerdeeltjes in de sigarettenfilters zitten. Dat de structuur van de CA vezels niet is beschadigd is aangetoond door het bekijken van SEM foto's, waarop geen schade zichtbaar was en wordt ook versterkt door de FTIR-ATR-resultaten.

6 Discussie

6.1 Inperkingen op validiteit, betrouwbaarheid en nauwkeurigheid

De meetapparatuur die we gebruikt hebben voor het trekken van conclusies zijn betrouwbaar, valide en nauwkeurig. Deze apparatuur is namelijk gemaakt voor het genereren van gegevens die nodig zijn voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag. Er zijn echter factoren die de validiteit van het antwoord op de onderzoeksvraag hebben beperkt:

- Er zijn geen bruikbare resultaten verkregen over de zware metalen in de sigarettenfilters. Hiermee is er dus deels geen antwoord gegeven op de onderzoeksvraag. Hierdoor is onze methode niet valide voor dit gedeelte van de onderzoeksvraag. Dit komt omdat de gebruikte meetapparatuur niet in staat was deze hoeveelheden te meten. Het materiaal gebruikt in dit onderzoek is dus wel valide, maar niet de juiste om onze onderzoeksvraag te beantwoorden. Deze resultaten hadden wel verkregen kunnen worden met gebruik van andere meetapparatuur. Zo kan er ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) gebruikt worden. ICP-MS is een methode die wel in staat is de zware metalen met grote nauwkeurigheid te meten in CA (Benavente, Silvero, López-Coca, Escobar, & Caballero, 2019). Voor dit onderzoek is er geen gebruikgemaakt van ICP-MS-spectroscopie, omdat er geen toegang was tot deze apparatuur.

- De conclusie van het onderzoek is niet gebaseerd op generaliseerbare resultaten. De onderzoeksvraag vraagt in hoeverre B een betere methode dan A is, in het verlagen van het gehalte zware metalen en verontreinigingen in de CA vezels van gebruikte sigarettenfilters, zonder de structuur van de vezels aanzienlijk te beschadigen. Hierbij is de term 'gebruikte sigarettenfilters' een erg grote groep. Deze filters kunnen namelijk erg van elkaar variëren: een gebruikte sigarettenfilter van het ene merk is anders dan de gebruikte sigarettenfilter van het andere merk, omdat er een ander soort tabaksrook doorheen is gegaan. Daarnaast kan de compositie van het residu in het sigarettenfilter verschillen door de rooktechniek die wordt toegepast op het filter. Er is voor gekozen om de resultaten alleen maar te verkrijgen van gebruikte sigarettenfilters van het merk Marlboro Red, die allemaal door dezelfde persoon zijn opgerookt. Dit onderzoek heeft daar echter geen rekening mee

gehouden. Hierdoor representeren de resultaten niet de gehele groep 'gebruikte sigarettenfilters', waar in de onderzoeksvraag wel naar gevraagd wordt. Dit maakt de methode dus minder valide omdat ze geen volledig antwoord geeft op de onderzoeksvraag.

Hierdoor zijn de resultaten echter wel onderling consistent, wat leidt tot nauwkeurigere resultaten. Deze onderlinge consistentie tussen sigarettenfilters zorgde er ook voor dat het onderzoek haalbaarder was. Er hoefden namelijk maar 10 gebruikte sigarettenfilters gemeten te worden per methode. Aangezien de verschillen tussen de sigarettenfilters zo klein zijn, is een grote hoeveelheid monsters niet nodig voor het verkrijgen van nauwkeurige resultaten. Als ervoor gekozen zou worden om de hele groep 'gebruikte sigarettenfilters' wel goed te representeren, zouden er veel meer sigarettenfilters getest moeten worden, omdat deze een realistische afspiegeling van de mondiale hoeveelheid weggegooid gebruikte sigarettenfilters moeten zijn.

- Het verkrijgen van de sigaretten had beter gekund. In de huidige methode zijn alle sigaretten handmatig opgerookt. Hiervoor had ook een rookmachine gebruikt kunnen worden. Een rookmachine kan het roken van sigaretten simuleren en is in staat de sigaretten consistent te roken. Dit zou zorgen voor nauwkeurigere resultaten.

6.2 Meerwaarde van het onderzoek

Ondanks dat de onderzoeksvraag deels is beantwoord, heeft het onderzoek met betrekking tot technologische vooruitgang niet veel bruikbare informatie opgeleverd. Er is namelijk geen betere methode opgesteld. Wel is er aangetoond dat methode A een werking heeft. Methode A was namelijk een advies van een eerder onderzoek en niet eerder uitgevoerd. De reden dat er geen betere methode is opgesteld is dat er niet goed genoeg gekeken is naar welke variabelen de werking van een schoonmaakmethode zouden kunnen verbeteren. Als gevolg is methode B niet een goede overweging van werkende variabelen, maar meer een willekeurige verandering van deze variabelen. Zo is ervoor gekozen de sigarettenfilters niet handmatig te prepareren, om te testen of dit een goede manier van preparatie van sigarettenfilters was voor op grote schaal. Dit heeft weinig waarde, aangezien er heel veel variabelen in de methode zijn. Uiteindelijk is de som van veranderingen van de variabelen het meetresultaat. Er is gekozen om koud en warm water te gebruiken in methode B. Deze onderdelen zouden moeten werken. Vervolgens is er in methode B gekozen om de oplosstoffen hexaan en di-ethylether weg te laten. Er is dus een verbeterende variabele toegevoegd en een werkend onderdeel uit de bestaande methode weggehaald. Het is daarom ook logisch dat de werking van methode B niet beter is dan die van methode A. Er zijn werkende onderdelen toegevoegd aan methode B, maar ook werkende onderdelen weggelaten. Dit is compleet onlogisch. Waarom zou er een werkend onderdeel weggelaten worden als het doel van dit onderzoek is de werking van de methode te verbeteren? Een verklaring hiervoor is onze onwetendheid, niet alleen in dit vakgebied, maar ook in de uitvoering van de wetenschappelijke methode. Wij niet ervaren in het maken van onderzoekopstellingen en hebben dit over het hoofd gezien. Onze fout kwam pas bij de schriftelijke uitwerking van dit onderzoek naar boven.

Daarnaast is het belangrijk om te benoemen dat de opgestelde

methode in dit onderzoek op geen enkele manier geoptimaliseerd is op bijvoorbeeld hoelang het reinigingsproces duurt, hoeveel de gebruikte stoffen kosten of hoeveel afvalmateriaal deze methode creëert. Dit zijn allemaal factoren die belangrijk zijn als een schoonmaakmethode op grotere schaal moet worden toegepast. Hier wordt in 6.4 meer over gezegd.

6.3 Vervolgonderzoek

Het is van belang dat bij replicatie van dit onderzoek er beter overwogen wordt welke onafhankelijke variabelen de werking van een schoonmaakmethode zouden kunnen verbeteren. Hierdoor zou er wellicht een daadwerkelijk betere methode kunnen ontstaan.

Bij het herhalen van ons onderzoek raden we het volgende stappenplan aan:

1. Handmatig verwijderen van omhulsel en tabaksresten van sigarettenfilters
2. Wassen van sigarettenfilters in warm water van 60 °C voor 60 minuten
3. 3 keer wassen in koud water van 8 °C voor 15 minuten
4. 3 keer 30 minuten extraheren in 0,5% natriumchlorideoplossing (w/v) op kamertemperatuur
5. 3 keer 30 minuten extraheren in 0,02% zwavelzuuroplossing (w/v) op kamertemperatuur
6. 3 keer 30 minuten extraheren in ethanol, hexaan en di-ethylether op kamertemperatuur

We raden aan om bij het extraheren een magnetische roerder te gebruiken, omdat dat erg goed verliep tijdens ons onderzoek. De temperaturen van het water komen uit de literatuur (Fenzo, Giordano, & Sansone, 2020). Uit ons onderzoek is gebleken dat er natriumchloride achter kan blijven op de CA vezels. Daarom wordt er aangeraden om eerst 3 keer met natriumchlorideoplossing en daarna pas met zwavelzuuroplossing te extraheren. Ook is er geleerd dat ethanol, hexaan en di-ethylether ether goed werken als oplosmiddelen voor het extraheren van de moleculaire verontreinigingen en zijn dus adequaat voor dit onderzoek. Naast dit stappenplan zou er een groep sigarettenfilters moeten zijn zonder stap 2 en 3 én een controlegroep met alleen stap 1, zodat er bewezen kan worden dat de lagere (of hogere) metaalgehalten het gevolg is van de behandeling met warm en koud water. Daarbij is ons advies ook om voor het verkrijgen van de metalenconcentraties, een analyse te doen door middel van ICP-MS, omdat het met andere meetapparatuur vrijwel onmogelijk is om de lage gehalten van de metalen in de sigarettenfilters te meten. De CA vezels zouden dan verpulverd en/of opgelost moeten worden om deze analyse uit te voeren.

Een ander idee voor een onderzoek zou kunnen zijn om het extraherend vermogen van de drie verschillende organische oplosmiddelen te vergelijken. Hierbij zou alleen FTIR-ATR analyse nodig zijn, om te kunnen vergelijken hoe goed de verschillende oplosmiddelen werken.

Het is belangrijk om te benoemen dat we in dit onderzoek geen kwantificeerbare resultaten hebben verkregen uit onze data. De resultaten die zijn verkregen zijn allemaal relatief aan elkaar, waardoor het vrijwel onmogelijk is om onze resultaten te vergelijken met andere onderzoeken. Voor dit onderzoek is er gekozen om op deze manier onze resultaten te verkrijgen, om-

dat we de resultaten van de methoden met elkaar vergeleken. Om in de toekomst verschillende methoden uit verschillende onderzoeken met elkaar te vergelijken, is ons advies om bijvoorbeeld de intensiteit van de van de FTIR-ATR spectra te standaardiseren. Zo kan er een getal gegeven worden aan de intensiteit van de verschillende groepen.

6.4 Mogelijke uitvoering op grote schaal

Zoals eerder benoemd zijn er in theorie al enkele onderzoeken waar men ingaat op het recyclen van de filters, maar de experimenten zijn op kleine schaal. Als dit maatschappelijke probleem aangepakt wordt, zullen er recycling methoden op grote schaal uitgevoerd moeten worden, wat nog niet gebeurt (Conradi & Sánchez-Moyano, 2022). Daarom wordt er hier voorgesteld hoe wij denken dat dit mogelijk op grote schaal zou kunnen uitpakken. Er wordt gekeken naar wat financieel optimaal zou zijn op grote schaal, het verzamelen van de sigarettenfilters zelf en wat de impact van het inbrengen van gerecyclede CA uit sigarettenfilters zou kunnen hebben op de huidige markt. Op financieel vlak is methode A een stuk duurder dan methode B. Methode B gebruikt alleen gedemineraliseerd water, zwavelzuur, natriumchloride en ethanol, in tegenstelling tot methode A die zonder het gedemineraliseerd water hierbij nog di-ethylether en hexaan gebruikt. Vergroot deze methodes honderdvoud en maak je 1.000 filters schoon, dan is er voor methode A 30L 0,02% zwavelzuuroplossing, 30L natriumchlorideoplossing, 15L di-ethylether, 15L hexaan en 15L ethanol nodig. Dit resulteert (gekocht in de grootste hoeveelheden om kosten te verminderen) in €383,89 (laboratoriumdiscounter, z.d.). Bij methode B is enkel 40L gedemineraliseerd water, 30L 0,02% zwavelzuuroplossing, 30L 0,05% natriumchlorideoplossing en 15L ethanol nodig, wat bij elkaar €294,98 is (laboratoriumdiscounter, sd). Methode A is dus ongeveer 30% duurder dan methode B, dit percentage wordt nog groter afhankelijk op welke schaal dit een bedrijf dit verricht. De stoffen gebruikt bij methode B zijn daarnaast een stuk breder beschikbaar en is methode A arbeidsintensiever, doordat de omhullingen van de filters handmatig verwijderd moeten worden. Eigenlijk is er nog veel vervolgonderzoek nodig om een schoonmaakproces op te stellen dat op grote schaal een goede balans heeft tussen de kosten en schoonheid van het filter. Wat wel met zekerheid geconcludeerd kan worden uit dit onderzoek is dat het niet methode A of B is. Methode A resulteert in erg schone filters, maar is redelijk duur. Methode B is, ondanks lage kosten, erg ineffectief in het schoonmaken van de filters. Geen van beide is dus een geschikte kandidaat. Om erachter te komen welke methode in de toekomst het beste zal zijn, moet er een brede evaluatie gedaan worden van zoveel mogelijk reinigingsstoffen. Hierbij is niet alleen de werking van de stoffen belangrijk. Er moet namelijk ook gekeken hoeveel de stof kost, hoeveel van de stof gebruikt moet worden, hoeveel afvalstoffen dit oplevert en hoe schadelijk dat is voor het milieu. Daarnaast moet er gekeken worden naar andere fysieke factoren die invloed hebben op de effectiviteit. Hierbij kan onder andere de werking van temperatuur, druk, zuurtegraad, concentratie en roersnelheid onderzocht worden. Verder moet er ook gekeken worden naar mogelijke manieren voor het verwijderen van papieren omhullingen van sigarettenfilters op grote schaal. Bij een onderzoek op grote schaal zou je ook met een grote datagroep te werk kunnen gaan. Er zou dan een groep van honderden sigarettenfilters geanalyseerd kunnen worden, zodat de groep representatief is voor de mon-

diale hoeveelheid weggegooid gebruikte sigarettenfilters. Dit verhoogt de toepasbaarheid van het onderzoek. Ook is het belangrijk te realiseren dat 'de beste methode' afhankelijk is van het doeleinde van de CA. Zo kan er een methode zijn die de structurele integriteit behoudt en erg goedkoop is, maar niet goed verontreinigingen verwijdert. Dit zou handig kunnen zijn voor bijvoorbeeld het gebruik van gerecyclede bouwmaterialen, terwijl dit voor gebruik in consumentenproducten juist niet optimaal is. Deze vereist dan bijvoorbeeld zo schoon mogelijke CA vezels.

Ten slotte wordt gekeken naar de impact van het brengen van gerecyclede CA uit sigarettenfilters op de huidige markt van CA, zal het gerecyclede CA uit sigarettenfilters waarschijnlijk duurder zijn dan CA uit gerecyclede textiel. Gerecyclede kleding is de grootste bron van CA naast nieuw geproduceerde CA. De textielindustrie is waarschijnlijk de plek waar de gerecyclede CA uit sigarettenfilters terecht zal komen. In de huidige markt is er grote vraag naar gerecyclede/milieuvriendelijke kleding. Hierdoor zal de hogere prijs voor de CA uit sigarettenfilters zelf en de kleding die daarvan gemaakt wordt geen groot probleem zijn voor bedrijven of consumenten die ernaar op zoek zijn. Daarnaast is het mogelijk dat als een bedrijf grootschalig bezig zou gaan met de recycling van sigarettenfilters er ook subsidies en/of belastingvoordelen vanuit de overheid kunnen komen, zoals het geval was bij afvalverwerkingsbedrijven en milieudienstverleners (Subsidies voor afval- en recyclingbedrijven, 2022). Ook producenten van gerecyclede producten krijgen belastingvoordelen en subsidies vanuit de overheid (Subsidies voor afval- en recyclingbedrijven, 2022), wat het kopen van gerecyclede CA uit sigarettenfilters of textiel aantrekkelijker maakt dan CA nieuw kopen.

Het optimale schoonmaakproces is echter niks zonder de daadwerkelijke sigarettenfilters zelf. Daarom is het verzamelen van de filters en het plaatsen van openbare asbakken en sigaretten tegels ook van essentie om het op grote schaal succesvol te maken. Er zijn hier in Nederland al vaak inzamelacties specifiek voor sigarettenfilters (142,000 littered cigarette butts picked up in NL cleanup, awareness project, 2020), met als reden dat er vaak over sigarettenfilters heen wordt gekeken bij algemenere schoonmaakacties. Er zou ook gekeken kunnen worden naar het plaatsen van statiegeld op sigarettenfilters. Op die manier wordt de prijs van de sigaretten onaantrekkelijker en hebben mensen meer baat bij het bewaren van hun opgerookte sigaretten. Dit idee werd ook door Duitse milieuvrijwilligers voorgesteld (Stop straatvervuiling door statiegeld op sigarettenfilter, 2019). Als er gekeken wordt naar de effectiviteit van statiegeld op PET-flessen in Duitsland, ligt die rond de 97.9% (Herma, 2017). In Nederland ligt dit percentage een stuk lager; 64% van alle statiegeldflessen wordt na gebruik weer ingeleverd (Resultaten Recycling Verpakkingen 2022, 2023). Als de Nederlandse overheid statiegeld op sigaretten zou invoeren, zou een groot deel van de sigarettenfilters gerecycled kunnen worden. Aangezien sigarettenfilters een stuk kleiner zijn en moeilijker zijn om te bewaren, zal het percentage ingeleverde sigaretten wel nog lager liggen dan die van de flessen. Hoewel het percentage dus niet zo hoog zal liggen als die van de statiegeldflessen in Nederland, zal het nog steeds een groot deel van de sigarettenfilters van de straat weghouden. Als de overheid zich daarnaast zou inzetten tegen de vervuiling van natuur en steden door sigarettenfilters zou dit de

bevolking bewuster maken van de negatieve gevolgen van filters in de natuur en het milieu. Dit maakt het waarschijnlijker dat het rokende deel van de bevolking zijn filters niet blind op straat blijven gooien, maar eerder gebruik maakt van de eerder benoemde sigarettegels of openbare asbakken.

7. Bibliografie

142,000 littered cigarette butts picked up in NL cleanup, awareness project. (2020, September 8). Opgehaald van NLTIMES: <https://nltimes.nl/2020/09/08/142000-littered-cigarette-butts-picked-nl-cleanup-awareness-project>

9 schadelijke stoffen in tabaksrook (WHO). (z.d.). Opgehaald van RIVM.nl: <https://www.rivm.nl/tabak/wat-zit-er-in-rook/stoffen-in-tabaksrook#:~:text=In%20tabaksrook%3A%20komt%20vrij%20bij,naast%20teer%2C%20nicotine%20en%20koolmonoxide>.

Antonis, N. (2019, November 11). EDX Analysis with SEM: How Does it Work? Opgehaald van Thermo Fischer: <https://www.thermofisher.com/blog/materials/edx-analysis-with-sem-how-does-it-work/#:~:text=X%2Drays%20generated%20by%20electron,a%20positively%20charged%20electron%20hole>.

Benavente, M. J., Silvero, G., López-Coca, I., Escobar, V. G., & Caballero, M. J. (2019). Cellulose Acetate Recovery from Cigarette Butts. Cáceres, Spain: Environment, Green Technology, and Engineering International Conference.

Bommelé, J. (2022). Cijfers roken. Nederland: Trim-bos.

Bouwens, R. E., de Groot, P. A., Kranendonk, W., van Lune, J. P., Prop - van den Berg, C. M., van Riswick, J. A., & Westra, J. J. (2016). Tabel 39 C. In BINAS. Groningen, Netherlands: Noordhoff Uitgevers.

Browne, C. L. (1990). Design of cigarettes. Charlotte, N.C.: Hoechst Celanese.

Carbon Compounds. (2010). In H. Meislich, J. Sharefkin, H. Nechamkin, & G. J. Hademenos, Schaums's outlines Organic Chemistry (Fourth Edition) (pp. 1-2). McGraw-Hill Education.

Caruso, R. V., O'Connor, R. J., Stephens, E. W., Cummings, M. K., & Fong, G. T. (2013). Toxic Metal Concentrations in Cigarettes Obtained from U.S. Smokers in 2009: Results from the International Tobacco Control (ITC) United States Survey Cohort. USA: Int J Environ Res Public Health.

Conradi, M., & Sánchez-Moyano, J. E. (2022). Toward a sustainable circular economy for cigarette butts, the most common waste worldwide on the coast. Sevilla, Spain: Elsevier.

Croes, E. (2022, Maart 28). De sigaret mét filter: schadelijk voor mens en milieu. Trim-bos. Opgehaald van <https://www.trimbos.nl/actueel/blogs/de-sigaret-met-filter-schadelijk-voor-mens-en-milieu/>

Croes, E. (2023). Vapen en roken, jongeren doen het allebei. Nederland: Trim-bos.

De levensweg van een sigarettenfilter. (2022, Juni 1). Opgehaald van Universiteit Leiden: <https://www.student.universiteit leiden.nl/nieuws/2022/06/de-levensweg-van-een-sigarettenfilter?cf=universiteit&cd=gast>

Engstrom, P., Clapper, M., & Schnoll, R. (2003). Physiochemical Composition of Tobacco Smoke. Opgehaald van National Library of Medicine: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK13173/>

Escobar, V. G., & Maderuelo-Sanz, R. (2017). Acous-

tical performance of samples prepared with cigarette butts. Cáceres, Spain: Elsevier.

Fenzo, A., Giordano, M., & Sansone, L. (2020). A Clean Process for Obtaining High-Quality Cellulose Acetate from Cigarette Butts. Rome: Italian National Research Council.

FTIR Analysis. (z.d.). Opgehaald van RTILab: <https://rtilab.com/techniques/ftir-analysis/>

Herma, W. (2017, Juli 19). Statiegeld op Duitse flesjes en blikjes. Jij betaalt ook mee. Wist je dat? Opgehaald van vijftigenmeer: <https://vijftigenmeer.nl/statiegeld-duitsland/>
How does LIBS work? (z.d.). Opgehaald van Thermo Fischer: <https://www.thermofisher.com/nl/en/home/industrial/spectroscopy-elemental-isotope-analysis/portable-analysis-material-id/industrial-elemental-radiation-solutions/how-does-libs-work.html>

Kurmus, H., & Mohajerani, A. (2020). The toxicity and valorization options of cigarette butts. Melbourne, Australia: Elsevier.

Laurence, M. W. (2012). Permeability Properties of Plastics and Elastomers. In M. W. Laurence, Permeability Properties of Plastics and Elastomers (pp. 287-304). Wisconsin, USA: William Andrew.

Legman, A. (2022, April 22). Oproep aan overheid: 'Verbied het nutteloze sigarettenfilter'. tabaknee. Opgehaald van <https://www.tabaknee.nl/nieuws/item/2552-oproep-aan-overheid-verbied-het-nutteloze-sigarettenfilter>

Marinello, S., Francesco, L., Gamberini, R., & Bianca, R. (2019). A second life for cigarette butts? A review of recycling solutions. Elsevier.

Moerman, J. W., & Potts, G. E. (2011). Analysis of metals leached from smoked cigarette litter. Georgia, USA: PubMed.

Nicotine Is Why Tobacco Products Are Addictive. (2022, 6 29). Opgehaald van US FDA: <https://www.fda.gov/tobacco-products/health-effects-tobacco-use/nicotine-why-tobacco-products-are-addictive>

Nixon, W. C. (1971). The general principles of scanning electron microscopy. Philosophical transactions of the Royal Society B, 45-47.

Pricing overview. (z.d.). Opgehaald van Chemanalyst: <https://www.chemanalyst.com/Pricing/Pricingoverview>

Rambali, B., Van Andel, I., Schenk, E., Wolterink, G., Van de Werken, G., Stevenson, H., & Vleeming, W. (2002). The Contribution of cocoa additive to cigarette smoking addiction. Bilthoven, the Netherlands: RIVM.

(2023). Resultaten Recycling Verpakkingen 2022. Afvalfonds Verpakkingen.

Saeid, A., & Chojnacka, K. (2014). Sulfuric Acid. In P. Wexler, Encyclopedia of Toxicology (Third Edition) (pp. 424-426). Wrocław, Poland: Elsevier.

Schep, E., De Vries, J., & Schilling, J. (2022). Reduceren van. Delft, the Netherlands: CE Delft.

Schoeters, G., Spanoghe, P., Everaert, S., Bartsch, P., Bervoets, L., Fraeyman, N., . . . Van Larebeke, N. (2023). De Impact van Sigarettenfilters op de Volksgezondheid en het Belgische Milieu. Brussel, Belgium: Hoge Gezondheidsraad.

Shin, H.-J., Sohn, H.-O., Han, J.-H., Park, C.-H., Lee, H.-S., Lee, D.-W., . . . Hyun, H.-C. (2008). Effect of cigarette filters on the chemical composition and in vitro biological activity of cigarette mainstream smoke. South-Korea: Elsevier.

Slejško, E. A., Tuan, A., & Scuor, N. (2023). From

waste to value: Characterization of recycled cellulose acetate for sustainable waste management. Elsevier.

Steffen, T. (z.d.). Spectroscopic Tools. Opgehaald van science-and-fun: <https://www.science-and-fun.de/tools/>

Stop straatvervuiling door statiegeld op sigarettenfilter. (2019, Augustus 15). Opgehaald van RTL Nieuws: <https://www.rtlnieuws.nl/editienl/artikel/4814931/statiegeld-sigaretten-peuken-milieu-zwerfvuil-duitsland-nederland>

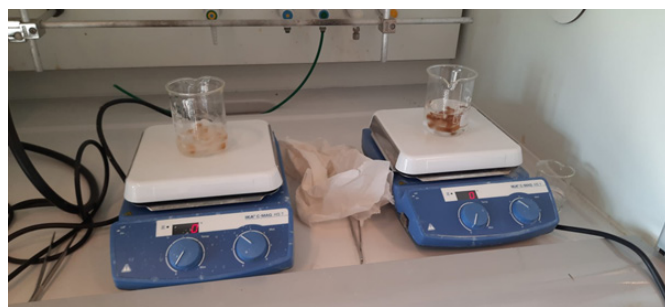
Subsidies voor afval- en recyclingbedrijven. (2022, Januari 14). Opgehaald van vindsubsidies.nl: <https://www.vindsubsidies.nl/subsidies-voor-afval-en-recyclingbedrijven/>
Substances restricted under REACH. (z.d.). Opgehaald van European Chemicals Agency: <https://echa.europa.eu/substances-restricted-under-reach>

Teixeira, M. B., Duarte, M. B., Garcez, L. R., Rubim, J. C., Gatti, T. H., & Suarez, P. A. (2016). Process development for cigarette butts recycling into cellulose pulp. Brasília, Brazil: Elsevier.

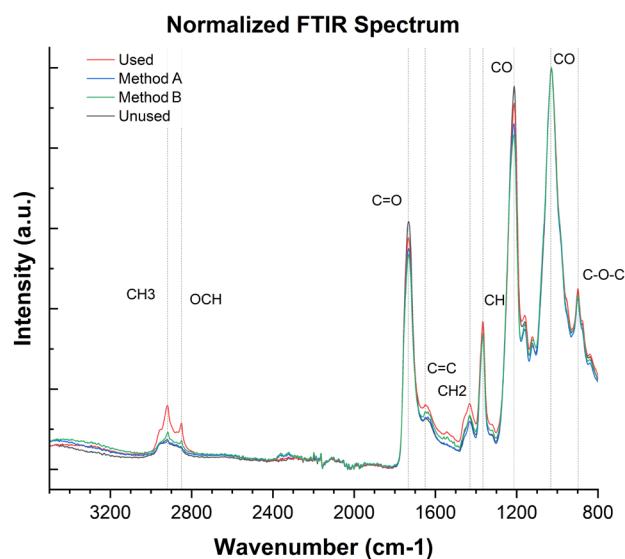
Vanapalli, K. R., Sharma, H. B., Anand, S., Ranjan, V. P., Singh, H., Dubey, B. K., & Mohanty, B. (2023). Cigarettes butt littering: The story of the world's most littered item from the perspective of pollution, remedial actions, and policy measures. India: Elsevier.

(z.d.). Opgehaald van laboratoriumdiscounter: <https://www.laboratoriumdiscounter.nl/nl/>

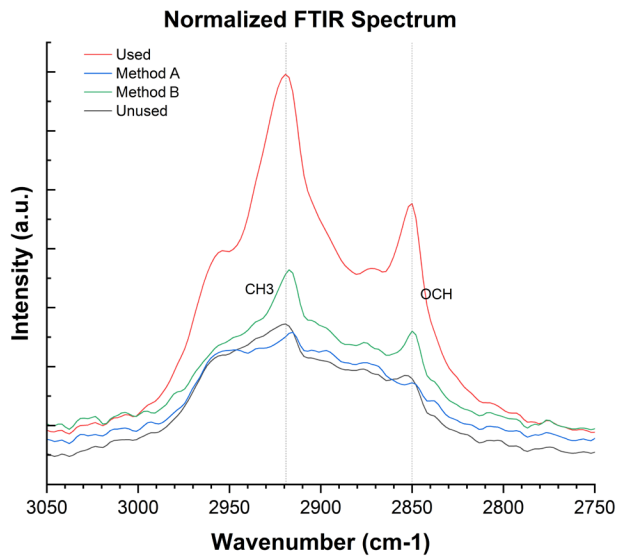
8. Figuren



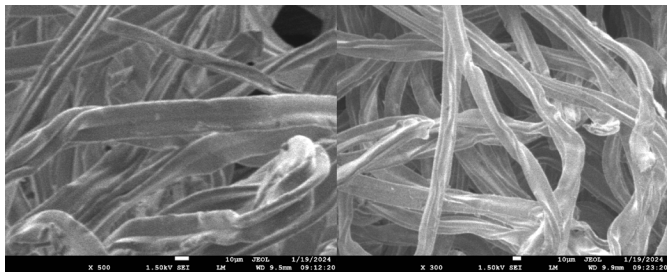
Figuur 1 - Proefopstelling



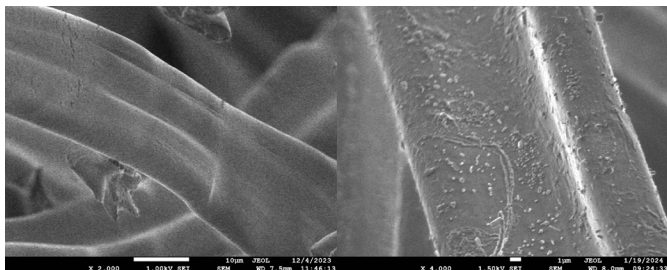
Figuur 2 - Genormaliseerd FTIR spectrum van de verschillende groepen



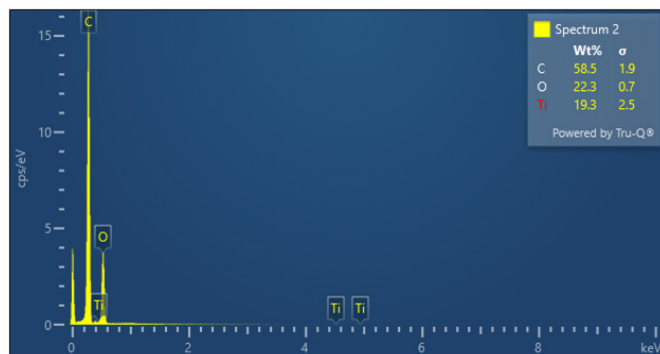
Figuur 3 - Genormaliseerd FTIR spectrum van de verschillende groepen; 3050-2750 cm^{-1}



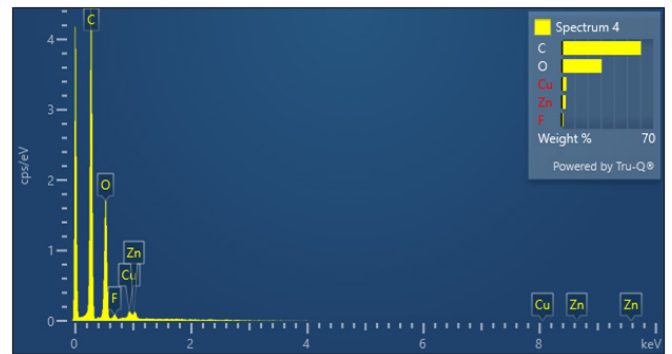
Figuur 4 - SEM foto links methode A (500x; WD 9,5mm; AV 1.50kV) rechts methode B (300x; WD 9,9mm; AV 1.50kV)



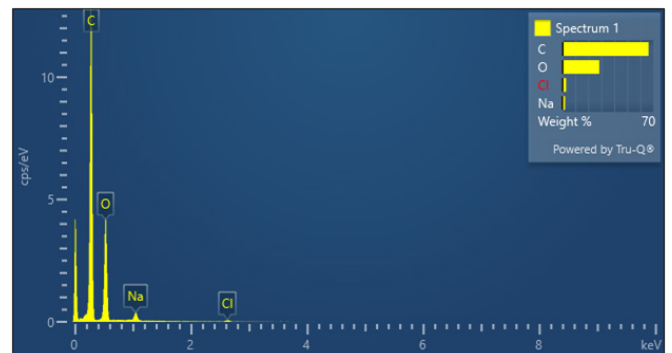
Figuur 5 - SEM foto links ongebruikt (2000x; WD 7.5mm; AV 1.00kV) rechts methode B (4000x; WD 8.0mm; AV 1.50kV)



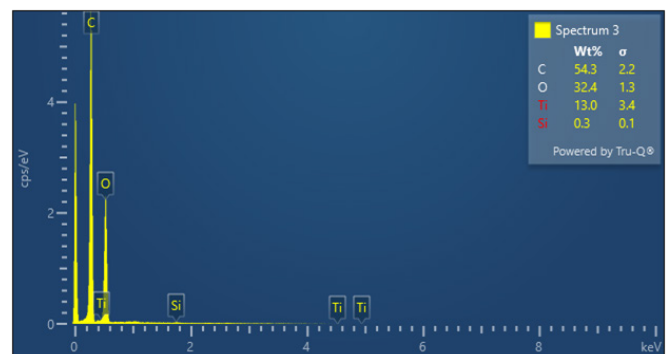
Figuur 6 - SEM-EDX spectrum gebruikte sigarettenfilter



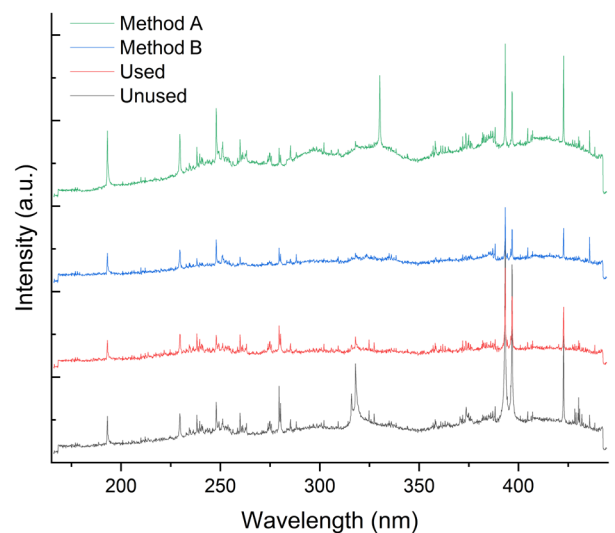
Figuur 7 - SEM-EDX spectrum methode A



Figuur 8 - SEM-EDX spectrum methode B



Figuur 9 - SEM-EDX spectrum ongebruikte sigarettenfilter



Figuur 10 - LIBS-spectrum van de verschillende groepen

Bij welke verhouding paardenmest/GFE-afval komt bij compostering in een biomeiler de meeste energie vrij in de vorm van warmte?

M. Diele², Z. Kooij³, I. Ekkelkamp¹, M. Niemeijer¹, M. van Egmond², K. Krabbe³

¹ Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

² Thorbecke Scholengemeenschap, Zwolle

³ Het Bonhoeffer College, Enschede

Abstract - Composting is the biological decomposition of organic materials under aerobic conditions, producing compost, carbon dioxide, water and heat. This heat is extracted from the compost in a biomeiler. In this research paper, a biomeiler was simulated in miniature and divided into three containers. Research was done into which ratio of horse manure/organic household waste produces the most heat. Container 1 contained a mix of horse manure and organic household waste with a ratio of 50/50, container 2 with a ratio of 70/30 and container 3 with a ratio of 90/10. Temperature sensors were placed at the bottom, middle and top of each container. These sensors measure the temperature every thirty minutes. The container with the horse manure/organic household waste ratio of 50/50 reached the highest temperature and cooled down last. This means that surprisingly, container 1 performed the best of all three containers, which contradicts previous research on this subject. Also, it must be noted that against all expectations, the temperature in two of the three containers suddenly increased after a long period of cooling. The exact reasons for these exceptional results can not be derived from this experiment. However, it has been attempted to find a reasonable explanation and make suggestions for further research to be done on this research area.

1. Inleiding

Compostering is de biologische afbraak van organische materialen in aanwezigheid van zuurstof (aeroob proces), waarbij compost, kooldioxide, warmte en water worden geproduceerd (Bajko et al., 2019c) en (Bajko et al., 2018). Tijdens het composteren ontstaat een optimale temperatuur tussen de 50 °C en 65 °C (Mwewa et al., 2020). In een biomeiler wordt deze warmte onttrokken. De biomeiler is een breed begrip, maar kan worden omschreven als een composteersysteem waarbij de warmte wordt onttrokken voor nuttig gebruik en waarbij binnen twee jaar compost van zeer hoge kwaliteit ontstaat. De warmteretrouwings van een gemiddelde biomeiler wordt volgens Stichting Biomeiler Nederland geschat op 1 kWh per kubieke meter biomassa per dag. Dit houdt in dat een biomeiler met een straal van 2,5 meter en een hoogte van 3 meter 60 kWh per dag oplevert. Dit is genoeg om een sauna de hele dag te voorzien van energie. Via met water gevulde kunststofslangen wordt deze warmte afgevoerd en kan dit nuttig worden gebruikt. Afhankelijk van de grootte van de hoop en de kwaliteit van het organisch materiaal, levert de biomeiler (zie figuur 1) 12 tot 24 maanden warmte. Naast warmte, produceert een biomeiler elke 12 tot 24 maanden hoogwaardige compost. Compost wordt veel gebruikt als bodemverbeteraar en als meststof. Wanneer compost op akkerland wordt toegepast, voegt het organisch materiaal toe en verbetert het de bodemvruchtbaarheid en de bodemstructuur. Het is dus een duurzaam en milieu vriendelijk alternatief voor kunstmest (Willekens & Janmaat, 2014). Bodemvruchtbaarheid is nu belangrijker dan voorheen, vanwege de toegenomen voedselvraag (Irvine et al., 2010). Daarnaast stimuleert compost de biodiversiteit (Köninger et al., 2021), klimaatadaptatie en wordt koolstof opgeslagen in compost. Meer koolstof in de bodem, betekent minder koolstof in de atmosfeer. Compostering heeft dus ook een klimaatwinst ten opzichte van verbranding. (Het professionele composteringsproces | Vlaco, 2018).

Over het algemeen wordt bij het bouwen van een biomeiler gekozen voor een mengsel dat bestaat uit minimaal 70% houtsnippers aangevuld met ander organisch afval zoals mest, gras/stro of bladeren (Stichting Biomeiler Nederland, 2023). Echter wordt er steeds meer onderzoek gedaan naar compostering met andere materialen. In dit onderzoek wordt ingespeeld op deze nieuwe ontwikkelingen en wordt gekeken naar

de energie die vrijkomt in biomeilers gevuld met mengsels van verschillende verhoudingen van paardenmest en GFE-afval (groente, fruit en etensresten). Bij welke verhouding paardenmest/GFE-afval komt de meeste energie vrij in de vorm van warmte?

2. Theoretisch kader

2.1 Biologisch proces

Het composteringsproces in een composthoop wordt voor het grootste deel veroorzaakt door bacteriën en andere micro-organismen, die van nature al op het organisch materiaal aanwezig zijn. Deze bacteriën breken vooral eenvoudige koolhydraten af, zoals zetmeel en suiker. Hierbij kunnen organische zuren ontstaan (met als gevolg een lichte pH-daling (zie 2.2)). Dit is een aeroob oftewel 'zuurstofrijk' proces. Tijdens dit proces komt er veel warmte vrij omdat de bacteriën in het groenafval veel (biologische) verbrandingsprocessen aangaan. (Insam & Bertoldi, 2007).

In het kort bestaat compostering uit vier fases:

1. De initiële fase. In deze fase wordt de composthoop opgebouwd met een mix van organisch materiaal. Deze materialen bevatten koolhydraten, eiwitten en vetten die dienen als voedselbron voor de micro-organismen. De hoop moet worden opgebouwd met een goede balans tussen koolstofrijk materiaal en stikstofrijk materiaal (de C/N-ratio).
2. De afbraakfase. De complexe verbindingen worden afgebroken tot eenvoudigere moleculen die de micro-organismen als voedsel gebruiken. Tijdens deze fase stijgt de temperatuur van de composthoop als gevolg van de metabole activiteit van de micro-organismen.
3. De afwerkingsfase. Naarmate het afbraakproces vordert, neemt de activiteit van de micro-organismen af en begint de temperatuur te dalen. De afwerkingsfase is een periode van stabilisatie.
4. De rijpingsfase. Tijdens de rijpingsfase rijpt de compost verder en kan de compost gebruikt worden als bodemverbeteraar.

(Villar et al., 2016), (Willekens & Janmaat, 2014), (Het professionele composteringsproces | Vlaco, 2018).

2.2 Compostering ten opzichte van verbranding

Aangezien de vraag naar energie snel toeneemt, wordt bio-energie gezien als een van de goedkopere hernieuwbare energiebronnen met lage effecten op klimaatverandering (Mwape, z.d.). Het meest gebruikte alternatief voor composteren is het verbranden van groen afval. Bij zowel de verbranding als de compostering van groenafval komt CO₂ vrij (CE Delft, 2021), maar wanneer de compost gebruikt wordt op het land, bevordert het de groei van planten en daarmee de opname van CO₂. Compostering heeft dus een CO₂-winst ten opzichte van verbranding.

Verbranding: Organisch materiaal + O₂ → CO₂ + H₂O + energie

Compostering: Organisch materiaal + O₂ → Compost + CO₂ + H₂O + energie

Recycling van groen afval tot compost heeft, ten opzichte van verbranding, ook voordelen op het gebied van (verbetering van) bodemkwaliteit (Willekens & Janmaat, 2014) en (CE Delft, 2021). Wanneer compost op akkerland wordt toegepast, voegt het organisch materiaal toe en verbetert het de bodemvruchtbaarheid en de bodemstructuur.

Uit de rapportage van de Werkgroep Afvalregistratie blijkt dat in 2020 1,7 miljoen ton gft-afval is gecomposteerd, 7,6 miljoen ton afval is verbrand en 2,0 miljoen ton afval (netto) is gestort (Afvalverwerking in Nederland in cijfers: composteren en verbranden toegenomen, storten opnieuw afgenomen, z.d.). Het valt op dat het grootste deel van het groene afval wordt verbrand, ondanks de vele voordelen van composteren ten opzichte van verbranden. Dit is iets waar nog veel verbetering in mogelijk is.

2.3 Invloeden op warmteproductie

Zowel externe als interne factoren hebben invloed op de warmteproductie in een biomeiler. Externe factoren zijn: klimatologische factoren (de omgevingstemperatuur), blootstelling aan omgeving (open of gesloten biomeiler), isolatie, onderlinge temperatuuroverdracht tussen de verschillende bakken en de duur van het composteringsproces. Interne factoren zijn: energie- en nutriëntengehalte van composteringssmateriaal, afbreekbaarheid ervan, porositeit, etc.

Rekening houdend met gegevens op basis van (Bajko et al., 2018b), (Industrial composting, z.d.) en (Chiumenti et al., 2005), luiden de meetbare basisvariabelen (en hun optimale bereik) die betrokken zijn bij compostering als volgt:

- Koolstof-stikstofverhouding (C/N-ratio) van het gehele mengsel rond 30/1. (Rajlakshmi et al., 2023) (Stichting Biomeiler Nederland, 2023).
- Vochtpercentage tussen 50 – 60% (Kumar et al., 2010)
- Zuurstofgehalte tussen 0,4 L/min (bij actieve beluchting van GFE-afval, maar verschilt per materiaal) (Lai et al., 2024)
- Temperatuur tussen de 40 °C en de 65 °C/70 °C (Compostering | Wageningen University and Research Library Catalog, z.d.)
- pH tussen 5,5 – 8,0 (Monitoring Compost PH - Cornell Composting, z.d.)

Uit onderzoek van (Guo et al., 2012) is gebleken dat het zuurstofgehalte een grote invloed heeft op de temperatuur van de compost. Zo bleek uit dit onderzoek dat een laag zuurstofgehalte leidt tot een langzaam lopend composteringsproces waarbij de temperatuur minder snel stijgt, maar deze temperatuur wel langer wordt aangehouden.

2.4 pH-waarden

De pH-waarde heeft een grote invloed op het composteringssproces. De microben die betrokken zijn bij compostering functioneren het beste bij een pH-waarde tussen de 5,5 en 8,0. Als de pH-waarden hiervan afwijken zullen de microben minder goed functioneren en bij extremere waarden zelfs doodgaan (Monitoring Compost PH - Cornell Composting, z.d.), (Stichting Biomeiler Nederland, 2023). Ook kan een te lage pH-waarde van het compost voor stank zorgen. Wanneer de compostering is voltooid heeft het eindproduct doorgaans een pH-waarde tussen de 6 en 8.

2.5 C/N-ratio

Van de vele elementen die nodig zijn voor de microbiële afbraak zijn koolstof en stikstof de belangrijkste. De koolstof-stikstofverhouding (C/N-ratio) is dan ook een erg belangrijk gegeven binnen het composteringsproces. Het geeft de bijdrage van koolstof en stikstof aan in het mengsel dat gecomposteerd wordt. Micro-organismen gebruiken koolstof zowel als energiebron als bouwstof en stikstof alleen als bouwstof (Compostering | Wageningen University and Research Library Catalog, z.d.). Stikstof is een cruciaal onderdeel van eiwitten, nucleïne-zuren, aminozuren, enzymen en co-enzymen die nodig zijn voor celgroei en -functie (Biologie voor jou, 2021). Over het algemeen wordt een C/N-ratio van 30 als optimaal gezien voor het composteringsproces. Dit kwam uit meerdere onderzoeken naar voren (Stichting Biomeiler Nederland, 2023), (Rajlakshmi et al., 2023). Bij lagere verhoudingen zal stikstof in overmaat worden aangevoerd en als ammoniakgas verloren gaan, waardoor ongewenste geuren ontstaan. Daarnaast wordt de compost te heet (70+ °C), waardoor de compostmicro-organismen worden gedood. Een te hoge verhouding betekent dat er niet voldoende stikstof is voor een optimale groei van de microbiële populaties, waardoor de compost relatief koel blijft en de afbraak langzaam zal verlopen (Compost Chemistry - Cornell Composting, z.d.). Gemaaid gras en andere groene vegetatie hebben over het algemeen een hoger stikstofgehalte (en dus een lagere C/N-ratio) dan bruine vegetatie zoals gedroogde bladeren of houtsnippers, die juist een hoog koolstofgehalte hebben. Om de optimale C/N-ratio te bereiken, worden mengsels van verschillende stoffen genomen.

Ook is de C/N-ratio een belangrijke eigenschap van compost, het eindproduct van compostering, omdat dit zorgt voor een positieve bijdrage aan de bodem waar de compost aan toegevoegd wordt. Hoewel de C/N-ratio van 30 vaak als optimaal wordt aangehouden in verschillende onderzoeken, kan de optimale C/N-ratio verschillen per gewas waarvoor het compost gebruikt gaat worden (de Lijster et al., 2015).

Naarmate koolstof wordt omgezet in CO₂ (en uitgaande van minimale stikstofverliezen), neemt de C/N-ratio af tijdens het composteringsproces, waarbij de ratio van de afgewerkte compost doorgaans dicht bij 10-15 ligt (Hendriks, 1BC).

De C/N-ratio van verschillende stoffen die voor dit onderzoek van belang zijn, is in tabel 1 weergegeven.

2.6 Vochtigheidspercentage

Het is erg belangrijk om bij te houden hoeveel vocht er in de biomeiler aanwezig is. Dit is belangrijk aangezien de vochtigheidsgraad van grote invloed is op de prestaties van de micro-organismen die het organisch materiaal omzetten in compost (Stichting Biomeiler Nederland, 2023). Bij een juiste vochtigheidsgraad is het zuurstofverbruik en de activiteit van aerobe organismen optimaal. De optimale vochtigheidsgraad kan erg verschillen per materiaal dat wordt gecomposteerd. In een biomeiler is doorgaans een vochtigheidspercentage van 50% ideaal (Stichting Biomeiler Nederland, 2023). Voor paardenmest is het aanbevolen om een vochtigheidspercentage tussen de 55% en de 65% aan te houden (Kumar et al., 2010), (Krogmann et al., 2006). Het vochtigheidspercentage van paardenmest zelf is 65% (Fan et al., 2021). Uit onderzoek is gebleken dat GFE-afval een vochtigheidspercentage tussen de 67% en 90% kan hebben (Li et al., 2013).

2.7 Paardenmest/GFE-afval

2.7.1 Paardenmest

De laatste jaren wordt er steeds meer geëxperimenteerd met compostering van paardenmest. Zo zijn er in Duitsland nu goede ervaringen met diverse biomeilers met paardenmest. Het composteren van paardenmest blijkt voordelig te zijn, omdat het volume vermindert en tegelijkertijd de hoeveelheid nutriënten vergroot (Corten & Zilverberg advies, 2020).

In paardenstallen wordt vaak een bedding gebruikt voor de paardenmest. Of het soort bedding invloed heeft op het composteringsproces is van groot belang in dit onderzoek. Niet alle onderzoeken wijzen dezelfde kant op. Uit een onderzoek naar de invloed van het soort bedding in paardenstallen op het composteringsproces met paardenmest bleek dat er wel degelijk verschil in temperatuur te zien is bij verschillende soorten bedding. De temperatuur in paardenmest met een mosbedding lag rond de 30 °C, met houtsnippersbedding tussen de 30 °C en 50 °C en met een strobedding tussen de 40 °C en 60 °C (Keskinen et al., 2017). Uit een ander onderzoek bleek echter dat het soort bedding geen invloed heeft op de temperatuur in een paardenmesthoop (Airaksinen et al., 2001). Hoe deze resultaten zijn vernomen, is niet bekend.

Stro als bedding heeft meer voordelen volgens (Keskinen et al. 2017) en (Stichting Biomeiler Nederland, 2023). Zo is stro luchtig opgebouwd en zorgt mest met een strobedding voor een betere luchtdoorstroming gedurende het composteringsproces. Daarnaast bevat stro veel vocht doordat dit makkelijk wordt opgenomen. Om deze redenen is er in dit onderzoek gekozen om paardenmest met een strobedding te gebruiken.

2.7.2 GFE-afval

GFE-afval is een veelvoorkomend product, omdat het in ieder huishouden wordt geproduceerd. Het is lastig om de C/N-ratio voor dit product te bepalen, aangezien deze waarde erg verschillend kan zijn. Wel is bekend dat de C/N-ratio van GFE-afval over het algemeen relatief laag ligt; GFE-afval bevat veel stikstof. Uit onderzoek in Zuid-Korea bleek dat de C/N-ratio van het huishoudelijk afval daar tussen de 10,4 en 15,5 lag (Seo et al., 2004). In een ander onderzoek werd de C/N-ratio van GFE-afval tussen de 15 en 40 geschat (Chang & Hsu, 2008). In dit onderzoek is een C/N-ratio van 15 aangehouden op advies van Stichting Biomeiler Nederland. Het vochtigheidspercentage van GFE-afval kan tussen de 67% en 90%

liggen (Li et al., 2013).

Volgens het Food Waste Index Report werd er in 2019 931 miljoen ton aan voedsel weggegooid. Dat komt overeen met 17% van het totale aanwezige voedsel van dat jaar (Quested et al., 2021). Deze grote hoeveelheid massa kan gebruikt worden voor compostering en zou op deze manier toch een positieve bijdrage kunnen leveren aan het milieu en klimaat.

2.8 Afbakening onderzoek

Momenteel worden in biomeilers voornamelijk houtsnippers gebruikt. Het gebruik van houtsnippers heeft echter grote nadelen. Houtsnippers zijn namelijk erg duur. Daarnaast is het gebruik van houtsnippers niet het meest duurzaam, omdat houtsnippers niet in grote mate beschikbaar zijn in de vorm van organisch afval. Wanneer houtsnippers niet in de vorm van organisch afval beschikbaar zijn, moeten er bomen gekapt worden om biomeilers toch te kunnen voorzien in houtsnippers (Stichting Biomeiler Nederland, 2023). Daarnaast moeten houtsnippers over grote afstanden vervoerd worden, omdat het, in tegenstelling tot huishoudelijk afval en paardenmest, niet overal beschikbaar is. Huishoudelijk afval en paardenmest zijn dus duurzamere alternatieven voor houtsnippers.

Zowel paardenmest als GFE-afval wordt momenteel al gebruikt voor compostering. Echter is er nog geen onderzoek gedaan naar een mengsel van paardenmest en GFE-afval, ondanks dat deze twee volgens de theorie goed samen zouden kunnen gaan. De C/N-ratio van paardenmest met een strobedding ligt namelijk relatief hoog en de C/N-ratio van GFE-afval relatief laag. Door GFE-afval en paardenmest te mengen zou dan een optimale C/N-ratio voor het composteringsproces bereikt kunnen worden. Ook bevatten zowel paardenmest als GFE-afval veel voedingsstoffen voor een goed composteerproces en zijn ze beiden op grote schaal beschikbaar. Het composteren ervan op grote schaal zou dan vele milieu- en klimaatvoordelen kunnen opleveren.

In dit onderzoek wordt daarom onderzocht hoeveel bruikbare energie er vrijkomt in een biomeiler bij verschillende verhoudingen van paardenmest en GFE-afval.

3. Methode

Over het algemeen hebben biomeilers een diameter tussen de 3 en 8 meter (Stichting Biomeiler Nederland, 2023). Dit is wenselijk om de temperatuur binnenin de biomeiler constant te houden en te beschermen tegen eventuele invloeden van buitenaf. Daarnaast is er relatief een kleiner oppervlakte ten opzichte van de totale inhoud van de biomeiler in contact met de buitenlucht naarmate de diameter van de biomeiler groter wordt. Hierdoor gaat er minder warmte verloren. Aangezien er tijdens dit onderzoek niet genoeg ruimte én budget aanwezig was om dit te realiseren, is er gekozen voor het beste alternatief: het simuleren van grote biomeilers door kleinere biomeilers goed te isoleren en in een temperatuur gecontroleerde omgeving te zetten.

3.1 Onderzoeksopstelling

Uit eerder onderzoek van de Hogeschool Rotterdam in samenwerking met Stichting Biomeiler Nederland is gebleken dat een biomeiler minimaal 100 cm hoog moet zijn voor een goed verloop van het composteringsproces. Ondanks dat er geen verklaring is gevonden voor dit gegeven, wordt deze afmeting in dit onderzoek gehanteerd.

Een bak van 60 cm bij 60 cm bij 110 cm is door middel van tussenschotten in vier delen verdeeld (zie figuur 2), waarvan er drie worden gevuld. Iedere bak heeft een binnenmaat van 30 cm bij 30 cm. De bakken worden gevuld met drie mengsels met verschillende verhoudingen van paardenmest en GFE-afval. De paardenmest die in dit onderzoek is gebruikt komt van de manege Het Roessingh in Enschede. Dit paardenmest heeft een strobedding. Het mengsel bestaat voor 75% uit stro en voor 25% uit paardenmest. Het gebruikte GFE-afval is verzameld in Enschede. De gebruikte verhoudingen van het paardenmestmengsel en GFE-afval zijn afgeleid door berekeningen te doen met de C/N-ratio's van de verschillende stoffen (zie Appendix). Er wordt gestreefd naar een C/N-ratio van rond de 30, omdat dit, zoals eerder vermeld, de optimale C/N-ratio voor een composteringsproces is. Hier wordt naar gestreefd om er zeker van te zijn dat alle mengsels de potentie hebben om te composteren. De drie mixen liggen alle drie rond deze ratio. Mix 1 heeft een verhouding van 50/50 met een C/N-ratio van 21, mix 2 van 70/30 met een C/N-ratio van 26 en mix 3 van 90/10 met een C/N-ratio van 36.

Het geheel is geïsoleerd met PIR-platen en ook de tussenschotten zijn van dit isolerende materiaal gemaakt. Daarnaast staat de opstelling in een op-temperatuur gecontroleerde omgeving. Er is gekozen voor een schuurtje. Later was dit door omstandigheden echter niet meer mogelijk en is de opstelling verplaatst naar buiten, onder een afdakje. Hier later meer over. Het is van groot belang dat de inhoud van de biomeiler is voorzien van voldoende zuurstof om het aerobe composteringsproces goed te kunnen laten verlopen en anaerobe rotting te voorkomen. Om te zorgen dat de inhoud van de biomeiler is voorzien van voldoende zuurstof wordt aan de onderkant van elke bak 25 gaten van circa 8 millimeter in de PIR-platen geprikt met een schroevendraaier en staat de biomeiler op een houten stellage, circa 8 centimeter van het grondoppervlak. Hierdoor kan lucht van onderaf worden aangezogen.

3.2 Temperatuursensoren

Om de temperatuurontwikkelingen nauwkeurig te kunnen meten, worden in dit onderzoek temperatuursensoren gebruikt die zijn gemaakt, geprogrammeerd en getest door Stichting Biomeiler Nederland. De sensoren meten elk half uur de temperatuur. Het resultaat wordt weergegeven in een grafiek.

In totaal worden er 18 sensoren gebruikt. Deze zijn als volgt verdeeld: In iedere bak zit onderaan (30 cm), in het midden (60 cm) en bovenaan (90 cm) een sensor (Zie figuur 3). Daarnaast ligt boven op de inhoud van iedere bak nog een sensor, die de omgevingstemperatuur meet direct aan het oppervlak van de compost. Op cruciale plekken (in het midden en bovenaan) is een dubbele sensor geplaatst voor het geval dat één van de twee uitvalt door bijvoorbeeld de agressieve stoffen in de compost. Belangrijk om te weten is dat bij de beschrijving van de resultaten telkens is uitgegaan van de sensor die op dat moment de hoogste temperatuur heeft gemeten in de biomeiler tenzij anders is aangegeven. Ook in de grafiek, in de resultaten, zijn alleen de meetresultaten van de sensoren die de hoogste temperatuur hebben behaald weergegeven (bij bak 1 zijn dat er twee, omdat de sensor met de beste meetresultaten tijdens het experiment wisselde). Tijdens het composteren ontstaat een optimale temperatuur tussen de 50 °C en 65 °C, maar als de temperatuur boven de 70 °C komt, zullen de bacteriën in de biomeiler sterven en zal het biologische proces worden stopgezet. Het is daarom belangrijk dat hier goed op wordt gelet

bij een biomeiler. In onze proefopstelling is dit ook een risico, maar in het geval dat de temperatuur richting de 70 °C gaat, zal er geen actie worden ondernomen, omdat dit onderdeel is van de metingen.

3.3 Vochtigheidsmetingen

Hoewel de vochtigheid in een biomeiler altijd een belangrijke variabele is, is het voor ons onderzoek vooral van belang om in elke biomeiler een even groot percentage vocht te hebben, zodat ook deze variabele constant is. Ook worden de berekende vochtigheidspercentages van de mengsels gebruikt om resultaten te kunnen verklaren.

Het vochtigheidspercentage van het paardenmestmengsel en het GFE-afval wordt berekend op de onderstaande manier.

1. Vul een kleine ovenschaal met de te onderzoeken stof.
2. Meet het totale gewicht en haal hier het gewicht van de ovenschaal vanaf. (Neem circa 100 gram).
3. Verwarm de oven op 115 °C verwarmen en zet hier de ovenschaal in.
4. Meet tussendoor regelmatig het gewicht. Op het moment dat het gewicht niet meer afneemt, is het drooggewicht bereikt. De massa van het water is het totale gewicht min het drooggewicht.
5. Het vochtigheidspercentage is dan nu te berekenen volgens de volgende formule:

$$M = ((W_w - W_d) / W_w) \times 100$$

Waarbij:

M = Vochtigheidspercentage (%) van het monster

WW = Nat gewicht van het monster

Wd = Gewicht na drogen van het monster

Voor het meten van het vochtigheidspercentage van stoffen wordt vaak gebruik gemaakt van de voorgeschreven NEN-norm. Deze norm geeft aan dat de vochtigheidsmetingen moeten worden uitgevoerd bij een temperatuur van 104 °C. Deze NEN-norm is tijdens dit onderzoek niet aangehouden, omdat deze niet openbaar beschikbaar wordt gesteld.

3.4 pH-waarde

De laatste waarde die wordt gemeten is de pH-waarde. Hoewel deze meetwaarde geen directe toevoeging heeft in het onderzoek, zegt het wel iets over hoe het composteringsproces is verlopen. Een te lage pH-waarde van het compost kan voor stank zorgen. Dit wordt in dit onderzoek gebruikt om eenvoudig te controleren of er extreme afwijkingen voorkomen in de pH-waarden. Wanneer de compostering is voltooid heeft het doorgaans een pH-waarde tussen de 6 en 8. Door aan het einde van het onderzoek de pH-waarde te meten, kan gecontroleerd worden of het composteringsproces daadwerkelijk is voltooid. Door een schepje (75 gram) compost uit de biomeiler op te lossen in 200 milliliter gedestilleerd water, hier kan vervolgens met pH-papier de pH-waarde worden gemeten.

3.5 Overige variabelen

In onderzoeken (Keskinen et al., 2017) en (Airaksinen et al., 2001) worden de composthoppen actief belucht door de hoop met bijvoorbeeld een hooivork of schep te roeren of door te scheppen. Deze handeling werd uitgevoerd wanneer de tem-

peratuur tot circa 20 °C daalt om zo de temperatuur opnieuw te laten stijgen. Aangezien in dit onderzoek het principe van een biomeiler gebruikt wordt waarin de compost doorgaans niet wordt belucht, wordt de inhoud van de testopstellingen in dit onderzoek ook niet actief belucht op de beschreven manier. Ook werd door (Keskinen et al., 2017) aangeraden om de composthoop te beschermen tegen regen om zo het verlies van nutriënten door wegspoeling te voorkomen. Hier wordt wel rekening mee gehouden in dit onderzoek door de biomeiler eerst in een schuur en vervolgens onder een afdakje te plaatsen.

4. Resultaten

4.1 Vochtigheidstest

Uit de meetresultaten van de vochtigheidstest is gebleken dat zowel het gebruikte GFE-afval als de paardenmest een vochtigheidspercentage van rond de 75% heeft. Er is geen verband tussen deze twee waarden; er is sprake van toeval. Aangezien de vochtigheidspercentages vrijwel hetzelfde waren, was het niet nodig om extra vocht toe te voegen aan de mixen om het vochtigheidspercentages hetzelfde te houden gedurende het composteringsproces. Zie tabel 2.

4.2 pH-waarden

Uit de pH-test is gebleken dat alle bakken een pH tussen de 6 en 7 hebben (Zie tabel 3).

4.3 Temperatuurmetingen

4.3.1 Start experiment

16 november 2023 is bak 1 (blauwe lijnen figuur 4) gevuld met een mengsel van 50% paardenmest en 50% GFE-afval.

17 november zijn bak 2 (rode lijn) met 70% paardenmest en 30% GFE-afval en bak 3 (oranje lijn) met 90% paardenmest en 10% GFE-afval ook gevuld. Het verschil in deze start data is terug te zien in de metingen.

De drie bakken bereikten allemaal een temperatuur van 50 °C binnen 24 uur na het vullen van de bakken. De temperatuur bleef snel stijgen totdat bak 2 na 45 uur en bak 3 na 50 uur rond een temperatuur van 68 °C stabiliseerde (19 november). Bak 1 bereikte zelfs een temperatuur van 70 °C op 19 november. Ongeveer een halve dag werd deze temperatuur behouden, waarna de temperatuur afnam en stabiliseerde op 67 °C. In bak 2 werd deze temperatuur voor 1,5 dag aangehouden, in bak 3 voor 3 dagen en in bak 1 zelfs voor 8 dagen.

4.3.2 Afkoeling

Hierna nam de temperatuur in de bakken langzaam af. In bakken 2 en 3 over een periode van 11 dagen tot een minimumtemperatuur rond de 10 °C. De afkoeling in bak 2 en 3 verliep eerst erg langzaam. Zoals te zien in figuur 4, is de temperatuur in bak 3 binnen 8 dagen (22 tot 30 november) maar met 17 °C afgenomen tot circa 50 °C. De temperatuur in bak 2 was 25 tot en met 27 november 55 °C, maar daalde daarna ook tot 50 °C.

22 november 2023 is de gehele opstelling naar buiten verplaatst (zie 6.4 Verplaatsing opstelling). De omgevingstemperatuur lag als gevolg van de verplaatsing van de opstelling een stuk lager dan eerder. In de metingen is de invloed van de omgevingstemperatuur (zie figuur 5) op de temperatuur in de biomeiler terug te zien (zie figuur 4). In alle bakken is een tijdelijke verlaging in temperatuur gemeten. Na 24 uur nam de temperatuur in alle bakken echter weer toe. Het proces ging

weer gewoon verder, en dus leek de verplaatsing weinig invloed gehad te hebben.

Vervolgens daalde de temperatuur in de bakken 2 en 3 snel; van 30 november tot 4 december nam de temperatuur in bak 3 wel 40 °C af tot circa 10 °C en in bak 2 van 27 november tot 4 december tot een temperatuur van 11 °C. 5 dagen lang wordt deze temperatuur in bakken 2 en 3 aangehouden totdat de temperatuur 9 december plots begint te stijgen.

4.3.3 Verschil tussen de bakken

Het composteringsproces in bak 1 verliep anders dan in bakken 2 en 3. Van 27 november tot 27 december is de temperatuur met 27 °C afgenomen tot een temperatuur van 40 °C. De daling van de temperatuur verliep niet geheel geleidelijk; soms liep de temperatuur weer een paar graden (2-4 °C) op. Vanaf het moment dat de 40 °C bereikt is, lijkt de afkoeling van de bak versneld te zijn. Zo is de temperatuur van 27 december tot 2 januari met 8 °C afgenomen. Dit is aanzienlijk sneller dan eerdere metingen in dezelfde bak.

De bakken 2 en 3 zijn beiden 14 dagen lang boven de 40 °C geweest en koelden daarna snel af. Dit past bij eerder onderzoek van Stichting Biomeiler Nederland met dit soort formaat bakken. Bijzonder was echter dat bak 1 tot 27 december (41 dagen) continu boven de 40 °C is gebleven. Dit is een hele bijzondere ontdekking, omdat dit niet vaak voorkomt, aldus Stichting Biomeiler Nederland. Je ziet dat er af en toe even wordt gereageerd op het weer (bijvoorbeeld op 3 december sneeuw), maar dit wordt dan snel weer hersteld.

4.3.4 Plotseling stijging in temperatuur

9 december is te zien dat de temperatuur in de bakken 2 en 3 plots weer stijgt. De temperatuur in bak 3 liep op tot 42 °C, in bak 2 tot 43 °C. Biomeiler Nederland geeft aan dit nog nooit eerder gezien te hebben, zelfs niet met grotere biomeilers. Meestal zitten er 3 dagen tussen een piek en een dal, maar in dit experiment steeg de temperatuur na een langere periode van afkoeling (5 dagen). De heropwarming van bakken 2 en 3 verliepen op erg verschillende manieren. Zo verliep het proces in bak 3 veel stabiel; de compost werd een stuk sneller warm dan in bak 2 en bleef ook langer rond deze temperatuur. De afkoeling verliep vervolgens een stuk langzamer dan bij bak 2. Ook ging de afkoeling bij beide bakken na de tweede opwarming langzamer dan bij de eerste keer.

4.3.4 Grenstemperatuur

De grenstemperatuur is de temperatuur waarna de definitieve afkoeling begint. In de metingen is terug te zien dat de afkoeling in de bakken 2 en 3 versnelde nadat de temperatuur tot 45 °C zakte. Bij bak 1 bleef de temperatuur erg lang (12 tot en met 25 dec) rond de 45 °C. Wanneer de temperatuur in bak 1 onder de 44 °C kwam, begon de definitieve afkoeling.

4.3.5 Einde metingen

Op 10 januari zijn alle bakken definitief afgekoeld. Zo nam de temperatuur in bak 1 langzaam af van 44 °C op 26 december tot rond de 0 °C op 10 januari. Ook de bakken 2 en 3 kwamen op 10 januari op deze temperatuur uit nadat ze beiden 8 dagen lang (27 dec tot 4 jan) tussen de 21 °C en 18 °C bleven hangen. Na deze afkoeling van alle bakken is het zeer onwaarschijnlijk dat de bakken weer opnieuw opwarmen. Er is er daarom voor gekozen om de temperatuurmetingen op dit moment te

stoppen.

4.4 Volumeafname

Door de volumeafname van de compost, ook wel inklinking genoemd, zijn er mini-hoopjes compost ontstaan. Aan het begin van het experiment kwam de compost in alle drie de bakken tot een hoogte van 110 cm. 10 januari, aan het einde van het experiment, was dit in bak 1 nog 40/45 cm, in bak 2 50 cm en in bak 3 60 cm.

Ook is er een kleine hoeveelheid zichtbare schimmels en paddenstoelen aangetroffen in de bakken 1 en 2.

5. Conclusie

Door 3 mini-biomeilers met verschillende verhoudingen van GFE-afval en paardenmest te vullen en de temperatuur te meten gedurende het composteringsproces is onderzocht welke verhouding het meest gunstig is voor het opwekken van energie in de vorm van warmte. Er zijn verhoudingen gebruikt van 50% paardenmest en 50% GFE-afval, 70% paardenmest en 30% GFE-afval en 90% paardenmest en 10% GFE-afval.

Uit de resultaten van dit onderzoek is gebleken dat de verhouding van paardenmest/GFE-afval een grote invloed heeft op het composteringsproces in een mini-biomeiler. Uit het experiment is gebleken dat in bak 1, de bak met het meeste GFE-afval erin (50%), een langdurig hoge temperatuur werd behouden en een stabiel composteringsproces bevond. Dit gaat tegen de verwachting in, omdat de C/N-ratio van dit mengsel volgens berekeningen minder optimaal is dan de C/N-ratio's van de andere twee mengsels.

Ook is uit dit onderzoek gebleken dat biomeilers met een mix van GFE-afval en paardenmest van 70/30 en 90/10 in staat zijn om vanuit een langdurig afgekoelde staat opnieuw op te warmen tot een temperatuur van circa 40 °C. Deze resultaten zijn nog nooit eerder vertoond in eerdere onderzoeken naar biomeilers en zijn daarom cruciaal om verder te bestuderen.

Waar de meetresultaten van de bakken 2 en 3 relatief veel met elkaar overeenkomen, zijn de meetresultaten van bak 1 juist erg afwijkend. De temperatuur in bak 1 bleef namelijk voor een aanzienlijk lange periode erg hoog vergeleken met de andere twee bakken. Dit zou kunnen komen door een grotere aanwezigheid van voedingsstoffen voor de microben in het GFE-afval dan in paardenmest. Ook zou de C/N-ratio van het mengsel hoger geweest kunnen zijn dan bleek uit de berekeningen en zou bak 1 misschien juist wel de meest gunstige C/N-ratio gehad kunnen hebben. Een laatste mogelijke verklaring voor de afwijkende resultaten in bak 1 is een laag O₂-percentage in de bak doordat de inhoud compacter is opgebouwd door het grote aandeel van (het grove) GFE-afval. O₂ kan hier namelijk minder makkelijk doorstromen. Een lager O₂-percentage leidt tot een lagere snelheid van de organische afbraak. Hierdoor zou er minder warmte en vocht verloren gaan, waardoor de temperatuur langdurig hoog kan blijven. Of er daadwerkelijk sprake is van één van deze genoemde mogelijke oorzaken, kan in dit onderzoek niet met zekerheid gezegd worden. Hier zal vervolgonderzoek naar gedaan moeten worden.

Kijkend naar de bakken 2 en 3, zou gezegd kunnen worden dat bak 3 het beter heeft gedaan dan bak 2, aangezien de temperatuurveranderingen hier stabielier verliep dan in bak 2. Echter is dit verschil zo klein dat hier weinig gewicht aan te hangen is. Wel spreekt dit de eerder gegeven mogelijke verklaringen voor de goede resultaten van bak 1 met meer GFE-afval tegen,

aangezien bak 3 juist het minste GFE-afval bezat. Uit vervolgonderzoek zal eventueel kunnen blijken wat de verklaring is voor deze resultaten.

Wat ook erg bijzonder is dat de temperatuur (vooral in bak 1) erg hoog bleef ondanks dat er als gevolg van de inklinking (al na één week) nog maar een erg klein hoopje (circa 50 cm) over was. Een verklaring kan zijn dat het ecosysteem dusverre is bevorderd dat het stabiel is geworden. Dit wordt aangetoond met de groei van zichtbare schimmels en paddenstoelen in de bakken 1 en 2. Paddenstoelen groeien namelijk alleen op zeer rijpe bodem. Het is erg bijzonder dat op deze kleine schaal toch zichtbare schimmels en paddenstoelen zijn. Het feit dat er paddenstoelen groeien geeft aan dat de compost kwaliteit hoog ligt. Dit geeft tevens een indicatie dat het composteringproces in bak 3 minder goed is verlopen dan in de bakken 1 en 2. Volgens de pH-metingen liggen de pH-waarden in alle bakken tussen de 6 en 7. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de bijzondere resultaten van de temperatuurmetingen niet veroorzaakt zijn door extreme pH-waarden. Daarnaast betekent dit dat de compostkwaliteit hoogstwaarschijnlijk hoog is. Voor meer uitgebreide gegevens over de compostkwaliteit van de verschillende mixen zal verder onderzoek gedaan moeten worden.

6. Discussie

6.1 NEN-norm & Vochtigheidspercentage metingen

Achteraf is gebleken dat de vochtigheidsmetingen zijn uitgevoerd bij een te hoge temperatuur. De oven is ingesteld op 115 °C i.p.v. op 104 °C, de norm die wordt voorgeschreven door de Nederlands Normalisatie Instituut (NEN-norm). Dit was op het moment van de metingen nog niet bekend voor dit onderzoek aangezien deze normen niet openbaar beschikbaar zijn gesteld. Stichting Biomeiler Nederland heeft deze waarden achteraf toch kunnen delen. Door de te hoge temperatuur tijdens de vochtigheidsmetingen is tijdens de test naast vocht misschien ook andere stof verdampt. Hierdoor kunnen de vochtigheidspercentages van de mengsels in werkelijkheid lager geweest zijn dan uit de test kwam. Echter zijn deze meetwaarden wel gebruikt bij verdere berekeningen. Een te hoog berekend vochtigheidspercentage zou kunnen betekenen dat de berekende C/N-ratio's van de mixen niet correct zijn. Dit heeft in principe geen invloed op de meetresultaten zelf, maar maakt de mogelijke verklaringen van de resultaten op basis van C/N-ratio wel minder valide.

6.2 Onnauwkeurigheid C/N-ratio's

Verder zijn bij de berekeningen naar de C/N-ratio zowel gegevens aangenomen uit de literatuur als gegevens die voortkomen uit eigen metingen en/of schattingen. Zo is de C/N-ratio van stro genomen op basis van theoretische waarden uit de literatuur, maar de C/N-ratio van paardenmest op basis van berekende en geschatte waarden vanuit de praktijk. Bij het bepalen van de volume-mixen van de 3 bakken van de biomeiler is het vooral heel belangrijk dat de C/N-ratio rond de 30/1 ligt. Er is een spreadsheet (Stichting Biomeiler Nederland, 2023) gebruikt om deze verhoudingen af te leiden. In de Appendix zijn de berekeningen terug te zien en is te zien welke waarden voortkomen uit de theorie en welke waarden voortkomen uit eigen metingen of berekeningen. Het is belangrijk om te weten dat er veel aannames gedaan zijn. Bij vervolgonderzoek zal gecheckt moeten worden of deze aannames juist zijn. Daarnaast is het belangrijk om stil te staan bij het feit dat de daadwerkelijke

C/N-ratio's kunnen afwijken van de berekende waarden. Dit zou merkwaardige resultaten kunnen verklaren. Het is mogelijk om de C/N-ratio van materiaal te meten in laboratoria. Hier is in dit onderzoek naar gekeken, maar de financiering schiet hiervoor tekort. In vervolgonderzoek is dit iets dat gedaan kan worden om de nauwkeurigheid van het onderzoek te vergroten.

6.3 Foutenmarge mixen

Er zou een kleine foutenmarge kunnen zitten in de verhouding paardenmest en GFE-afval in de bakken door onnauwkeurig mixen. De verhoudingen paardenmest/GFE-afval van 50/50, 70/30 en 90/10 zijn ruwe getallen met een lage significantie.

6.4 Verplaatsing opstelling

22 november 2023 is de gehele opstelling naar buiten verplaatst, omdat de elektriciteit in het schuurtje waar de opstelling zich bevond uitviel. Dit was een gevolg van de grote vochtigheid in de biomeiler dat door de hoge temperatuur binnen het compostingsproces is verdampt en gecondenseerd in de schuur. De opstelling kon niet langer meer in de schuur blijven staan en is naar buiten verplaatst. Er is gekozen om de opstelling onder een afdakje te plaatsen om uitspoeling als gevolg van regen te voorkomen (Keskinen et al., 2017). De invloed van de verplaatsing is terug te zien in de metingen tijdens bijvoorbeeld 1-3 december en 8-10 januari. Op deze dagen vroor het op locatie. Hoewel de omgevingstemperatuur wel invloed heeft gehad op de temperatuur in de bakken, wordt er niet vanuit gegaan dat dit ook echt de daadwerkelijke afkoeling van de bakken heeft veroorzaakt. Het is echter wel waarschijnlijk dat de lage omgevingstemperatuur de temperatuurdaling in de bakken enigszins heeft versneld.

6.5 Samenstelling GFE-afval

De samenstelling van het GFE-afval kan verschillen per bak. Het GFE-afval bestond uit veel grove stukken. De bakken zijn relatief erg klein, dus het verschil in samenstelling kan een grote invloed hebben op het verloop van het compostingsproces, dit zou een oorzaak kunnen zijn geweest van de grote verschillen in de metingen tussen bak 1 en de andere twee bakken. Er zijn verschillende manieren om deze invloeden in het vervolg te minimaliseren. Door bijvoorbeeld een grotere proefopstelling te nemen, kan de invloed van verschil in GFE-afval geminimaliseerd worden. Ook zou het GFE-afval zo fijn mogelijk gemaakt kunnen worden om het vervolgens goed te mengen voordat het verdeeld wordt over de verschillende bakken.

6.6 Temperatuursensoren

Tijdens het inklinken (volumeafname) zijn de sensoren mogelijk verplaatst waardoor ze zich niet meer op de juiste positie in de hoop bevinden. Dit zou kunnen verklaren waarom de sensoren in de bakken regelmatig erg wisselende temperaturen geven.

Gedurende het experiment vielen de sensoren geregeld uit en werd de temperatuur tijdelijk niet meer ieder half uur gemeten. Dit is wel telkens snel opgelost (maximaal 5 uur, op moment van verplaatsing na). Er wordt vanuit gegaan dat dit geen invloed heeft gehad op de meetresultaten.

6.7 Bijzonderheden meetresultaten

6.7.1 Langdurig hoge temperatuur bak 1

In de eerste 3 dagen van het experiment liep de temperatuur in alle bakken op tot boven de 67 °C. Deze temperatuur werd in bak 1 voor 8 dagen aangehouden. Dit is erg bijzonder aangezien normaliter compost bij zulke hoge temperaturen plots erg snel afkoelt, tot ongeveer 30 °C, en daarna weer schommelt totdat er een evenwicht wordt bereikt (Bajko et al., 2019c). Dit is niet wat er tijdens dit experiment gebeurde. Dit zou eventueel veroorzaakt kunnen zijn door het grote aandeel makkelijk verteerbare stoffen in het GFE-afval. Hierdoor kan voor een langere periode een erg hoge temperatuur aangehouden worden.

6.7.2 Heropwarming

In de resultaten is te zien dat bakken 2 en 3 een heropwarming doormaken. Wat vooral bijzonder is aan deze ontwikkeling, is dat er met de bestaande kennis over compostingsprocessen verwacht wordt dat bak 2 (met een verhouding 70/30) sneller opwarmt dan bak 3 (met een verhouding van 90/10) vanwege het grotere aandeel GFE-afval dat hierin zit. In GFE-afval zitten namelijk meer eiwitten en suikers, die makkelijk verteerbaar zijn. Dit is echter niet gebeurd. De reden hiervoor is moeilijk te geven. Mogelijkheid is het een gevolg van het verschil in samenstelling van het GFE-afval. Bak 3 heeft mogelijk meer makkelijk-te-verteren voedingsstoffen in vergelijking met bak 2, waardoor de temperatuur toch sneller opliep. Een andere theorie is dat bak 3 dankzij een luchtigere opbouw door de aanwezigheid van een groter deel stro een betere zuurstoftoevoer heeft gehad en daardoor sneller is opgewarmd. Deze mogelijke verklaringen zijn in dit onderzoek moeilijk vast te stellen, maar zouden een goede fundering kunnen zijn voor een vervolgonderzoek.

Ook is het opvallend dat bakken 2 en 3 op precies hetzelfde moment begonnen met heropwarmen. Of dit toeval is of dat dit is veroorzaakt door externe invloeden, kan in dit onderzoek niet met zekerheid gezegd worden. Een mogelijke verklaring is dat door een trilling in de bakken sommige microben zijn gestorven en vervolgens weer verteerd konden worden door andere microben waardoor de temperatuur steeg. Of deze theorie ook echt van toepassing is, is niet bekend.

6.7.3 Grenstemperatuur

Uit de resultaten is gebleken dat de grenstemperatuur in bak 1 lag bij 44 °C en in de bakken 2 en 3 bij 45 °C. Dit is erg opmerkelijk aangezien Stichting Biomeiler tot op heden grenstemperaturen tussen de 38-40 °C aanhield. Dit betekent dat het proces stilvalt wanneer de temperatuur onder deze waarden zakt. Het lijkt er dus op dat de aanwezigheid van GFE-afval de grenstemperatuur doet verhogen.

6.7.4 pH-waarden

De pH-waarden aan het einde van het compostingsproces liggen in alle drie de bakken tussen de 6 en 7. Dit zijn stabiele waarden. Het kan uitgesloten worden dat bijzondere metingen het gevolg zijn van extreme waarden van de pH.

6.8 Verwijzing vervolgonderzoek

De resultaten die uit dit onderzoek komen, zijn erg lastig te verklaren en spreken vele bestaande theorieën tegen. Sticht-

ing Biomeiler Nederland geeft aan dit nog nooit eerder gezien te hebben. De aankomende jaren zal de stichting aan de slag gaan met vervolgonderzoek op basis van dit onderzoek. Zo is het belangrijk dat er onderzocht wordt wat er gebeurt als de verhouding paardenmest/GFE-afval lager wordt genomen. In dit onderzoek is ervan uitgegaan dat dit niet zou werken in verband met de optimale C/N-ratio van 30 die volgens berekeningen past bij hogere verhoudingen paardenmest/GFE-afval. Echter zijn de metingen anders dan verwacht en zou dit een interessante test zijn die misschien wel erg goed zou lopen. Daarnaast zou het erg interessant zijn om deze test op grote schaal uit te voeren. “Als het resultaat dat hieruit komt, overeenkomt met deze test, is het een echte gamechanger. Het hele concept biomeiler zal radicaal veranderen”, aldus Stichting Biomeiler Nederland. Nog nooit heeft Stichting Biomeiler Nederland zoveel warmte vrij zien komen bij een biomeiler. En dat zonder het gebruik van het dure materiaal houtsnippers en een biomeiler van minimaal 3 meter hoog. De aankomende jaren zal Stichting Biomeiler Nederland bezig zijn met het opschalen van deze test en het zoeken naar verklaringen achter de meetresultaten.

7. Erkenningen

De auteurs willen graag Stichting Biomeiler Nederland, met name Arie Machgeels van Ziel, bedanken voor de informatie-overdracht, technische assistentie en de geleende materialen. Dit onderzoek is gefinancierd door Thorbecke Scholengemeenschap en Het Bonhoeffer College. Hier willen de auteurs hen voor bedanken. En als laatst willen de auteurs Universiteit Twente, Ilse Ekkelkamp en Manon Niemeijer bedanken voor de hulp binnen het proces van het onderzoek.

8. Bibliografie

Afvalverwerking in Nederland in cijfers: composteren en verbranden toegenomen, storten opnieuw afgenomen. (z.d.). Afval Circulair. <https://www.afvalcirculair.nl/actueel/nieuws/afvalnieuws/2022/afvalverwerking-nederland-cijfers-2020/#:~:text=In%202020%20is%201%2C7,2020%20van%20de%20Werkgroep%20Afvalregistratie>.

Airaksinen, S., Heinonen-Tanski, H., & Heiskanen, M. (2001). Quality of different bedding materials and their influence on the compostability of horse manure. *Journal of Equine Veterinary Science*, 21(3), 125–130. [https://doi.org/10.1016/s0737-0806\(01\)70108-6](https://doi.org/10.1016/s0737-0806(01)70108-6)

Bajko, J., Fišer, J., & Jícha, M. (2018a). Temperature measurement and performance assessment of the experimental composting bioreactor. *Epj Web of Conferences*, 180, 02003. <https://doi.org/10.1051/epjconf/201818002003>

Bajko, J., Fišer, J., & Jícha, M. (2019). Condenser-Type heat exchanger for compost heat recovery systems. *Energies*, 12(8), 1583. <https://doi.org/10.3390/en12081583>
Biologie voor jou. (2021). malmberg.

CE Delft. (2021, 14 april). Klimaatimpact van afvalverwerkroutes in Nederland. CO₂-kentallen voor recyclen en verbranden voor 13 afvalstromen - CE Delft. <https://ce.nl/publicaties/klimaatimpact-van-afvalverwerkroutes-in-nederland-co2-kentallen-voor-recyclen-en-verbranden-voor-13-afvalstromen/>

Chang, J. I., & Hsu, T. (2008). Effects of compositions on food waste composting. *Bioresource Technology*, 99(17), 8068–8074. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.03.043>

Chiumenti, A., R, C., Diaz, L. F., & Goldstein, N. (2005).

Modern composting technologies. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/259926172_Modern_Composting_Technologies

Compost Chemistry - Cornell Composting. (z.d.). <https://compost.css.cornell.edu/chemistry.html>

Composting | Wageningen University and Research Library Catalog. (z.d.). <https://library.wur.nl/WebQuery/titel/2253537>

Corten, I. & Zilverberg advies. (2020). Bronnenonderzoek voor de ontwikkeling van de biomeiler. Zilverberg advies.

de Lijster, E., van de Akker, J., Visser, A., Allema, B., van der Wal, A., Dijkman, W., & Wageningen Universiteit [wur]. (2015). Waarden van bodemwatermaatregelen. CLM Onderzoek en Advies, 912. <https://edepot.wur.nl/406465>

Fan, S., Li, A., Ter Heijne, A., Buisman, C. J., & Chen, W. S. (2021). Heat Potential, Generation, Recovery and Utilization from Composting: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 175, 105850. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105850>

Guo, R., Li, G., Jiang, T., Schuchardt, F., Chen, T., Zhao, Y., & Shen, Y. (2012). Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost. *Bioresource Technology*, 112, 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.02.099>

Hendriks, R. (IBC). Composting. Wageningen University & Research.

Het professionele composteringsproces | Vlaco. (2018, 30 december). <https://vlaco.be/compost-gebruiken/wat-is-compost/het-professionele-composteringsproces>

Industrial composting. (z.d.). Google Books. [https://books.google.nl/books?hl=nl&lr=&id=6moJR1a_T8c-C&oi=fnd&pg=PP1&dq=E.+Epstein,+Industrial+composting:+Environmental+engineering+and+facilities+management+\(CRC+Press,+2011\)&ots=K6tU1odISW&sig=gguyKVLt9oYcfMUCgSgovj-8u4s#v=onepage&q=E.%20Epstein%2C%20Industrial%20composting%3A%20Environmental%20engineering%20and%20facilities%20management%20\(CRC%20Press%2C%202011\)&f=false](https://books.google.nl/books?hl=nl&lr=&id=6moJR1a_T8c-C&oi=fnd&pg=PP1&dq=E.+Epstein,+Industrial+composting:+Environmental+engineering+and+facilities+management+(CRC+Press,+2011)&ots=K6tU1odISW&sig=gguyKVLt9oYcfMUCgSgovj-8u4s#v=onepage&q=E.%20Epstein%2C%20Industrial%20composting%3A%20Environmental%20engineering%20and%20facilities%20management%20(CRC%20Press%2C%202011)&f=false)

Insam, H., & Bertoldi, M. (2007). Chapter 3 Microbiology of the Composting Process. In *Waste Management Series* (pp. 25–48). [https://doi.org/10.1016/s1478-7482\(07\)80006-6](https://doi.org/10.1016/s1478-7482(07)80006-6)

Irvine, G., Lamont, E. R., & Antizar-Ladislao, B. (2010). Energy from waste: Reuse of compost heat as a source of renewable energy. *International Journal of Chemical Engineering*, 2010, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2010/627930>

Keskinen, R., Saastamoinen, M., Nikama, J., Särkijärvi, S., Myllymäki, M., Salo, T., & Uusi-Kämpä, J. (2017). Recycling nutrients from horse manure: Effects of bedding type and its compostability. *Agricultural and Food Science*, 26(2). <https://doi.org/10.23986/afsci.60443>

Köninger, J., Lugato, E., Panagos, P., Kochupillai, M., Orgiazzi, A., & Briones, M. J. I. (2021). Manure Management and Soil Biodiversity: Towards More Sustainable Food Systems in the EU. *Agricultural Systems*, 194, 103251. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103251>

Krogmann, U., Rogers, B., & Westendorf, M. L. (2006). Best management practices for horse manure composting on small farms. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/274194020_Best_Management_Practices_for_Horse_Manure_Composting_on_Small_Farms

Kumar, M., Ou, Y. L., & Lin, J. (2010). Co-compost-

ing of green waste and food waste at low C/N ratio. *Waste Management*, 30(4), 602–609. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.11.023>

Lai, J. C., Hwang, S. S., Then, Y. L., & Lee, C. S. (2024). Optimal Aeration Management Strategy for a Small-Scale Food Waste Composting. *Carbon Resources Conversion*, 7(1), 100190. <https://doi.org/10.1016/j.crcon.2023.06.002>

Li, Z., Lu, H., Ren, L., & He, L. (2013). Experimental and Modeling Approaches for Food Waste Composting: A review. *Chemosphere*, 93(7), 1247–1257. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.06.064>

Mestaanwending Paardenkamp. (z.d.). WUR. <https://www.wur.nl/nl/projectot-en-metestaanwending-paardenkamp.htm>

Monitoring Compost PH - Cornell Composting. (z.d.). <https://compost.css.cornell.edu/monitor/monitorph.html#:~:text=Compost%20microorganisms%20operate%20best%20under,breakdown%20of%20lignin%20and%20cellulose>

Mwape, M. C. (z.d.). Waste to energy: Heat recovery from the compost reactor as a source of renewable energy. Copyright ? 2012 Scientific & Academic Publishing. All Rights Reserved. <http://article.sapub.org/10.5923.j.ijee.20201001.02.html>

Mwewa, M. C., Etemo, I., Otara, S., & Yamba, F. D. (2020). Waste to energy: Heat recovery from the compost reactor as a source of renewable energy. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.5923/j.ijee.20201001.02>

Nutrient value of wheat straw | Agronomic Crops Network. (z.d.). <https://agcrops.osu.edu/newsletter/corn-newsletter/nutrient-value-wheat-straw>

Quested, T., O'Connor, C., & Forbes, H. (2021). UNEP Food Waste Index Report 2021. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/350017369_UNEP_Food_Waste_Index_Report_2021

Rajlakshmi, Jadhav, D. A., Dutta, S., Sherpa, K. C., Jayaswal, K., Saravanabhupathy, S., Mohanty, K., Banerjee, R., Kumar, J., & Rajak, R. C. (2023). Co-digestion Processes of Waste: Status and Perspective. In *Elsevier eBooks* (pp. 207–241). <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-91149-8.00010-7>

Seo, J., Heo, J., Kim, T., Joo, W. H., & Crohn, D. M. (2004). Effect of vermiculite addition on compost produced from Korean food wastes. *Waste Management*, 24(10), 981–987. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2004.08.002>

Stichting Biomeiler Nederland (A. Machgeels van Ziel). (2023). www.biomeiler.nl

Villar, I., Alves, D., Garrido, J., & Mato, S. (2016). Evolution of microbial dynamics during the maturation phase of the composting of different types of waste. *Waste Management*, 54, 83–92. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.05.011>

Weergegevens Twente december 2023 - Weerstatistieken KNMI. (z.d.). <https://weerstatistieken.nl/twente/2023/december>

Willekens, K., & Janmaat, L. (2014). Wat is goede compost? *Biokennis*, 06. <https://edepot.wur.nl/326324#:~:text=De%20bodem%20vruchtbaarheid%20zal%20door,om%20winderosie%20tegen%20te%20gaan>

Appendix

A. Temperatuursensoren

De temperatuursensoren die gebruikt zijn, zijn gemaakt, geprogrammeerd en getest door Stichting Biomeiler Nederland. Het zijn DS18B20-temperatuursensoren met een kabel van 3 meter per stuk. Het temperatuurbereik loopt van -55 °C tot 125 °C met een nauwkeurigheid van ± 0,5 °C binnen het bereik van -10 °C tot 85 °C. De sensoren hebben een voedingsspanning van 3,0 V ~ 5,5 V. Ze worden uitgelezen door een ESP32 Type C Development Board 2.4 GHz WLAN WiFi Bluetooth CH340C Chip ESP32-WROOM-32 met daarop software die ontwikkeld is met Arduino IDE. Ze zijn geijkt in zowel kokend water als ijswater (smeltend ijs) voor minimaal 10 minuten per ijking.

B. Berekeningen Excel spreadsheet

Bij het bepalen van de verhoudingen paardenmest/GFE-afval die in dit onderzoek worden gebruikt in de drie bakken van de biomeiler, is het vooral heel belangrijk dat de C/N-ratio rond de 30/1 ligt. Bij een te hoge of te lage C/N-ratio zal er geen compostering plaatsvinden. Er is een Excel spreadsheet gebruikt om de verhoudingen paardenmest/GFE-afval met de meest optimale C/N-ratio's af te leiden. Deze spreadsheet is gemaakt door Biomeiler Nederland voor het gebruik van berekeningen rondom de C/N-ratio's van mengsels. De spreadsheet rekent aan de hand van de individuele waarden van de verschillende variabelen die vergaard zijn uit theoretische kennis, metingen en schattingen C/N ratio's van verschillende volumemixen paardenmest/GFE-afval. De spreadsheet baseert zijn berekeningen op verschillende variabelen van alle afzonderlijke stoffen in de mengsels zoals vochtigheidspercentages, C/N-ratio's, dichtheden en volumes. Hieronder volgt welke gebruikte waarden voortkomen uit de theorie en welke waarden voortkomen uit eigen metingen of berekeningen. Het is belangrijk om te weten dat er bij deze berekeningen veel aannames gedaan zijn.

De theoretische C/N-ratio's van de gebruikte (ongemengde) materialen staan weergegeven in tabel 1. De gebruikte C/N-ratio van stro tijdens de berekeningen is afgeleid door het gemiddelde te nemen van de geschatte waarde van 39,0 die is afgeleid door variabelen van de spreadsheet in te vullen met de resultaten van de vochtigheidsmetingen en theoretische kennis van Stichting Biomeiler Nederland en de theoretische waarde van 77,5 uit literatuuronderzoek en komt uit op 58,3. De C/N-ratio van paardenmest (zonder stro) is volgens de spreadsheet na het invullen van de verschillende variabelen gebaseerd op schattingen gelijk aan 18,4. Deze waarde lijkt realistisch en wordt zo aangehouden. Het mengsel van paardenmest en stro dat in dit onderzoek is gebruikt, bestaat voor 25% uit paardenmest en 75% uit stro. De C/N-ratio van dit mengsel is makkelijk te berekenen via de spreadsheet uit de eerder gegeven waarden en blijkt 45 te zijn.

Aangezien het vochtigheidspercentage van het paardenmest/stro-mengsel uit de meetresultaten van de vochtigheidsmeting extreem hoog lag en hier eventueel een meetfout zit, is hier bij het invullen van de spreadsheet een iets lagere waarde aangehouden van 59,8%. Deze waarde is gebaseerd op eerdere ervaringen van Stichting Biomeiler Nederland.

De uiteindelijke gebruikte waarden van de variabelen in de

spreadsheet zijn weergegeven in tabel 4. Met deze waarden zijn vervolgens de C/N-ratio's van de verschillende verhoudingen paardenmest/GFE-afval berekend, deze staan tevens weergegeven in de tabel.

Aan de hand van al deze waarden zijn de C/N-ratio's berekend van mengsels met verschillende verhoudingen van paardenmest en GFE-afval met behulp van de Excel spreadsheet van Biomeiler Nederland. Op basis van deze berekeningen is er gekozen voor drie mengsels met de C/N-ratio rond de 30. Een mengsel bestaande uit 50% paardenmest/stromengsel en 50% GFE-afval met een C/N-ratio van 21, 70% paardenmest-stromengsel en 30% GFE-afval met een C/N-ratio van 26 en 90% paardenmest-stromengsel en 10% GFE-afval met een C/N-ratio van 36.

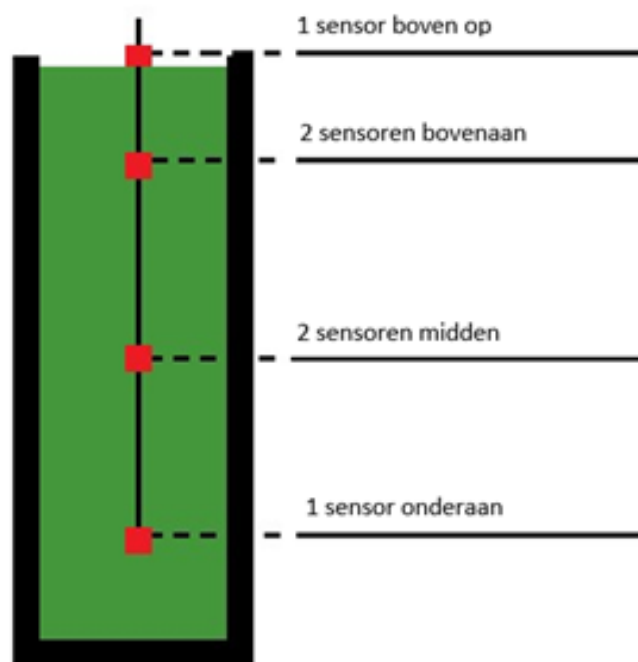
9. Figuren



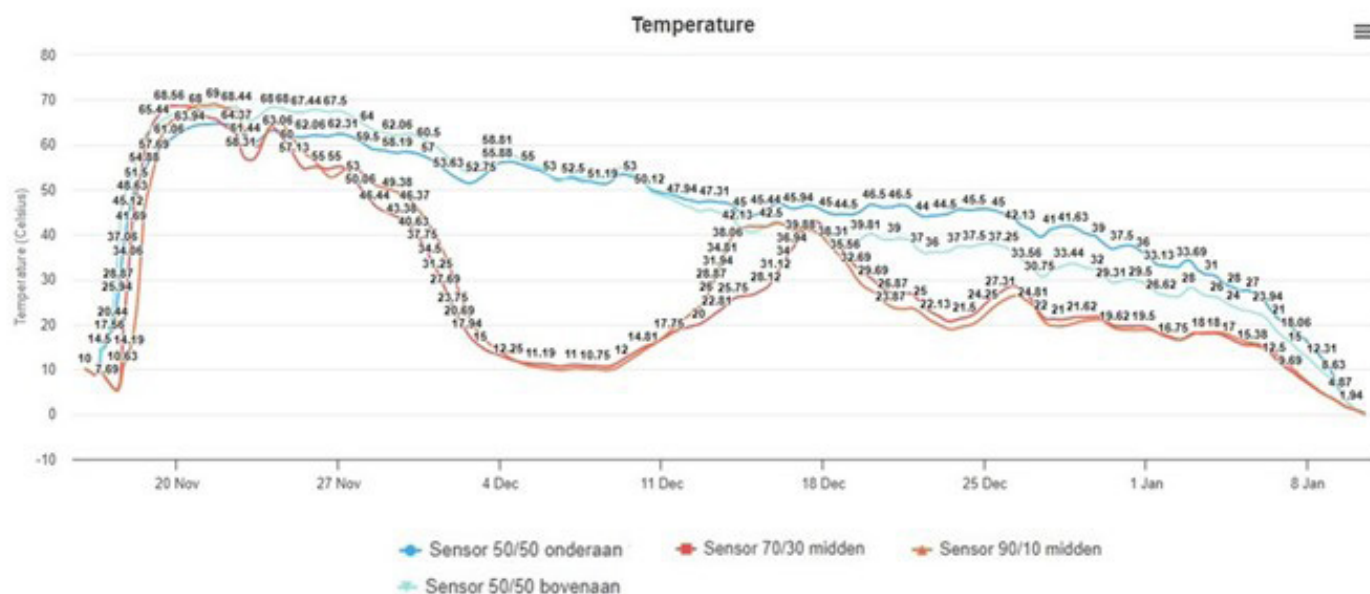
Figuur 1 - Opbouw biomeiler tijdens open dag Stichting Biomeiler Nederland, Rotterdam oktober 2023.



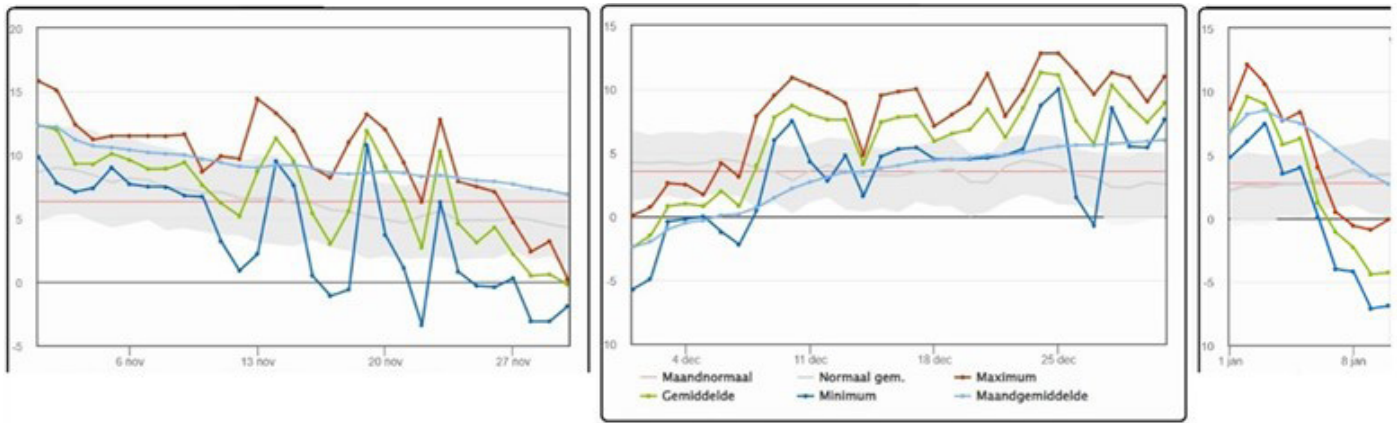
Figuur 2 - De proefopstelling: drie bakken met een binnenmaat van 30 bij 30 cm en een hoogte van 110 cm. Het geheel is geïsoleerd met PIR platen en staat onder een afdakje. De sensorunit staat onder de emmer ter bescherming voor regen.



Figuur 3 - Posities van de sensoren in de proefopstelling.



Figuur 4 - Metingen 16 Nov Tot en met 10 Jan sensoren met de hoogst gemeten temperatuur per bak, twee sensoren bij bak 1 vanwege wisseling van sensor met hoogste temperatuur.



Figuur 5 - Omgeving temperatuur 1 november tot en met 11 januari, (Weergegevens Twente december 2023 - Weerstatistieken KNMI, z.d.).

10. Tabellen

Tabel 1 - C/N-ratio's van gebruikte materiaal

Materialen	C/N-ratio	Bronnen
Stro	77,5 – Schatting op basis theorie	(Nutrient value of wheat straw Agronomic Crops Network, z.d.), (Stichting Biomeiler Nederland, 2023)
Paardenmest	15,5	(Seo et al., 2004), (Composting Wageningen University and Research Library Catalog, z.d.-a), (Mestaanwending Paardenkamp, z.d.)
GFE-afval	15	(Stichting Biomeiler Nederland, 2023), (Compost Chemistry – Cornell Composting, z.d.), (Chang &Hsu, 2008)

Tabel 2 - Gemeten vochtigheidspercentages van beginstoffen GFE-afval en paardenmest.

Materialen	Vochtigheid (%)
GFE-afval	75,19
Paardenmest	75,21

Tabel 3 - Gemeten pH-waarden van de drie proefopstellingen na het composteren.

Verhouding bakken (Paardenmest/GFE)	pH waarde na compostering
50/50	7
70/30	7
90/10	6-7

Tabel 4 - Waarden van variabelen in spreadsheet, gebruikt voor berekeningen C/N-ratio's.

	Materialen	Berekende C/N-ratio	Vochtigheid (%)	Dichtheid (kg/m3)
Waardes van gebruikte variabelen uit spreadsheet	GFE-afval	15	75,2	865
	(25%) paardenmest + (75%) stro	45	59,8	388
Berekende waardes van de gekozen mixen paardenmest/stro	50/50	21	70,4	627
	70/30	26	67,3	531
	90/10	36	62,9	436

Het effect van White Noise op het concentratievermogen van havo/vwo scholieren van 11 t/m 13 jaar

L.M.N Goselink², G.S. Moelard³, F. de Goeij¹, A.A. Ten Cate¹, S. ten Heggeler², B. Bollen³,

¹ Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

² Het Erasmus, Almelo

³ Pius X College Almelo

Abstract - This study researched the effects of White Noise on the attention span of high school students between the ages of 11 and 13. The research was divided into 2 groups: Group A and Group B. Group A consisted of 38 high school students from Het Erasmus, aged 11 to 13. They first took the d2-test with White Noise playing on their headphones. Two weeks later, they took the d2-test without the White Noise. The average error rate difference between the tests was -11.2%: the second test with White Noise had 11.2% more mistakes than the test without White Noise. Group B consisted of 14 high school students from Pius-x-college, also aged 11 to 13. They took the d2-test first without White Noise, and two weeks later they took the d2-test with White Noise. The average error rate difference was 10.4%: the second test with White Noise had 10.4% fewer mistakes.

1. Inleiding

(Sezici & Yigit, 2017). Sinds de groei van sociale media worden er steeds meer leermethodes gepromoot, waaronder het gebruik van White Noise en andere geluidskleuren zoals Brown Noise en Pink Noise, tijdens het leren om zo de concentratie te verbeteren (The Star, 2022).

Eerder onderzoek heeft geconcludeerd dat White Noise een positief effect heeft op het concentratievermogen van volwassenen (Awada, Becerik-Gerber, Lucas, & Roll, 2022). Echter is in dit onderzoek niet onderzocht of White Noise ook een positief effect heeft op het concentratievermogen van scholieren van 11 t/m 13 jaar. Veel basisschoolkinderen hebben moeite met prikkelverwerking, dit zorgt ervoor dat zij zich ook moeilijk kunnen concentreren (Meijs, 2018). Deze concentratieproblemen nemen zij weer mee naar het voortgezet onderwijs. In dit onderzoek wordt onderzocht of White Noise een effect heeft op het concentratievermogen van scholieren van 11 t/m 13 jaar. White Noise wordt gebruikt voor meerdere doeleinden. Het wordt al heel lang gebruikt om baby's rustig te krijgen of baby's in slaap te krijgen. Het bootst namelijk het geluid na dat baby's in de buik horen, maar de voornaamste reden is dat White Noise afleidende geluiden van de achtergrond onderdrukt. Ook adolescenten profiteren van White Noise. (Ludovico, et al., 2017) heeft gevonden dat volwassenen 38% sneller in slaap vallen, als ze naar White Noise luisteren. (Yan, Ebben, & Krieger, 2021) heeft ondervonden dat White Noise de slaap positief beïnvloedt. De participanten vielen sneller in slaap en sliepen langer. In een andere studie is gevonden dat ernstig zieke patiënten, die in een ziekenhuis lagen, ook profiteren van de White Noise tijdens het slapen (Warji & Dsilva, 2022). Er is zelfs bevonden dat White Noise beter helpt dan oordopjes tijdens het slapen (Yoon & Baek, 2022). Andere situaties waar White Noise gebruikt kan worden is tijdens werk en het studeren. Ook heeft het een positief effect voor mensen die ADHD of ADD hebben (Pickens, Khan, & Berlau, 2018). Personen die ADHD (Attention Deficit Hyperactivity Disorder) of ADD (Attention Deficit Disorder) hebben, hebben moeite met hun concentratie (Henderson & Nigg, 2010). Extra geluiden in de omgeving, leidt hun sneller af. White Noise helpt met deze geluiden te blokkeren, waardoor ze zich beter kunnen concentreren. Ook kan White Noise helpen met tinnitus. Tinnitus is een aandoening waarbij de patiënt een ruis, piep, fluit of een combinatie hiervan, hoort (UMC Utrecht). Door de White Noise wordt dit minder hoorbaar, omdat het dient als een soort achtergrondgeluid, wat het geluid wat door de tinnitus wordt veroorzaakt, maskeert.

2. Theoretisch kader

2.1 White Noise

Witte ruis, oftewel White Noise, is een signaal (geluid) waarvoor geldt dat in het frequentiespectrum de gemiddelde amplitude voor iedere frequentie binnen het hoorbaar spectrum gelijk is (zie figuur 5). Hierdoor heeft elke frequentie een gelijke intensiteit (Carter, Mancini, Bruce, & Ron, 2009). Door deze eigenschap kan White Noise opvallende achtergrondgeluiden maskeren (Ebben, Yan, & Krieger, 2021). Frequenties tussen de 20 en 20.000 Hz zijn hoorbaar voor mensen (Purves, et al., 2001). White Noise kan gegenereerd worden met behulp van wiskundige algoritmen of elektronische circuits die ervoor zorgen dat de energie gelijkmatig verdeeld is over het hele frequentiespectrum (Donadio, 2011). Hierdoor klinkt White Noise als een constante ruis. White Noise Machines genereren op deze manier ook White Noise (Donadio, 2011). Als White Noise wordt afgespeeld, zijn alle frequenties van laag tot hoog tegelijk hoorbaar. In een frequentiespectrum wordt aangegeven uit welke sinussen een bepaald geluidssignaal is opgebouwd. (Natuurkunde.nl). Het frequentiespectrum geeft precies aan welke tonen er gebruik zijn en hoe luid elke toon is. Een amplitude van een geluid geeft de sterkte van het geluid aan. Een grotere amplitude, zorgt voor een grotere geluidssterkte (Brussaard, et al., 2022).

De geluidssterkte waarmee de meeste voordelen uit White Noise wordt gehaald is 55 decibel (Spencer, Moran, Lee, & Talbert, 1990). De geluidssterkte van White Noise wordt aangepast aan de geluidssterkte van de achtergrondgeluiden. Hoe luider de achtergrondgeluiden, hoe luider de White Noise. In een klaslokaal hoort het achtergrondniveau niet hoger dan 30 tot 35 decibel te liggen. Het maximale geluidsniveau in een klaslokaal is 60 decibel, omdat boven de 60 decibel wordt aangenomen dat personen niet meer volledige concentratie kunnen behouden (Arbocatalogus PO, sd). Door deze informatie is ervoor gekozen om een geluidssterkte van 55 decibel te gebruiken voor dit onderzoek. De White Noise die wordt afgespeeld is afkomstig van een filmpje van YouTube (Noise, 2018).

2.2 Pink Noise

Net zoals White Noise bevat Pink Noise ook alle frequenties uit het hoorbare deel van het frequentiespectrum. Het verschil is dat bij Pink Noise de hogere frequenties een lagere intensiteit hebben. Elke octaaf heeft dezelfde intensiteit, maar het volume van de individuele toonhoogtes neemt af met 3 decibel bij elk hogere octaaf (zie figuur 6) (Overath, Zhang, Sanes,

& Poeppel, 2012). Pink Noise wordt als rustgevend ervaren. Men vindt ook dat hiernaar makkelijker te luisteren is. Pink Noise heeft lagere frequenties, die als aangenaam worden ervaren (Boynnton, 2020). Een gezond oor kan frequenties rond de 4000 Hz het beste horen (zie figuur 4).

Net zoals White Noise, biedt Pink Noise voordelen wat betreft slaap. De participanten vielen sneller in slaap (Junhong Zhou 1, 2012) en bereikte eerder de diepe slaap periode (Nelly A. Papalambros, 2017).

2.3 Brown Noise

Brown Noise, ook wel Brownian Noise genoemd, bevat alle frequenties uit het hoorbare deel van het frequentiespectrum. Maar net zoals Pink Noise, krijgen de hogere frequenties een lagere intensiteit. Elke octaaf heeft dezelfde intensiteit, maar het volume van de individuele toonhoogtes neemt af met 6 dB per bij elk hogere octaaf (zie figuur 7) (Barozzi, et al., 2017). Waardoor men de Brown Noise waarneemt als een nog lager geluid dan de Pink Noise. Er is geen bewijs dat Brown Noise voordelen biedt voor personen met ADHD, in tegenstelling tot White Noise (Godman & Sy, 2023).

Er is meer onderzoek gedaan naar de effecten van White Noise, dan de effecten van Pink Noise en Brown Noise. Er is gekozen om in dit onderzoek het effect van White Noise te onderzoeken omdat er al is aangetoond dat White Noise voordelen biedt voor personen met ADHD en volwassenen met betrekking tot het concentratievermogen, dit is nog niet aangetoond bij Pink Noise of Brown Noise. Door deze informatie wordt er bij dit onderzoek onderzocht of scholieren ook voordelen, zoals een betere concentratie, ervaren van de effecten van White Noise.

2.4 Concentratievermogen

Het concentratievermogen is het vermogen om zich tot één onderwerp te kunnen beperken (Woordenboek der Nederlandsche Taal, 1864-2001) en afleiding te negeren (Sörqvist, Dahlström, Karlsson, & Rönnberg, 2016). De afleiding ontstaat doordat zowel onbewust als bewust de aandacht gericht wordt op een andere taak, situatie of gevoel (Schaefer & Millman, 1994). Er zijn verschillende zaken die invloed hebben op het concentratievermogen. Ten eerste, het feit of de persoon het leuk of niet leuk vindt om een taak uit te voeren. Dit kan gekoppeld worden aan intrinsieke motivatie. Als een persoon de taak leuk vindt, zal de concentratiespanne bij deze taak hoger zijn, dan bij het uitvoeren van een minder leuke taak. De omringende afleidingen zijn dan veel minder aantrekkelijk, omdat het uitvoeren van de leuke taak al voldoening biedt (Laurel S. Morris, 2022). De moeilijkheidsgraad van de taak is ook van invloed. Een persoon die moeite heeft met een taak, raakt veel sneller afgeleid dan een persoon die geen moeite heeft met het uitvoeren van de taak (Laurel S. Morris, 2022). Vermoeidheid (Faber, Maurits, & Lorient, 2012), honger (Afridi, Barooah, & Somanathan, 2019), geluid (Monteiro, Tomé, Neves, Silva, & Rodrigues, 2018), emotionele stress (Sänger, Bechtold, Schoofs, Blaszkewicz, & Wascher, 2014), concentratiestoornissen zoals ADHD en ADD (Wilens & Spencer, 2013) en bepaalde medicatie (Tieleman, 2020) beïnvloeden het concentratievermogen negatief. Ook de leeftijd heeft invloed op het concentratievermogen, jonge kinderen hebben vaak meer moeite met concentreren dan volwassenen en naar mate mensen ouder worden neemt het concentratievermogen weer af (Francesca C. Fortenbaugh, 2015). Het concentratiever-

ermogen kan gemeten worden met verschillende testen, zoals de d2-test of de Bourdon-Vos test (Brickenkamp & Oosterveld, D2 aandachts- en concentratietest: Handleiding, 2014).

2.5 Bourdon-Vos test

Met de Bourdon-Vos test kan de aandacht en het concentratievermogen van kinderen van 6 tot 17 jaar gemeten worden. De test heeft 33 regels met 24 stipfiguren. De Participanten moeten zo snel mogelijk de figuren met 4 stippen wegstrepen. Hiermee meet de test de snelheid en nauwkeurigheid. De normen van deze test zijn erg verouderd, daarom is niet voor deze test gekozen (van der Wurff, Meijs, Hurks, Resch, & de Groot, 2019).

2.6 Continuous Performance Test (CPT):

De Continuous Performance Test is een test die aandacht en concentratie meet. Bij deze test moet de deelnemer gedurende een bepaalde tijd op een computerscherm naar een aantal stimuli kijken. De deelnemer moet telkens reageren op bepaalde doelstimuli, zoals bijvoorbeeld door op de spatiebalk te drukken wanneer de letter 'X' in beeld komt (Rosvold, Mirsky, Sarason, Bransome, & Beck, 1956). Er is niet voor deze test gekozen omdat deze specifiek op een computer moet worden afgenomen, door middel van een speciaal programma.

2.7 d2-test

De d2-test is een test die de visuele aandacht, snelheid van informatieverwerking en het concentratievermogen meet, ontworpen door Rolf Rickenkamp. In Duitstalige landen is de test al vele jaren het meest gebruikte instrument voor het diagnosticeren van concentratiestoornissen of problemen. Sinds 2007 wordt de d2-test ook in Nederland gebruikt. De test meet zowel kwantitatieve als kwalitatieve aspecten van aandacht. Bij het kwantitatieve aspect van de d2-test gaat het om de absolute prestatie, terwijl bij het kwalitatieve aspect van de d2-test de focus ligt op de gemaakte fouten en de aard daarvan. Bepaalde combinaties van kwantiteit en kwaliteit zijn ongebruikelijk, waardoor invalide testresultaten geïdentificeerd kunnen worden (Brickenkamp & Oosterveld, 2014). Tijdens dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van een eigen gemaakte d2-test. De oorspronkelijke test bestaat uit 14 regels met elk 47 stimuli. De stimuli bestaan uit een combinatie van de letters d, b of p gecombineerd met één tot vier apostroftkens (zie figuur 3). Deze versie heeft 30 regels met elk 20 stimuli. Elke 'd' met twee apostroffen moet worden omcirkeld. De testnaam verwijst hiernaar en wordt daarom niet met een hoofdletter geschreven. Er is voor een d2-test gekozen omdat deze test gemakkelijk na te bootsen is. Ook zijn er voor de participanten geen bepaalde vaardigheden vereist. De stimuli zijn zo eenvoudig te herkennen dat de test kan worden uitgevoerd bij mensen van negen tot tachtig jaar oud. De d2-test wordt veel gebruikt door kinderpsychologen om concentratieproblemen te meten. De normen van de d2-test zijn in 2020 vernieuwd (Brickenkamp & Oosterveld, D2 aandachts- en concentratietest: Handleiding, 2014)

Met de d2-test kunnen verschillende scores berekend worden:

- Concentratie prestatie (CP): een maat voor de verwerkingssnelheid die gecorrigeerd is door het aantal gemaakte fouten.
- Omissiefouten (F1): het aantal overgeslagen doelstimuli.
- Commissiefouten (F2): het aantal geselecteerde tekens dat

geen doelstimuli is. Commissiefouten komen niet vaak voor, dus het kan zijn dat als een deelnemer meerdere commissiefouten heeft gemaakt, hij of zij de instructies niet goed heeft begrepen.

- Foutpercentage (F%): wordt berekend door het totaal aantal Omissiefouten en Commissiefouten te delen door het totaal verwerkte doelstimuli (VS). Het Foutpercentage wordt voornamelijk bepaald door het aantal omissiefouten.

2.8 Medicijngebruik en ADHD/ADD

Iemand met ADHD is snel afgeleid en heeft moeite met concentreren. ADD is een subvorm van ADHD. In tegenstelling tot ADHD is iemand met ADD vaak rustiger en dromerig, terwijl iemand met ADHD vaak hyper en druk is (Hersenstichting, sd). Op scholen wordt vaak veel van kinderen verwacht, wat voor kinderen met ADHD vaak erg lastig is vanwege de vele prikkels. Als een kind de classificatie van ADHD krijgt, kan hier rekening mee worden gehouden. (Nederlands Jeugdinstituut, sd). ADHD-medicatie helpt bij het verminderen van afleidingen en stelt iemand met ADHD in staat zich beter te concentreren op een bepaalde opdracht (Cleveland Clinic).

2.9 Telefoongebruik

Toenemend telefoongebruik heeft een negatieve impact op het concentratievermogen. De constante prikkels op een telefoon, hebben het vermogen om een persoon uit zijn concentratie te halen (Stigchel, 2023). Telefoongebruik zorgt ook voor een verhoging van dopamine en hersenactiviteit (Haynes, 2018). In de enquête is gevraagd of de participanten snel afgeleid worden door hun telefoon tijdens het maken van huiswerk, omdat dit kan helpen een inschatting te maken van het concentratievermogen van de participant.

3. Materialen

- d2-test

Er is om het concentratievermogen te bepalen een d2-test gebruikt. Deze wordt afgenomen op papier.

- Laptop met Instructiefilmpje + White Noise

Voor de instructie voor de participanten om te test te maken, is er een instructiefilmpje gemaakt. Er zijn 2 instructiefilmpjes gemaakt. Eén zonder White Noise bij het tweede gedeelte en één met White Noise bij het tweede gedeelte (zie figuur 2).

- Enquête

Om een idee te krijgen van de validiteit van de test en het concentratievermogen op de dag dat de participant de test afneemt, is van tevoren een enquête afgenomen (zie figuur 1). De gegevens van de enquête worden anoniem behandeld, voor het onderzoek. Deze enquête bevat vragen over de leeftijd van de participanten. Zo is het zeker dat deze onderzoeksgroep representatief is voor de doelgroep die wordt onderzocht. De doelgroep van het onderzoek heeft een leeftijd tussen de 11 en 13 jaar. Het geslacht van de participanten wordt ook gevraagd in de enquête. Om te zorgen dat er ongeveer gelijke representatie is vanuit alle geslachten, aangezien onze doelgroep ook alle geslachten bevat. Een aantal medicijnen (medicatie voor AD(H)D, slaapmiddelen, kalmerende middelen en middelen tegen psychische stoornissen, pijnstillers, spierverslappende medicijnen, allergie/hooikoorts medicijnen en een aantal hoestmiddelen) kunnen invloed hebben op het concentratievermogen (Tieleman, 2020). Deze resultaten zijn daarom niet valide en worden niet meegenomen in het onderzoek. Er wordt ook gevraagd of de participant concentratieproblemen

heeft. Deze resultaten zijn dan niet valide. Ook worden er een aantal vragen gesteld om het concentratievermogen in het algemeen en op de dag zelf te bepalen. Dit wordt bepaald aan de hand van een aantal indirecte vragen. Iedereen heeft een andere inschatting van zijn of haar concentratievermogen, maar door een vraag te stellen zoals 'Hoe lang kan je je normaal gezien concentreren?' en 'Word je snel afgeleid door je telefoon tijdens het huiswerk maken?', kan de inschatting bij het onderzoek in een meer algemene zin bepaald worden. Hiermee wordt rekening gehouden bij het bekijken van de resultaten van de participant: als het gemiddelde van de cijfers van de enquête een onvoldoende is, wordt deze als niet valide beschouwd. Er kan dan geconstateerd worden, dat de persoon een erg lage concentratie heeft. Ook wordt er gevraagd welk vak de leerlingen voor het maken van de test hadden. Als dit voor het afnemen van beide testen hetzelfde is, heeft deze factor geen invloed. Tot slot wordt er gevraagd of de leerlingen bekend zijn met White Noise, omdat dit ook van invloed kan zijn op de resultaten. Leerlingen die gewend zijn aan het geluid van de White Noise, kunnen meer positieve effecten ervaren van de White Noise. Als de leerlingen de White Noise voor de eerste keer horen is dit voor hen een vreemd geluid, waardoor er eerst gewinning op moet treden. Na afloop van de test is aan de participanten gevraagd of zij dyslexie hebben. Participanten met dyslexie hebben namelijk moeite met d, b en p's uit elkaar halen en kunnen de d2-test als moeilijk ervaren. Deze resultaten zijn niet meegenomen in het onderzoek (Lachmann & Geyer).

- Koptelefoons

Voor het afspelen van het filmpje worden er koptelefoons gebruikt. Er zijn binnen de groepen dezelfde koptelefoons gebruikt, maar de koptelefoons van groep A vergeleken met groep B zijn niet van hetzelfde merk. De participanten zetten bij beide tests de koptelefoons op. Dit wordt gedaan voor zowel de test met White Noise als voor de test zonder White Noise, zodat deze variabele geen invloed heeft.

- Participanten

De participanten van het onderzoek zijn middelbare school scholieren tussen de 11 en 13 jaar van het eerste leerjaar havo/vwo afkomstig van Het Erasmus en het Pius-X-college in Almelo. Dit is een van de doelgroepen die nog niet is onderzocht met betrekking tot de voordelen van White Noise voor het concentratievermogen, daarom is voor deze doelgroep gekozen.

4. Methode

De participanten werden opgedeeld in twee groepen. Groep A die als eerst de d2-test met White Noise (A1) maakte en één week later zonder White Noise (A2) en groep B die als eerst de d2-test zonder White Noise maakte (B1) en precies één week later de d2-test met White Noise maakte (B2). Beide groepen maakten de eerste keer dezelfde test. Deze test werd vervolgens aangepast zodat het aantal doelstimuli in een regel hetzelfde bleef, maar de doelstimuli zich niet op dezelfde plek bevonden als test 1. Dit is gedaan om herkenning te voorkomen. De participanten vulden eerst een enquête in. Daarna kregen ze een instructiefilmpje op hun eigen laptop te zien waarop uitgelegd werd wat de bedoeling was van de d2-test. Vervolgens maakten ze op papier de d2-test waarbij ze zoveel mogelijk d2-tekentjes op een regel weg te strepen. Eén week later kregen de participanten opnieuw dezelfde enquête en hetzelfde filmpje te zien. Dit filmpje is wel bij beide groepen aangepast of ze de d2-test met of zonder White Noise maakte. Bij het filmpje

voor de d2-test die met White Noise wordt gemaakt, wordt aan het einde van het filmpje White Noise afgespeeld waarbij elke 10 seconden een piepje klinkt. Door het piepje weten de participanten dat ze bij de volgende regel van de d2-test moeten beginnen. Voor het filmpje dat voor de d2-test, die wordt gemaakt bij de test waarbij geen White Noise wordt afgespeeld, wordt er aan het einde van het instructiefilmpje alleen om de 10 secondes een piepje afgespeeld, als signaal dat de participanten naar de volgende regel van de d2-test verder moeten gaan. Voorafgaand is het onderzoek bij 5 havoleerlingen van 13 jaar getest. Hieruit bleek dat 10 seconden precies genoeg tijd is om een regel af te ronden, daarom is gekozen voor een interval van 10 seconden.

Om te bepalen of het concentratievermogen wordt beïnvloed door White Noise worden de resultaten van groep A vergeleken met groep B. Hier wordt alleen gekeken naar het verschil tussen de scores zonder White Noise en die met White Noise. Dit betekent dat wordt onderzocht of de test bij groep A beter werd gemaakt met White Noise tijdens de eerste keer, en of de test bij groep B beter werd gemaakt met White Noise tijdens de tweede keer. De d2-test heeft dezelfde normering als die van het origineel. De Nederlandse en Duitse d2-test zijn inhoudelijk identiek, daarom worden de resultaten van de participanten vergeleken met de norm scores van Duitse schoolkinderen uit dezelfde leeftijdsgroep. De scores van de d2-test geven een indruk van de prestatie van een kind, maar er wordt ook rekening gehouden met de resultaten van de afgenomen enquête. Een F% score lager dan 11% wordt beschouwd als een bovengemiddeld goed concentratievermogen, terwijl een score hoger dan 11% als onder gemiddeld wordt beschouwd (de Vries, 2017). De gemiddelde score van de concentratie gerelateerde vragen in de enquête moet hoger zijn dan 5,5. Anders wordt de test als niet valide gezien. Een onvoldoende score bij het gemiddelde en/of het ervaren van concentratieproblemen worden ook niet als valide beschouwd voor het onderzoek. Medicijngebruik van tabletten die het concentratievermogen beïnvloeden zijn ook niet valide.

5. Resultaten

Groep A heeft 50 participanten. Deze groep participanten leverde 38 bruikbare resultaten op. De overige resultaten waren niet bruikbaar om de volgende redenen: de test is verkeerd begrepen of ze waren afwezig bij de afname van de eerste of de tweede test. Een enkele participant had dyslexie. Van de participanten, waarvan de resultaten wel valide zijn is het gemiddelde foutenpercentage van de eerste toets (A1), met White Noise, 28,4% en de CP 49,9. De tweede toets (A2), zonder White Noise, heeft een gemiddeld foutenpercentage van 18,6% en een CP van 68,0. Vervolgens is het verschil in foutenpercentage per individu uitgerekend. Van deze verschillen is het gemiddelde -9,35%. Het gemiddelde van de verandering in de individuele CP is 18,6. Dit betekent dat de test waarbij White Noise wordt afgespeeld een foutenpercentage heeft wat 9,35% lager ligt en de CP ligt 18,6 lager. Bij 36 leerlingen was de tweede test beter gemaakt. Bij 2 leerlingen was de tweede test slechter gemaakt. Van de bruikbare resultaten is 68,4% man en 31,6% vrouw. 13,2% van de participanten is 11 jaar. 76,3% is 12 jaar en 10,5% is 13 jaar. Het gemiddelde cijfer voor de vragen met betrekking tot de concentratie was bij de eerste test 6,9, en bij de tweede test was dit 7,2. De test werd bij twee verschillende klassen uitgevoerd. Alle participanten hadden bij de eerste test en tweede test hetzelfde vak en

dezelfde docent het uur voordat de test werd afgenomen. De participanten zaten ook weer op dezelfde plek in het klaslokaal en de test werd op hetzelfde tijdstip afgenomen. Deze factor heeft dus geen invloed gehad. Klas 1 had de twee d2-testen om 9.00 klas 2 had de twee d2-testen om 13.30. Ook waren er in deze groep geen participanten die bekend waren met White Noise of eerder White Noise gebruikt hebben.

Groep B bestond uit 30 participanten. Deze groep leverde 14 bruikbare resultaten op. De overige resultaten waren niet volledig ingevuld, wat concludeerde in invalide testresultaten. Er waren geen participanten met andere factoren die van invloed konden zijn op het concentratievermogen. Er was echter één participant met $F2 > 100$, wat erop kan wijzen dat deze participant de instructies mogelijk niet goed heeft begrepen. Bij de eerste afname (B1) van de d2-test zonder White Noise, werd een F% van 33,2% behaald. Bij de tweede afname (B2) van de d2-test met White Noise, bedroeg het F% 23,4%. Groep B heeft de d2-test de tweede keer beter gemaakt dan de eerste keer. Er wordt vooral gekeken naar de individuele verandering van F%. Alle participanten hadden bij de d2-test met White Noise een lager F%. Gemiddeld is het F% bij groep B met 10,4% afgenomen. 80% van de participanten van groep B is 12 jaar. 20% is 13 jaar. Groep B heeft als gemiddelde score bij de enquête bij de eerste test 6,6 en bij de tweede test 6,8. De participanten hebben de testen om 8.20 uitgevoerd. Geen van de participanten was vooraf bekend met White Noise.

Uiteindelijk is er alleen een concrete conclusie kunnen geven over de verandering van F% en is er niet gekeken naar de norm scores van de F%. De scores van beide groepen zaten namelijk ver boven de normscore. De normscore waarmee de resultaten zouden worden vergeleken is 11%, omdat beide groepen hier sterk boven zaten (Groep A1: 28,4%, Groep A2: 18,6%, Groep B1: 33,2%, Groep B2: 23,4%). Hierdoor kan worden uitgesloten dat deze verhoogde scores door toeval zijn ontstaan. De hoge F%-scores kunnen zijn ontstaan door een te korte tijd per regel tijdens de d2-test, of doordat de d2-test zelf is gemaakt. Er werd gebruik gemaakt van een zelfgemaakte d2-test, in verband met de kosten van een commerciële d2-test. Deze test is echter niet eerder gebruikt in grote onderzoeken, waardoor de validiteit ook nog niet is onderzocht, in tegenstelling tot de officiële d2-test die een betrouwbaarheid van .80 tot hoger dan .96 heeft (Baghaei et al., 2018).

De CP van groep B is verkeerd berekend. Hierbij is het totale aantal tekens verminderd met het aantal fout geselecteerde tekens berekend, in plaats van het aantal correct geselecteerde tekens verminderd met het aantal fout geselecteerde tekens. Om deze reden kan de CP van groep B niet vergeleken worden met de CP van groep A, waardoor hier geen conclusie uit getrokken kan worden. Uiteindelijk is er daarom alleen gekeken naar het foutenpercentage (F%) van de twee groepen.

6. Conclusie

Groep A had een percentuele verandering van F% van 9,35% lager bij de tweede afname en groep B had bij de tweede afname een percentuele verandering van 10,40% lager. Dat wil zeggen dat beide groepen de d2-test de tweede keer beter hebben gemaakt. Wel is bij groep A F% de eerste keer 4,80% lager dan bij groep B. Hieruit zou geconcludeerd kunnen worden dat White Noise helpt het concentratievermogen te verbeteren. Maar doordat bij beide groepen de d2-test de tweede keer beter is gemaakt kan er geen duidelijke en valide conclusie gegeven worden of White Noise effect heeft op het concentratievermo-

gen van havo/vwo scholieren van 11 t/m 13 jaar. Er is verder onderzoek nodig om dit te concluderen, omdat de opzet van dit onderzoek dit achteraf niet kan beantwoorden.

7. Discussie

Bij dit onderzoek is er alleen gekeken naar de F% en niet naar de CP van de d2-test. Door bij een volgend onderzoek te kijken naar de F% en de CP kan er een betrouwbaardere conclusie gegeven worden.

Tijdens het nakijken van de d2-test kunnen er per ongeluk een paar kleine fouten gemaakt zijn. Bijvoorbeeld bij het optellen van de fouten, of er zijn goede of foute antwoorden overgeslagen. Hierin kan dus een kleine variatie zitten, maar dit is zeer minimaal. Bij een volgend onderzoek kunnen de testen door meerdere personen worden nagekeken, waardoor de resultaten betrouwbaarder zijn, aangezien de kans dat er fouten worden gemaakt tijdens het nakijken, verkleind wordt.

White Noise werkt optimaal bij een geluidssterkte van 55 decibel (Spencer, Moran, Lee, & Talbert, 1990). De geluidssterkte is echter lastig te bepalen, aangezien dit verschilt per koptelefoon en koptelefoon. Na verder onderzoek te doen met een decibelmeter app is er vastgesteld dat het volume 30 op de laptop ongeveer overeenkomt met dit aantal dB. Er is bij dit onderzoek de koptelefoon aangesloten op de laptop en White Noise afgespeeld. En de decibelmeter bij de koptelefoon gehouden. Echter is er hierdoor een ruime inschatting gekregen die niet heel nauwkeurig is. Ook verschilt de geluidssterkte (dB) per laptop en koptelefoon als je het instelt op volume 30. Echter, zijn deze verschillen wel minimaal. Voor toekomstig onderzoek zou het beter zijn om deze variabelen nauwkeuriger vast te stellen om hun invloed op het onderzoek te minimaliseren. De kwaliteit van de White Noise die werd afgespeeld is niet bekend. Bij toekomstig onderzoek kan een Fourieranalyse worden uitgevoerd om te controleren of de White Noise een constante intensiteit heeft bij alle hoorbare frequenties. Ook kan het zijn dat 10 secondes per regel voor de d2-test een te korte tijd was. “Het vooronderzoek was beperkt tot slechts 5 participanten, waardoor de betrouwbaarheid ervan beperkt is. De tijd per regel zou bij een volgend onderzoek beter onderzocht kunnen worden, opdat dit passend is voor de d2-test.

De participanten moesten de bladzijde van de d2-test omslaan om naar de volgende pagina te gaan. Hierdoor kan het F% van de eerste regel van de pagina's hoger liggen. Dit is echter bij beide tests gebeurd. Dit kan resulteren in een hoger gemiddelde van de tests, maar het verschil tussen de twee tests is hierdoor waarschijnlijk niet veel veranderd. Echter, participanten konden zich de tweede keer al realiseren dat ze snel de bladzijde moesten omslaan, waardoor het F% in de eerste regel mogelijk wat lager lag. Voor een volgend onderzoek zouden er een aantal extra seconden worden gegeven om de bladzijde om te slaan.

Andere factoren, zoals het stressniveau van de participanten, zouden de resultaten van de test ook beïnvloed kunnen hebben. De gemiddelde score van de enquête was bij groep A bij de eerste test 6,9 en bij de tweede test 7,2. De enquête-score heeft bij de tweede test van groep A dus een score van 0,3 hoger. Groep B heeft als gemiddelde score bij de enquête bij de eerste test 6,6 en bij de tweede test 6,8. De tweede enquête-score is dus 0,2 hoger bij groep B. Hierdoor ligt het concentratievermogen bij de tweede test iets hoger bij zowel groep A als B. Het zou ook kunnen dat de participanten bij de tweede keer al bekend waren met de test en daardoor minder zenuwachtig waren

en hogere cijfers in hebben gevuld in de enquête. Ook kan het bijvoorbeeld komen door persoonlijke omstandigheden, zoals uitgerustheid.

Ook is de enquête niet helemaal nauwkeurig en daardoor niet helemaal valide. Vragen zoals ‘Hoe uitgerust voel je je vandaag?’ interpreteren de participanten individueel anders, waardoor het ook niet zo betrouwbaar is om hier een gemiddelde van te nemen. Met bijvoorbeeld HRV (Heart Rate Variability) kan het stressniveau beter uitgesloten worden (Kim, Cheon, Bai, Lee, & Koo, 2018). Dit kan ook beter gebruikt worden bij een volgend onderzoek. Ook kon er aan het einde van de enquête worden gevraagd hoe leuk en hoe moeilijk/makkelijk de enquête was. Dit had kunnen helpen met het incalculeren of de betreffende participant sneller afgeleid raakt.

Om uit te sluiten of de leercurve van de d2-test invloed heeft gehad op de resultaten zou gebruik gemaakt moeten worden van een derde groep (groep C). Deze groep zou dan de eerste en tweede keer geen White Noise te horen hebben gekregen. Als bij groep C ook de d2-test de tweede keer beter is gemaakt kan geconcludeerd worden dat er of te weinig tijd tussen het uitvoeren van de testen zit of dat de leercurve van de d2-test te groot is om te onderzoeken of White Noise effect heeft op het concentratievermogen. Bij beide groepen is namelijk de d2-test de tweede keer beter gemaakt. Om te kijken of de d2-test de tweede keer beter wordt gemaakt, ongeacht de White Noise, zou er een derde groep met participanten onderzocht moeten worden. Deze groep participanten zouden twee keer de d2-test moeten maken en beide keren zonder White Noise. Als de tweede test dan ook beter wordt gemaakt, kan er geconcludeerd worden dat de methode van dit onderzoek niet valide is, aangezien er dan niet hetgeen wordt gemeten, wat er gemeten moest worden.

Binnen het onderzoek is er gebruik gemaakt van 2 verschillende groepen participanten. De groep van Het Erasmus en de groep van het Pius-x-college, deze hadden ook andere omstandigheden, zoals een ander merk koptelefoons en een andere omgeving waar ze de test afnamen. Dit kan ook invloed hebben op de resultaten. Ook zijn de 2 groepen met participanten te klein om een conclusie te trekken over de hele doelgroep van scholieren tussen de 11 t/m 13 jaar, waardoor het onderzoek minder betrouwbaar is. Van de 52 participanten waren er 5 11 jaar 41 participanten 12 jaar en 7 participanten 13 jaar, waardoor de spreiding van de leeftijd niet verdeeld is en het minder betrouwbaar is om een conclusie te trekken voor de groep scholieren van 11 en 13 jaar, aangezien er een laag aantal participanten deze leeftijd hadden. De onderzochte groep moet wel representatief zijn voor de doelgroep, een gelijke spreiding van de leeftijden zou daarom passender zijn. Ook zijn deze participanten allemaal woonachtig in de regio Twente, waardoor de resultaten ook plaatsgebonden kunnen zijn. Voor een volgend onderzoek kan de spreiding van de leeftijd en geslacht meer verdeeld zijn. Ook kan er op verschillende plaatsen in Nederland dit onderzoek uitgevoerd worden, zodat het onderzoek meer representatief is voor de doelgroep.

Tussen het maken van de twee d2-testen, zat er een week tijdsverschil. Dit is gedaan, zodat de participanten weer opnieuw moesten wennen bij het maken van de d2-test. In een week kan er veel gebeuren wat invloed heeft op de fysieke en mentale staat van de participant. De belangrijkste variabelen die invloed hebben met betrekking tot het concentratievermogen, zoals uitgerustheid, zijn uitgesloten door middel van de enquête. Mogelijke andere variabelen van de fysieke en men-

tale toestand van de participanten kunnen ook invloed hebben gehad op de resultaten.

Groep A bestond uit twee klassen. Deze klassen hebben allebei de test op een ander moment gemaakt. Het dagdeel heeft invloed op de concentratie. Bij een volgend onderzoek kunnen de klassen de toets op hetzelfde moment uitvoeren, zodat de tijd van de dag geen invloed heeft.

8. Bibliografie

(sd). Opgehaald van Hersenstichting.

Afridi, F., Barooah, B., & Somanathan, R. (2019). Hunger and Performance in the Classroom. Institute of Labor Economics.

Arbocatalogus PO. (sd). klaslokaal - Lawaai. Opgehaald van Arbocatalogus PO.

Awada, M., Becerik-Gerber, B., Lucas, G., & Roll, S. (2022). Cognitive performance, creativity and stress levels of neurotypical young adults under different white noise levels. *Scientific Reports*.

Baghaei, P., Ravand, H., & Nadri, M. (2018). Is the D2 test of Attention Rasch scalable? Analysis with the Rasch Poisson Counts model. *Perceptual and Motor Skills*.

Barozzi, S., Ambrosetti, U., Callaway, S., Behrens, T., Passoni, S., & Del Bo, L. (2017). Effects of Tinnitus Retraining Therapy with Different Colours of Sound. *National Library of Medicine*.

Boynton, E. (2020, Mei 13). What is Pink Noise. Opgehaald van Right as Rain by UW Medicine: <https://rightasrain.uwmedicine.org/body/rest/pink-noise>

Brickenkamp, R., & Oosterveld, P. (2014). D2 aandachts- en concentratietest: Handleiding. Amsterdam: Hogrefe Uitgevers B.V., Amsterdam.

Brussaard, P., Buil, S., Eijkelkamp, M., Koopmans, P., Mies, M., Pieters, M., . . . Wielemaker, A. (2022). *Polaris*. Groningen: Boom voortgezet onderwijs.

Care, I. f. (2006). Hearing loss and deafness: Normal hearing and impaired hearing. Cologne, Germany: *National Library of Medicine*.

Carter, Mancini, Bruce, & Ron. (2009). *Amps for Everyone*. Texas.

Cleveland Clinic. (sd). ADHD Medication.

David Anderson, D. B. (2016). *University Physics Volume 1*. Commons Attribution 4.0 International (CC BY) .

de Vries, J. (2017). d2 aandachts- en concentratie-test: report. Amsterdam: (de Vries, 2017).

De Vries, M., & Te Winkel, L. A. (1864-2001). *Woor-denboek der Nederlandsche Taal*. Nederland, België: Abraham Wertheim.

Donadio, M. (2011). *How to Generate White Gaussian Noise*. Iowegan International Corp.

Ebben, M. R., Yan, P., & Krieger, A. C. (2021, November 8). The effects of white noise on sleep and duration in individuals living in a high noise environment in New York City. *Science Direct*. Opgehaald van Sleep foundation: <https://www.sleepfoundation.org/noise-and-sleep/white-noise>

Faber, L. G., Maurits, N. M., & Lorist, M. M. (2012). Mental Fatigue Affects Visual Selective Attention. *National Library of Medicine*.

Francesca C. Fortenbaugh, a. J. (2015). Sustained attention across the lifespan in a sample of 10,000: Dissociating ability and strategy. *National Library of Medicine*.

Godman, H., & Sy, P. (2023, Oktober 12). What Is

Brown Noise? 3 Potential Benefits. Opgehaald van Health US News: <https://health.usnews.com/health-care/patient-advice/articles/what-is-brown-noise>

Haynes, T. (2018, Mei 1). Dopamine, Smartphones & You: A battle for your time. Opgehaald van Harvard University: <https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2018/dopamine-smartphones-battle-time/>

Henderson, J., & Nigg, J. (2010). Cognitive Control and Attentional Selection in Adolescents with ADHD Versus ADD. *Taylor Francis*.

Hersenstichting. (sd). Aandachtsproblemen. Opgehaald van Hersenstichting: <https://www.hersenstichting.nl/gevolgen-van-een-hersenaandoening/problemen-met-aandacht/>

Junhong Zhou 1, D. L. (2012). Pink noise: effect on complexity synchronization of brain activity and sleep consolidation. *National Library of Medicine*.

Kim, H.-G., Cheon, E.-J., Bai, D.-S., Lee, Y. H., & Koo, B.-H. (2018). Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature. *National Library of Medicine*.

Lachmann, T., & Geyer, T. (sd). Is the case really closed? A critical review and conclusions. *ResearchGate*.

Laurel S. Morris, M. M. (2022). On what motivates us: a detailed review of intrinsic v. extrinsic motivation. *National Library of Medicine*.

Ludovico, M., Luigi, T.-m., Scott, A. S., Melania, M., Ali, A., & David, W. (2017). Broadband Sound Administration Improves Sleep Onset Latency in Healthy Subjects in a Model of Transient Insomnia. *PubMed*.

Meijs, C. (2018). *WOBBLE* onderzoek. Welten-instituut.

Monteiro, R., Tomé, D., Neves, P., Silva, D., & Rodrigues, A. M. (2018). The Interactive Effect of Occupational Noise on Attention and Short-Term Memory: A Pilot Study. *National Library of Medicine*.

Natuurkunde.nl. (sd). boventonen en frequentiespectrum. Opgehaald van Natuurkunde.nl: <https://www.natuurkunde.nl/opdrachten/2151/boventonen-en-frequentiespectrum>

Nederlands Jeugdinstituut . (sd).

Nelly A. Papalambros, G. S. (2017). Acoustic Enhancement of Sleep Slow Oscillations and Concomitant Memory Improvement in Older Adults. *Frontiers in Human Neuroscience*.

Noise, R. W. (Regisseur). (2018). *White Noise Black Screen | Sleep, Study, Focus | 10 Hours* [Film].

Ohrberg, M. (2012).

Overath, T., Zhang, Y., Sanes, D. H., & Poeppel, D. (2012). Sensitivity to temporal modulation rate and spectral bandwidth in the human auditory system: fMRI evidence. *PubMed Central*.

Pickens, T., Khan, S., & Berlau, D. (2018). White noise as a possible therapeutic option for children with ADHD. *PubMed*.

Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Katz, L. C., LaMantia, A.-S., McNamara, J. O., & Williams, M. S. (2001). *Neuroscience*, 2nd edition. Sunderland: Sinauer Associates.

RIVM. (sd). Grondbeginselen van geluid. Opgehaald van RIVM: <https://www.rivm.nl/ggd-richtlijn-mmk-omgevingsgeluid/achtergronden-wetten-regels-beleid/grondbe->

ginselen-geluid#:~:text=Het%20menselijk%20gehoor%20heeft%20een,mens%20niet%20als%20geluid%20waarnemen.

Rosvold, H., Mirsky, A., Sarason, I., Bransome, E., & Beck, L. (1956). A continuous performance test of brain damage. *Journal of Consulting Psychology*.

Sänger, J., Bechtold, L., Schoofs, D., Blaszkewicz, M., & Wascher, E. (2014). The influence of acute stress on attention mechanisms and its electrophysiological correlates. *National Library of Medicine*.

Schaefer, C., & Millman, H. L. (1994). How to Help Children with Common Problems.

Sezici, E., & Yigit, D. (2017). Comparison between swinging and playing of white noise among colicky babies: A paired randomised controlled trial. *PubMed*.

Spencer, J., Moran, D., Lee, A., & Talbert, D. (1990). White Noise and sleep induction. *Pub Med Central*.

Stigchel, S. v. (2023, Januari 9). Smartphone is boosdoener voor ons concentratievermogen. Opgehaald van EO: <https://www.eo.nl/artikel/smartphone-is-boosdoener-voor-ons-concentratievermogen>

Terry L. Wiley, R. C. (2008). Changes in Hearing Thresholds over 10 Years in Older Adults. *National Library of Medicine*.

The Star. (2022, September 7). White noise may be all the rage on TikTok, but can it really aid concentration? Opgehaald van The Star: <https://www.thestar.com.my/tech/tech-news/2022/09/07/white-noise-may-be-all-the-rage-on-tiktok-but-can-it-really-aid-concentration>

Tieleman, D. (2020). Anticonceptiegebruik, Eigen Effectiviteit en Motivatie. Amsterdam: Vrije Universiteit Amsterdam.

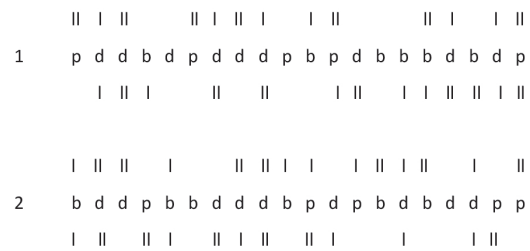
UMC Utrecht. (sd). Oorsuizen. Opgehaald van UMC Utrecht: <https://www.umcutrecht.nl/nl/ziekte/oorsuizen>
van der Wurff, I., Meijs, C., Hurks, P., Resch, C., & de Groot, R. (2019). The influence of sensory processing tools on attention and arithmetic performance in Dutch. *Elsevier*.

Warji, E., & Dsilva, F. (2022). Impact of a white noise app on sleep quality among critically ill patients. *PubMed*.
Wilens, T. E., & Spencer, T. J. (2013). Understanding Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder From Childhood to Adulthood. *National Library of Medicine*.

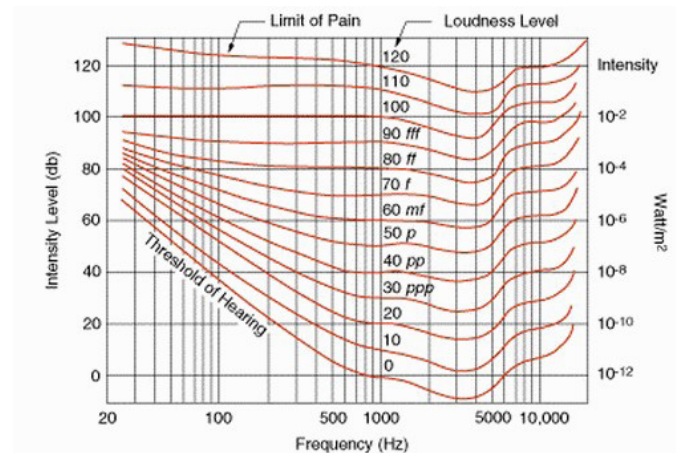
Yan, P., Ebben, M., & Krieger, A. (2021). The effects of white noise on sleep and duration in individuals living in a high noise environment in New York City. *New York City: PubMed*.

Yoon, H., & Baek, H. J. (2022). External Auditory Stimulation as a Non-Pharmacological Sleep Aid. *National Library of Medicine*.

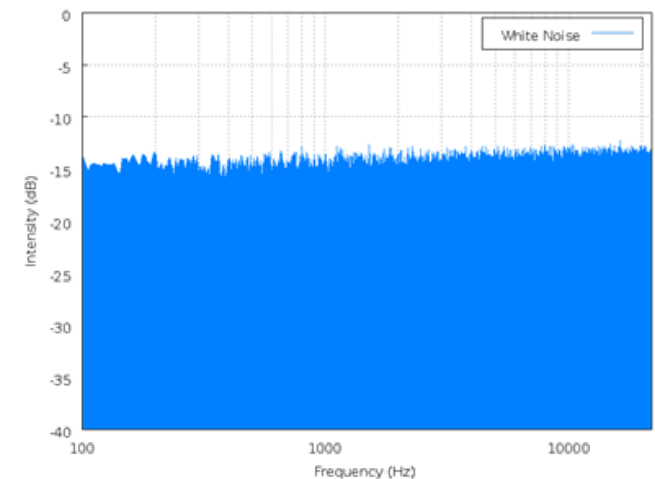
9. Figuren



Figuur 3 - 2 Willekeurige regels van de d2-test



Figuur 4 - De gehoordrempel (dB)/(Watt/m²) uitgezet tegen de frequentie (Hz)



Figuur 5 - De intensiteit van White Noise (dB) uitgezet tegen de frequentie (Hz) (Mick Ohrberg, 2012)

Vragen voorafgaand aan de test

Naam:

Wat is je leeftijd?

.....

Wat is je geslacht?

Man vrouw

Gebruik je medicijnen die het concentratievermogen kunnen beïnvloeden? (bijv. medicatie voor AD(H)D, slaapmiddelen, kalmerende middelen en middelen tegen psychische stoornissen, pijnstillers, spierverslappende medicijnen, allergie/hooikoorts medicijnen en een aantal hoestmiddelen)

.....

Heb je concentratieproblemen?

- ☐ Ja
☐ Nee

Hoe uitgerust voel je je vandaag?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Voel je je zenuwachtig? Heb je bijvoorbeeld net een toets/presentatie of iets anders gehad waardoor je je zenuwachtig voelde?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Hoe lang kan je je normaal gezien concentreren?

10- minuten 10-20 minuten 20-30 minuten 30-40 minuten 40+ minuten

Kan je je tijdens de lessen goed concentreren?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Word je snel afgeleid door je telefoon tijdens het huiswerk maken?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Welk vak had je hiervoor?

.....

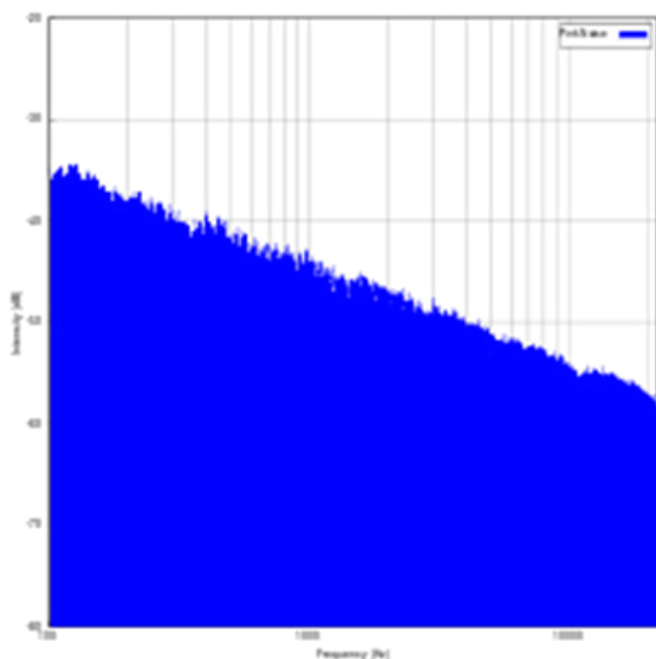
Gebruik je White Noise tijdens het leren? Ben je er bekend mee?

.....

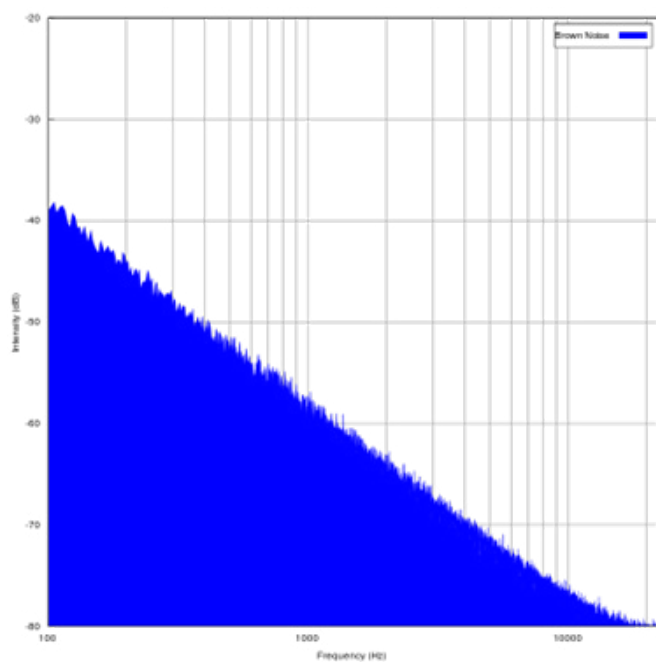
Figuur 1 - Enquête vooraf aan de d2-test

Bedankt dat je meedoet met ons onderzoek. We zijn bezig met ons onderzoek over het effect van White Noise op het concentratievermogen van scholieren tussen de 11 t/m 14 jaar. Als het goed is heb je net een enquête ingevuld en kunnen we nu beginnen met de test. Laat je blaadje nog even op de kop, maar we gaan wel uitleggen wat erop staat. Als je je blaadje omdraait staan er 6 regels van tekens op 1 bladzijde. De tekens bestaan uit een b, d en een p. boven en onder elk teken staat een bepaald aantal streepjes. I, II, of III. Het is de bedoeling dat je straks bij de test elke d markeert die in totaal 2 streepjes bij zich heeft staan. Hier volgen een paar voorbeelden. (voorbeelden van d's met 2 streepjes). Straks wordt er via de koptelefoon White Noise afgespeeld en hoor je om de 10 seconden een piep. Dat betekent dat je verder moet gaan naar de volgende regel. Het maakt niet uit of je de regel af hebt of niet, alleen bij de piep mag je verder en begin je bij de volgende regel. Na 10 minuten is de test voorbij en lever je de test in. Zet het filmpje op pauze en schrijf op elke blaadje je naam. Als het goed is staat nu op elke blaadje je naam en kun je beginnen met de test. Als je nog vragen hebt, zet het filmpje dan nu op pauze.

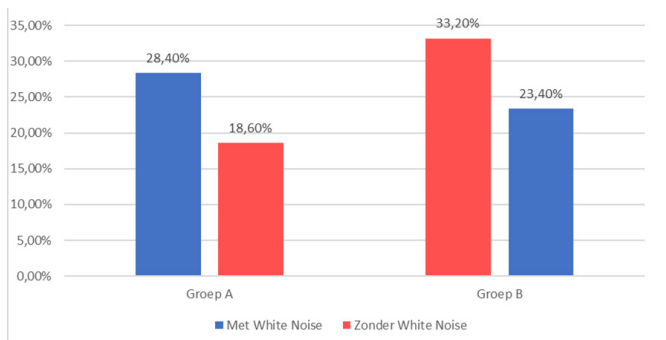
Figuur 2 - Script voor het instructiefilmpje



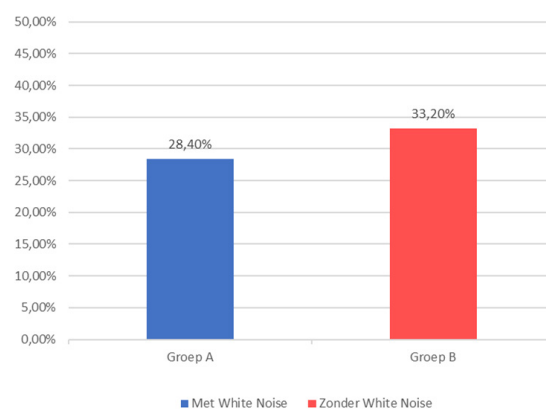
Figuur 6 - De intensiteit van Pink Noise (dB) uitgezet tegen de frequentie (Hz) (Mick Ohrberg, 2012)



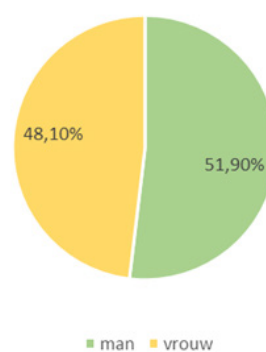
Figuur 7 - De intensiteit van Brown Noise (dB) uitgezet tegen de frequentie (Hz) (Mick Ohrberg, 2012)



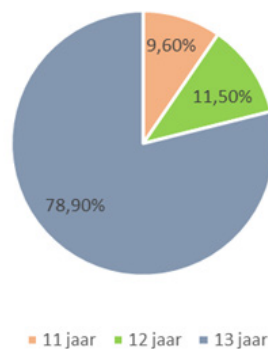
Figuur 8 - Vergelijking van het gemiddelde foutenpercentage



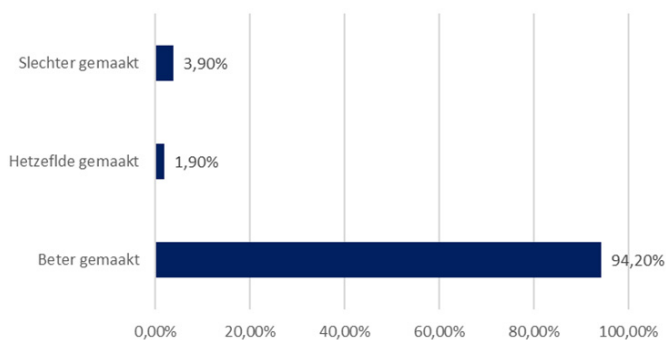
Figuur 9 - Vergelijking van het gemiddelde foutenpercentage eerste afname



Figuur 10 - Percentage participanten man/vrouw



Figuur 11 - Percentage participanten per leeftijdscategorie



Figuur 12 - Percentage verbetering/verslechtering tweede afname d2-test

De invloed van ademhalingsoefeningen op het concentratievermogen van 4-,5- en 6VWO leerlingen

J. Groeneveld¹, M. Kruiper², M. Onstenk³, N. Bout³, L. Einhaus²

¹ Het Stedelijk Lyceum Kottenpark, Enschede

² Het Twickel College, Hengelo

³ Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract – This research tests the influence of breathing exercises on teenagers' ability to concentrate. The results are based on the tests of thirteen Dutch high school students from the upper secondary vwo, aged from 15 to 18 years old, who were part of the experimental group. Next to the experimental group, a control group was used. The nine participants of the control group were aged from 16 to 18 years old. Each participant from the experimental group has taken two d2 tests of attention: one test without performing any breathing exercises and the other test after one week of breathing exercises. Between the two tests, they had a week to perform the breathing exercises daily. The control group did not execute the breathing exercises in between the two tests. The results are determined by looking at the concentration performance score of the participants and at the error rate. The results of the experimental group show that the concentration performance score is increased with 4,83 percent ($p = 0,016$) and that the error rate ($p = 0,194$) is decreased with 14,25 percent. The concentration performance score of the control group increased with 6,97 percent, which is 2,14 percent ($p = 0,004$) higher than the score of the experimental group. The error rate of the control group decreased with 57,11 percent ($p = 0,010$), which is 42,86 percent more than the error rate of the experimental group. Therefore, breathing exercises do not have a positive influence on teenagers' ability to concentrate.

1. Introductie

Concentratie speelt een grote rol voor jongeren op school. Concentratie is ook wel een geïntensiverde vorm van aandacht (Moest & Verweijen, 2013). Aandacht en geheugen zijn van elkaar afhankelijk, aldus Chun en Turk-Browne (2007). Dit betekent dat jongeren aandacht nodig hebben om bijvoorbeeld lesstof op school te onthouden. Op middelbare scholen in Nederland zegt in 2022 ruim een derde van de jongens zowel thuis als op school last te hebben van concentratieproblemen. Daarbij is er bij meisjes tussen 2021 en 2022 een stijging van het aantal concentratieproblemen geweest van 42 naar 48 procent (Stevens et al., 2023). Deze concentratieproblemen zijn zorgwekkend. Voor jongeren zou het beter zijn om minder concentratieproblemen te ervaren, omdat concentratie nodig is om de aandacht op één taak te focussen (Verschuieren & Koomen, 2016). Het vasthouden van concentratie leidt tot hogere prestaties (Barrance, 2020). Door hogere prestaties op school zijn er betere studiekansen voor leerlingen. Uit een eerder onderzoek is gebleken dat meditatie zou kunnen leiden tot een verbetering van de concentratie (Honinx et al., 2023). Naar aanleiding van de gegevens uit het onderzoek van Stevens et al. (2023) is het doel van dit onderzoek om te onderzoeken of concentratieproblemen bij jongeren verminderd kunnen worden door dagelijks kort te mediteren.

2. Theoretisch kader

2.1 Concentratie en volgehouden aandacht

Zoals eerder genoemd, is concentratie volgens Moest en Verweijen (2013) ook wel een geïntensiverde vorm van aandacht. Verschuieren en Koomen (2016) beschrijven concentratie als de bundeling van alle aandacht op één activiteit, het doelgericht focussen, het richten van de aandacht op één taak. Brandhof (2012) geeft een andere beschrijving van het begrip concentratie, namelijk het simpelweg met één ding tegelijkertijd en bewust bezig zijn. Uit bovengenoemde onderzoeken volgt dat deze onderzoeken concentratie alle drie zien als gerichte aandacht. In dit onderzoek wordt concentratie gedefinieerd als volgehouden aandacht. Volgehouden aandacht is ook wel het vermogen om de aandacht erbij te houden, ondanks afleidingen, vermoeidheid of verveling. Volgehouden aandacht is een van de in totaal elf executieve functies. Executieve functies zijn de functies die nodig zijn om taken uit te voeren (Dawson

& Guare, 2009). Dit wil zeggen dat executieve functies nodig zijn om een doel te bereiken. In verschillende situaties zijn er verschillende executieve functies nodig. Ze kunnen gebruikt worden voor bijvoorbeeld het behalen van een voldoende voor een toets of het halen van het rijexamen. De volgehouden aandacht is nodig om taken uit te voeren en af te maken, zelfs tijdens vermoeidheid of afleiding. In dit onderzoek wordt de focus gelegd op het onderdeel volgehouden aandacht, zoals eerder is genoemd. De volgehouden aandacht zal gemeten worden aan de hand van de d2 test.

2.2 Meditatie

Meditatie is een oefening waarbij een individu meestal zijn aandacht of bewustzijn richt op een enkel object, geluid, concept of ervaring (M. West, 1979). Door meditatie neemt de focus en de activiteit in de linker frontale hersenhelft toe. Dit wordt geassocieerd met positieve gevoelens. Ook kunnen personen die hebben gemediteerd zich beter aanpassen aan stressvolle situaties (Duijkers, z.d.). In een onderzoek van Lazar et al. (2005) is er bewezen dat er duidelijke veranderingen te zien zijn in de hersenen van deelnemers die gestart waren met meditatie ten opzichte van niet-mediterende mensen en hun eigen MRI-scans van voor de acht weken durende meditatie. In verschillende delen bleek een duidelijk verandering in de hoeveelheid grijze stof. De meest opvallende resultaten vonden de onderzoekers in de volgende vier hersengebieden: de posterior singularis anterior, de linker hippocampus, de amygdala (figuur 1) en de temporale partiële junctie (figuur 2). De eerste twee zijn van belang voor dit onderzoek, de posterior singularis anterior is onder meer belangrijk voor het verwerken van emoties en het reguleren van het concentratievermogen. In het desbetreffende onderzoek werd hier een vermeerdering van de grijze massa waargenomen. De linker hippocampus speelt een belangrijke rol bij het leervermogen, het verwerken en begrijpen van informatie en de regulatie van emoties. Ook hier bleek na acht weken de grijze massa te zijn toegenomen (Lazar et al., 2015). Er zijn verschillende vormen van meditatie. Enkele vormen zijn: contemplatie-meditatie, vipassana-meditatie en concentratie-meditatie (Samgaia, z.d.-b). Concentratie-meditatie is de vorm van meditatie waarbij de aandacht op één punt wordt gefocust, zoals het focussen op een object of de ademhaling door het doen van ademhalingsoefeningen

(Concentratie meditatie inzicht meditatie, z.d.). In dit onderzoek wordt de concentratie gemeten aan de hand van een d2 test. Hierbij moet de focus worden gelegd op een punt, zoals bij concentratie-meditatie wordt beoefend. Daarom wordt de focus van dit onderzoek gelegd op de laatstgenoemde vorm van meditatie: concentratie-meditatie. Ademhalingsoefeningen, een vorm van concentratie-meditatie, helpen bij het verminderen van stress. Chronische stress zorgt voor het verminderen van de focus en dus de concentratie (Honinx et al., 2023). Door het verminderen van stress zou de concentratie toe kunnen nemen. Dit is waarom de keus voor meditatietechniek is gevallen op ademhalingsoefeningen.

2.3 Ademhalingsoefeningen

Bij ademhalingsoefeningen wordt je concentratie gericht op je ademhaling. Een ademhalingsstechniek omvat een bewuste, gecontroleerde langzame ademhaling. De ademhalingsfrequentie wordt hierbij vertraagd tot een frequentie die lager is dan het ademhalingstempo in rust (Honinx et al., 2023). De typische ademhalingsfrequentie bij mensen ligt binnen het bereik van tien tot twintig ademhalingen per minuut (Russo et al., 2017). De vertraagde ademhalingsfrequentie ligt binnen het bereik van vier tot tien ademhalingen per minuut. Uit een onderzoek uitgevoerd door de Stanford University School of Medicine (2017) bleek dat een gecontroleerde, langzame ademhaling angst en stress kan verminderen en tegelijkertijd de concentratie en het algemene welzijn kan verbeteren. Een studie gepubliceerd in het tijdschrift 'Consciousness and Cognition' (2018) stelde vast dat deelnemers die regelmatig bewuste ademhalingsoefeningen deden, een verbeterde concentratie kregen. De participanten zullen 10 minuten per dag deze vorm van meditatie beoefenen. Deze tijd is gekozen omdat de onderzoeken van Coppola en Spector (2009), Basso et al. (2018), Fincham et al. (2023) en Wisner et al. (z.d.) allemaal een verschillende tijd gebruiken. Deze tijden hebben geen effect op de effectiviteit van de meditatie. Daarbij is dus gebleken dat er geen verschil tussen het effect zit bij een meditatie van 10 minuten of een meditatie van 30 minuten. Er is gekozen voor 10 minuten, omdat de deelnemers jong zijn en er hoogstwaarschijnlijk weinig tijd en animo is om lang te mediteren.

2.4 De d2-aandachts-en-concentratietest

De d2 test is een getimedede test van selectieve aandacht die gebruikt wordt in veel gebieden van de psychologie zoals klinische, toegepaste en onderwijspsychologie evenals neuropsychologie. Het maakt een schatting mogelijk van individuele aandacht en concentratieprestaties omdat het de verwerkingssnelheid, concentratie, variatie in tempo en de kwaliteit van de prestatie meet. Het scoringsprogramma van de d2 test bevat populatienormen tussen de 9 en 80 jaar (Brickenkamp & Oosterveld, 2014). Vanwege de hoge kosten van de d2 test, is er gebruik gemaakt van een d2 test die afkomstig is uit een eerder uitgevoerd onderzoek (figuur 3). Dit onderzoek heeft de d2 test zelf gemaakt en heeft dit gebaseerd op de originele d2 test (Wu et al., 2023). Deze pen-en-papier versie bestaat uit 30 rijen van elk 20 items (totaal aantal items = 600). Er zijn in totaal 600 visuele stimuli, elk bestaande uit een letter 'd', 'b' of 'p' met nul, een, twee, drie of vier verticale streepjes boven en/of onder zich. De participanten wordt gevraagd om elke 'd' met in totaal twee streepjes om zich heen weg te strepen, dit zijn de doelwitstimuli. Er zijn dus drie mogelijkheden om weg te strepen: een d met twee streepjes erboven, twee eronder of een

erboven en een eronder. De d2 test bevatte 113 doelwitstimuli. Volgens onderzoek van Alfares et al. (2022) zal de concentratie tijdens het maken van de test afnemen vanaf de zesde pagina, om deze reden heeft de d2 test van Wu et al. (2023) vijf pagina's. De participanten hebben in totaal 5 minuten en 20 seconden de tijd gekregen om de gehele test te voltooien, zoals ook het geval was bij Wu et al. (2023). Wu et al. (2023) hebben hiervoor gekozen, omdat Alfares et al. (2022) dezelfde tijd heeft gebruikt en omdat de gemiddelde tijd van beide onderzoekers hier ook gelijk aan was.

2.5 Dataverwerking

Voor het beoordelen van de d2 test zijn drie scores bekend. Deze scores zijn de concentratieprestatie (CP), de verwerkingssnelheid (VS) en het foutpercentage (F%). De concentratieprestatie is het aantal correct omcirkelde doelwitstimuli waar het aantal omissiefouten en commissiefouten van af zijn getrokken ($CP = VS - F$ en $F = \text{Omissiefouten} + \text{commissiefouten}$). Omissiefouten zijn het aantal overgeslagen doelwitstimuli en commissiefouten zijn het aantal fout omcirkelde doelwitstimuli. De verwerkingssnelheid is het totaal aantal verwerkte doelwitstimuli. Hierbij wordt gerekend tot de laatst omcirkelde doelwitstimulus. Niet alleen de omcirkelde doelwitstimuli worden hierbij meegeteld, maar ook de omissiefouten. Het foutpercentage is het aantal omissiefouten en commissiefouten bij elkaar opgeteld gedeeld door het aantal verwerkte doelwitstimuli. Door de uitkomst te vermenigvuldigen met 100 wordt het percentage berekend ($F\% = (F/VS) \times 100\%$). De testen van de deelnemers zijn op dezelfde wijze als deze scores verwerkt tot de uiteindelijke resultaten.

2.6 Likert-schaal

De Likert-schaal is een antwoordschaal om de mate van instemming met een bepaalde stemming te specificeren (Rmila, 2008). Er is in dit onderzoek gebruik gemaakt van de 7-punts-Likert-schaal bij het beoordelen van de nachtrust en uitgerustheid voor de d2 test. Bij een 7-punts-Likert-schaal zijn er de volgende opties: geheel juist, juist, eerder juist, neutraal, eerder onjuist, onjuist en geheel onjuist (Koevoet et al., 2009). In dit onderzoek werden de opties vervangen door: zeer weinig, weinig, eerder weinig, neutraal, eerder voldoende, voldoende en zeker voldoende.

3. Materiaal en Methode

3.1 Materiaal

Voor dit onderzoek zijn de volgende materialen gebruikt:

- Toestemmingsformulieren
- d2 testen
- Enquêtes (zie 3.3 Enquête en 3.4 methode)
- Timer
- YouTube video ademhalingsoefeningen (MiCarePath, 2020)

3.2 Enquête

Vóór het afnemen van dit onderzoek is een vragenlijst opgesteld voor elke deelnemer, ook de controlegroep. In deze vragenlijst werd allereerst gevraagd naar het geslacht van de deelnemers. Dit werd gevraagd, zodat de onderzoeksgroep representatief is voor de hele bovenbouw van het VWO. Hierna is er gevraagd naar de leeftijd en de klas waar de deelnemer in zit, zodat er verzekerd wordt dat de doelgroep van dit

onderzoek werd bereikt. Ook werd er gevraagd of de deelnemer al regelmatig mediteert. Als iemand namelijk al langere tijd mediteert, heeft het mediteren van één week geen invloed op de concentratie, omdat de omstandigheden voor deze persoon niet zijn veranderd. Bij de controlegroep is deze vraag weggelaten, omdat bij de deelnemers van de controlegroep geen invloed werd gemeten van meditatie op de concentratie. Bij de controlegroep is alleen de leercurve van de d2 test onderzocht. Als laatste is er gevraagd of de deelnemers gediagnosticeerde concentratieproblemen hebben of medicatie nemen die invloed kan hebben op hun concentratie en of de deelnemers dyslexie hadden. Bij de gevallen waarin iemand hier 'ja' op heeft geantwoord, zijn de resultaten van de test niet meegenomen in de uiteindelijke resultaten. Hiervoor is gekozen, omdat de concentratieproblemen en medicatie ervoor zorgen dat de resultaten niet betrouwbaar zijn. Er is gevraagd naar dyslexie, omdat er bij de test gebruik wordt gemaakt van de letters 'd', 'p' en 'b' en het voor mensen met dyslexie lastiger is om deze letters uit elkaar te houden (Van Someren, 2013). Als een deelnemer dyslexie had, zijn zijn/haar resultaten ook niet betrouwbaar geacht. Daarnaast hebben de deelnemers een toestemmingsformulier ontvangen. Indien de deelnemer jonger dan achttien jaar was moest een ouder/verzorger toestemming geven voor het verwerken van de gegevens en het uitvoeren van meditatieoefeningen.

3.3 Deelnemers

Voor het uitvoeren van dit onderzoek zijn er als deelnemers van de testgroep 25 leerlingen van 4-, 5- en 6VWO gebruikt. Deze leerlingen waren tussen de veertien en negentien jaar oud. 76% was vrouw, 20% was man en 4% (één deelnemer) gaf aan zich geen man of vrouw te voelen. De deelnemers zaten op Het stedelijk Lyceum locatie Kottenpark en Het Twickel College Hengelo. Er is gekozen voor leerlingen uit het voortgezet onderwijs, omdat uit het onderzoek van Stevens et al. (2023) is gebleken dat er bij deze leerlingen een toename in de concentratieproblemen is geweest in de afgelopen jaren. Er zijn zowel vrouwelijke als mannelijke deelnemers geselecteerd, omdat uit het bovengenoemde onderzoek is gebleken dat zowel meisjes als jongens last hadden van concentratieproblemen. De onderbouw van het VWO is buiten beschouwing gelaten omdat er te weinig animo was om deel te nemen. Daarnaast is er gebruik gemaakt van een controlegroep die bestond uit negen deelnemers. Deze leerlingen waren tussen de zestien en achttien jaar. 89% was vrouw en 11% was man. De deelnemers zaten op Bonhoeffer College Van der Waalslaan en op Het Twickel College Hengelo. Van de 25 geselecteerde deelnemers van de testgroep zijn er bij de eerste test zeven deelnemers niet op komen dagen. De onderzoeksgroep is hierdoor gewijzigd naar achttien deelnemers. Van deze achttien deelnemers zijn drie resultaten als ongeldig beschouwt. Twee van deze ongeldige resultaten zijn gevallen waarbij de participanten niet zijn komen opdagen bij de tweede test. Ook is er een deelnemer geweest, die aangegeven heeft concentratieproblemen te hebben en er is een deelnemer geweest met dyslexie. Deze deelnemers worden niet meegenomen in de conclusie en bij het berekenen van de p-waarde. De gebruikte resultaten worden dus verkregen uit een onderzoeksgroep die bestaat uit veertien deelnemers (figuur 4) in de leeftijdscategorie vijftien tot achttien. In de controlegroep zijn alle resultaten meegenomen.

3.4 Methode

Nadat via de enquête de uiteindelijke onderzoeksgroep samengesteld was, is er een d2 test afgenomen. Zoals eerder genoemd, is er gebruik gemaakt van een d2 test die afkomstig is uit een eerder uitgevoerd onderzoek (bijlage 2). In het onderzoek van Wu et al. (2023) is aangegeven dat de deelnemers 5 minuten en 30 seconden hebben gekregen om de test te maken. Echter is op de gemaakte test aangegeven dat er 5 minuten en 20 seconden zijn gegeven. Daarom is er in dit onderzoek tevens gekozen voor een tijd van 5 minuten en 20 seconden. Bij het maken van de eerste test hebben de deelnemers een vaste plek aangewezen gekregen, zodat de omstandigheden zoveel mogelijk gelijk bleven bij de volgende test. Vóór het maken van de test is er nog een korte vragenlijst afgenomen waarin werd gevraagd naar de uitgerustheid van de deelnemers op de dag van afname en de nachtrust van de deelnemers de afgelopen week (figuur 5). Dit is gevraagd, omdat de uitgerustheid en nachtrust van een persoon invloed heeft op de concentratie (Alapin et al., 2000). De deelnemers gaven zelf aan hoe uitgerust zij zich voelden via de Likert-schaalverdeling. Na het afnemen van de d2 test is de deelnemers van de testgroep als opdracht meegegeven om voor één week lang elke dag een filmpje met ademhalingsoefeningen te bekijken en ook actief mee te doen met dit filmpje. Dit was een filmpje van 10 minuten en 41 seconden, (MiCarePath, 2020). De controlegroep hoefde in deze week geen ademhalingsoefeningen uit te voeren. Nadat de testgroep deze oefeningen een week lang elke dag heeft uitgevoerd is er exact een week na de eerste test de tweede d2 test afgenomen bij beide groepen. Voor de tweede keer is ook de test van Wu et al. (2023) gebruikt, maar zijn de pagina's in een andere volgorde geplaatst, zodat de deelnemers de antwoorden niet hebben kunnen onthouden. Er is verzekerd dat alle deelnemers op dezelfde plek zaten en de test op hetzelfde tijdstip werd afgenomen. Ook hierbij werd weer een korte vragenlijst afgenomen over de uitgerustheid en het slaapritme van de deelnemers. Daarbij is er gevraagd of de deelnemers de ademhalingsoefeningen dagelijks hebben uitgevoerd, om er zeker van te zijn dat de resultaten betrouwbaar zijn (figuur 6). Voor het verkrijgen van de resultaten is de score van de deelnemer van de eerste gemaakte test vergeleken met zijn/haar eigen score van de tweede gemaakte test. Hierdoor is de persoon met zichzelf vergeleken. Theoretisch zou de deelnemer beide testen even goed moeten maken en zou hij alleen beïnvloed kunnen zijn door de meditatieoefeningen. Hierdoor kan de groei in concentratie zo betrouwbaar mogelijk weergegeven worden.

4. Resultaten en statistische toets

4.1. Resultaten

Eén deelnemer uit de testgroep heeft maar één dag gemediteerd en deze resultaten zijn daarom niet meegenomen. Dertien deelnemers uit de testgroep hebben vijf dagen of meer gemediteerd, deze resultaten zijn daarom wel gebruikt. Uit de resultaten is gebleken dat er een gemiddelde stijging in de concentratieprestatie is van 4,83% (figuur 7,8). Daarnaast is er in het foutpercentage een gemiddelde daling van 14,25% (figuur 9,10). Daarnaast zijn de resultaten van de controlegroep verkregen. Bij de controlegroep is een gemiddelde stijging in de concentratieprestatie van 6,97% (figuur 7) gemeten en een gemiddelde daling in het foutpercentage van 57,11% (figuur 9). Ter vergelijking: de stijging van de concentratieprestatie van de controlegroep is daarmee 2,14% hoger dan de concen-

tratieprestatie van de testgroep. Ook is de daling in het foutpercentage van de controlegroep 42,86% groter dan die van de testgroep.

4.2 Statistische toets

Om te verzekeren dat de resultaten significant zijn wordt de statistische toets gebruikt. Dit wordt gedaan met behulp van een t-test. Bij een p-waarde kleiner dan 0,05 is het resultaat significant. Met behulp van Excel is de p-waarde berekend van de concentratieprestatiescores van de testgroep. De berekende p-waarde is 0,016. Deze waarde is kleiner dan 0,05. Hiermee is aangetoond dat er de resultaten significant zijn. Er is tevens een t-toets losgelaten op de foutenpercentages. Deze t-toets gaf een p-waarde van 0,194. Dit is groter dan 0,05, waarmee is aangetoond dat deze resultaten niet significant zijn. De t-toetsen die zijn uitgevoerd op de resultaten van de controlegroep hebben beide bewezen dat de resultaten significant zijn, omdat beide waardes lager waren dan 0,05. De p-waarde van de concentratieprestatiescores was 0,004 en de p-waarde van de foutpercentages was 0,010.

5. Conclusie

Uit de resultaten kan niet worden geconcludeerd dat het een week lang uitvoeren van ademhalingsoefeningen een positief effect heeft op het concentratievermogen van 4-, 5- en 6VWO leerlingen. De stijging van de gemiddelde concentratieprestatiescore in de testgroep is significant. Uit de t-toets blijkt dat de daling van het foutpercentage van de testgroep niet significant is, dus dat er geen waarde aan wordt gehecht voor het stellen van de conclusie. De stijging van de concentratieprestatiescore van de controlegroep was ook significant. Ook was de afname in het foutpercentage significant. Hiermee is bewezen dat de concentratie van de controlegroep over het algemeen meer is verbeterd dan die van de testgroep.

6. Discussie

Er kunnen twijfels zijn over de validiteit van de test die in dit onderzoek is gebruikt. De test die in dit onderzoek is gebruikt, is gebaseerd op de d2 test, maar hij is niet gecontroleerd door de COTAN. De verkregen resultaten kunnen hierdoor afwijken van de resultaten die zouden zijn verkregen met de originele test. De in dit onderzoek gebruikte test is ontwikkeld door Wu et al. (2023), waarbij een eerder gemaakte d2-test als basis is gebruikt (Alfares et al. 2022). Wu et al. (2023) beschouwden hun versie als valide. In dit onderzoek wordt de test daarom ook als valide beschouwd.

Het positieve effect van de meditatie had het gevolg kunnen zijn van een leercurve. Omdat er een controlegroep gehanteerd is, kon er worden waargenomen of de d2 test de tweede keer beter is gemaakt door meditatie of door een leercurve. Bij het meermaals uitvoeren van deze test, zou de score kunnen verbeteren, doordat de uitvoerende behendiger is geworden in het maken van de test. Hierdoor kan dit effect hebben gehad op de validiteit van de resultaten, omdat de verbetering in concentratie ook te wijden kan zijn aan het leerproces. Om de leercurve zoveel mogelijk te beperken zijn de pagina's van de d2 test de tweede keer wel in een andere volgorde geplaatst dan de eerste keer. Uit de controlegroep bleek echter dat er wel een leercurve is voorgekomen en hierop is de conclusie gebaseerd. Het kan echter niet bewezen worden dat er bij de testgroep ook sprake is geweest van een leercurve of dat de ademhalingsoefeningen het effect hebben veroorzaakt. Bij de afname van de

d2 test was er een kans dat niet iedere deelnemer zich volledig heeft ingezet tijdens het maken van de test. De deelnemer kan bijvoorbeeld hebben afgekeken bij iemand anders of de test niet serieus ingevuld hebben. Uit de resultaten van dit onderzoek is geen aanwijzing dat dit het geval is geweest. Daarom wordt er aangenomen dat iedere deelnemer zich wel volledig heeft ingezet. Wel is voorgevallen dat niet iedereen de volledige week heeft gemediteerd. Hierdoor kan het effect van de meditatie niet gemeten worden en zou de concentratie wellicht minder stijgen tussen de twee testen.

Er is voor gekozen om de resultaten van de deelnemers die vijf dagen of meer hebben gemediteerd te gebruiken. Dit is namelijk het merendeel van de week en in dit onderzoek is onderzocht naar de effecten van één week ademhalingsoefeningen. Daarbij is hiervoor gekozen omdat de verwachting was dat er weinig effect gemeten had kunnen worden als er minder dan vijf dagen was gemediteerd.

Tijdens het onderzoek waren er een aantal factoren die de concentratie van de deelnemers hebben kunnen beïnvloeden. Ten eerste hebben de deelnemers geen rust gekregen vóór het maken van de test. De participanten moesten meteen na hun lessen door naar het lokaal waar de test werd afgenomen, waardoor hun concentratie beïnvloed kan zijn geweest. Er is namelijk gebleken dat er een bepaalde hersteltijd is voor de concentratie (Alfares et al., 2022). Omdat de deelnemers zowel voor de eerste als voor de tweede meting direct na hun lessen de d2 test maakten, lijkt de kans klein dat de resultaten zijn beïnvloed door een gebrek aan rust. Een tweede factor die van invloed zou kunnen zijn geweest op de concentratie van de deelnemers is het feit dat er een mededeling door de speakers van de school werd omgeroepen gedurende de tweede test van de testgroep. Hierdoor werd de concentratie van deze groep voor een korte tijd onderbroken. Daardoor kan het zo zijn dat de score van deze test lager is uitgevallen dan wanneer de concentratie niet werd onderbroken. Ten derde zou de concentratie van enkele deelnemers beïnvloed kunnen zijn door voor de onderzoekers onbekende oorzaken. Enkele deelnemers hebben namelijk in de enquête aangegeven dat ze in omstandigheden verkeerden die invloed zouden kunnen hebben gehad op hun concentratie bij zowel de eerste test als de tweede test. Doordat de aard van deze omstandigheden onbekend is, kan niet ingeschat worden hoe groot het daadwerkelijke effect moet zijn geweest op de resultaten. Er is wel bekend dat er een SE-week is geweest op beide scholen in de week voorafgaand aan het onderzoek. Dit zou enige stress met zich mee kunnen hebben gebracht. Ook werd pas later bekend dat de inhaaltoetsen werden gemaakt op dezelfde dag als de afname van de tweede test. Ook dit zou ervoor kunnen hebben gezorgd dat de concentratie van de deelnemers negatief werd beïnvloed, waardoor de resultaten niet volledig betrouwbaar zijn.

De onderzoeksgroep was beperkt. Door de geringe animo voor deelname aan dit onderzoek, bestond de oorspronkelijke onderzoeksgroep uit slechts 25 deelnemers. Hiervan kwamen er zeven niet opdagen, zijn drie resultaten als ongeldig beschouwd en hadden twee deelnemers dyslexie of concentratieproblemen. Dit leidde tot een uiteindelijke onderzoeksgroep van dertien deelnemers, wat ervoor zorgt dat de resultaten minder representatief zijn voor 4-, 5-, en 6VWO. Ook is het man-vrouwpercentage niet gelijk verdeeld. Er waren namelijk minder mannelijke deelnemers dan vrouwelijke deelnemers. Ook hierdoor zijn de resultaten niet volledig representatief voor de bovenbouw van het VWO in Nederland. De bepekte onderzo-

eksgroep heeft tot gevolg dat de resultaten moeilijk generaliseerbaar zijn.

In de enquête hebben de meeste participanten aangegeven dat ze géén dyslexie en/of concentratiestoornissen zoals ADHD hebben. Het kan echter zo zijn dat de deelnemers zich er niet bewust van zijn geweest op het moment van invullen dat zij dyslexie of een concentratiestoornis hadden. Hierdoor kunnen de testresultaten negatief zijn beïnvloed, omdat zoals eerder benoemd deze twee factoren invloed hebben op de resultaten van de d2 test. Uit de vragenlijsten bleek ook dat niet iedereen zich op het tweede testmoment even uitgerust voelde als de eerste keer. In de resultaten zijn alle resultaten meegenomen van degenen die een afwijking van 2 of minder had op de schaal van Likert. Deze resultaten worden ook betrouwbaar geacht. Toch kan het zo zijn geweest dat een participant, wiens resultaten wel betrouwbaar zijn geacht, een invloed heeft kunnen ervaren op zijn concentratie door een verschil in uitgerustheid. De participanten hebben namelijk zelf moeten aangeven hoe uitgerust ze zich voelden op de dag van afname. De opvatting van uitgerustheid is bij iedere participant anders, waardoor de antwoorden relatief onbetrouwbaar zijn. Wanneer een participant de eerste test minder uitgerust was dan de tweede test, kan het zo zijn dat er een grotere stijging van de concentratie is gemeten dan er zou zijn gemeten als hij wel even goed uitgerust was. Ook hierdoor zijn de resultaten daarom niet volledig betrouwbaar.

Voor vervolgonderzoek wordt aangeraden om gebruik te maken van de originele d2 test, omdat van deze test bekend is dat deze valide is. Ook wordt aanbevolen om een grotere onderzoeksgroep te werven, zodat de resultaten betrouwbaarder zullen worden. Daarnaast is uit onderzoek gebleken dat chronische stress effect heeft op de concentratie (Honinx et al., 2023). Om chronische stress te verminderen zal er voor langere tijd moeten worden gemediteerd. Daarom wordt als vervolgonderzoek ook voorgesteld om de deelnemers gedurende langere tijd te laten mediteren. Een eerder onderzoek heeft onderzocht of mindfulness-training invloed heeft op geconcentreerd lezen. In dit onderzoek is geen duidelijke aanwijzing gevonden dat de concentratie van de deelnemers is verbeterd (Barrance, 2020). Er is dus een overeenkomst tussen de gemeten invloed van dit onderzoek en bovengenoemd onderzoek. Een andere vorm van meditatie, yoga, heeft volgens Sharma et al., 2005 wel een positieve invloed op de concentratie. Eventueel zou deze vorm van meditatie dus nog onderzocht kunnen worden in een vervolgonderzoek.

7. Bibliografie

Alapin, I., Fichten, C. S., Libman, E., Creti, L., Baines, S., & Wright, J. (2000). How is good and poor sleep in older adults and college students related to daytime sleepiness, fatigue, and ability to concentrate? *Journal of Psychosomatic Research*, 49(5), 381–390. [https://doi.org/10.1016/s0022-3999\(00\)00194-x](https://doi.org/10.1016/s0022-3999(00)00194-x)

Alfares, M., Bijleveld, H., Sanders, J., Ekkelkamp, I., Niemeijer, M., Lemstra, H., Habraken, J., & Evers, M. (2022). De invloed van computerlicht op het concentratievermogen bij VWO-leerlingen van 16 tot en met 18 jaar. *HONOURS*, 3, 53–60.

Barrance, F. (2020). Het effect van mindfulness op geconcentreerd lezen. Hogeschool van Amsterdam.

Basso, J. C., McHale, A. L., Ende, V., Oberlin, D. J., & Suzuki, W. (2019). Brief, daily meditation enhances atten-

tion, memory, mood, and emotional regulation in non-experienced meditators. *Behavioural Brain Research*, 356, 208–220. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2018.08.023>

Brandhof J. (2012). Gebruik je hersens. Sdu Uitgevers BV.

Brickenkamp, R., & Oosterveld, P. (2014). d2 Aan-dachts- en concentratietest. Hogrefe.

Chun, M. M., & Turk-Browne, N. B. (2007). Interactions between attention and memory.

Concentratie meditatie inzicht meditatie. (z.d.). 2007 - 2022 Levensstroom. <https://heartfulness.be/Vipassana/inzicht-meditatie.html#:~:text=Bij%20concentratie meditatie%20wordt%20de%20geest,kaars%2C%20een%20beeld.> . .

Coppola, F., & Spector, D. (2009). Natural Stress Relief Meditation as a tool for reducing anxiety and increasing self-actualization. *Social Behavior and Personality*, 37(3), 307–311. <https://doi.org/10.2224/sbp.2009.37.3.307>

Dawson, P., & Guare, R. (2009). Executive Skills: The Hidden Curriculum .

Duijkers, C. (z.d.). De invloed van mindfulness op schoolsucces. Universiteit van Amsterdam.

Executieve functies. (z.d.). SLO. <https://www.slo.nl/thema/meer/jonge-kind/executieve-functies/>

Fincham, G. W., Mavor, K. I., & Dritschel, B. (2023). Effects of mindfulness meditation duration and type on well-being: an online Dose-Ranging randomized controlled trial. *Mindfulness*, 14(5), 1171–1182. <https://doi.org/10.1007/s12671-023-02119-2>

Honinx, E., Broes, S., Roekaerts, B., Huys, I., & Janssens, R. (2023). Existing meditation and breathing devices for stress reduction and their incorporated Stimuli: A Systematic literature review and competition analysis. *Mayo Clinic Proceedings Digital Health*, 1(3), 395–405. <https://doi.org/10.1016/j.mcpdig.2023.06.008>

Koevoet, B., Wismeijer, A. A. J., & van Assen, M. A. L. M. (2009). Bruikbaarheid van het Tobit model bij de analyse van Likertschalen in psychologisch onderzoek. Universiteit van Tilburg.

Lazar, S. W., Kerr, C. E., Wasserman, R. H., Gray, J. R., Greve, D. N., Treadway, M. T., McFarvey, M. K., Quinn, B. T., Dusek, J. A., Benson, H., Rauch, S. L., Moore, C. I., & Fischl, B. (2005). Meditation experience is associated with increased cortical thickness. *Neuroreport*, 16(17), 1893–1897. <https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000186598.66243.19>

MiCarePath. (2020). 7 breaths per minute [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=xpRwr_mHB08

Moest, A. M. G., & Verweijen, J. C. L. (2013). Effect van Geluiddempende Hulpmiddelen op Concentratie bij Kinderen Zonder Diagnose en met de Diagnose ADHD [Master-scriptie]. Universiteit Utrecht.

Moore, A., & Malinowski, P. (2009). Meditation, mindfulness and cognitive flexibility. *Consciousness and Cognition*, 18(1), 176–186. <https://doi.org/10.1016/j.con-cog.2008.12.008>

Onderzoek naar mediteren - Zilveren kruis. (z.d.). <https://www.zilverenkruis.nl/gezonder-leven/magazine/meer-ontspannen/deze-mensen-mediteerden-8-weken-lang-een-half-uur-dit-was-het-verbluffende-effect>

Rmila, F. (2008). Vragenlijsten: van ontwikkeling tot kwaliteitsverbetering. Vrije Universiteit Amsterdam.

Russo, M. A., Santarelli, D. M., & O'Rourke, D. (2017). The physiological effects of slow breathing in the

healthy human.

Samgaia. (z.d.-b). <https://www.samgaia.com/meditatie/vormen/>

Sharma, N. R., Yadava, A. & Hooda, D. (2005) Effect of yoga on psycho-physical functions. *Journal of Indian Psychology*, 23(1), 37-42.

Stevens, G., Rombouts, M., Maes, M., Zondervan, A., Van Dorsselaer, S., Schouten, F., & Scheffers-van Schayk, T. (2023). *Jong na corona*. Universiteit Utrecht.

Van Someren, L. (2013). Welke aanwijzingen in de verklaringstheorieën van dyslexie zijn te vinden voor de bevinding dat dyslectici meer accuraat lezen als woorden worden aangeboden in het lettertype “Dyslexie”? Universiteit van Amsterdam.

Verschueren, K., & Koomen, H. (2016). *Handboek Diagnostiek in de leerlingenbegeleiding*. Handboek Diagnostiek in de leerlingenbegeleiding. <https://www.narcis.nl/publication/RecordID/oai%3Adare.uva.nl%3Apublications%2F-caa45c82-0541-4da4-9d5a-1b6fbb547a59>

West, M. (1979). Meditation. *British Journal of Psychiatry*, 135(5), 457–467. <https://doi.org/10.1192/bjp.135.5.457>

Wisner, B. L., Jones, B., & Gwin, D. (z.d.). *School-based Meditation Practices for Adolescents: A Resource for Strengthening Self-Regulation, Emotional Coping, and Self-Esteem*. Texas State University.

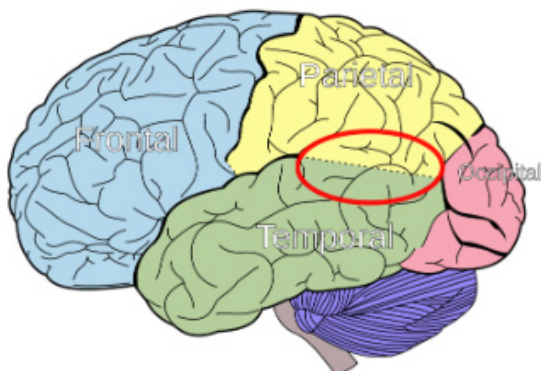
Wu, J., Veenstra, I., van Wershoven, T., Meijer, E., ten Heggeler, S., & Holsbeke, L. (2023). De invloed van Mozarts Sonata for 2 piano's in D, K448 op het concentratievermogen van Nederlandse vwo-leerlingen tussen de 14 en 17 jaar.

HONOURS, 4, 78-84.

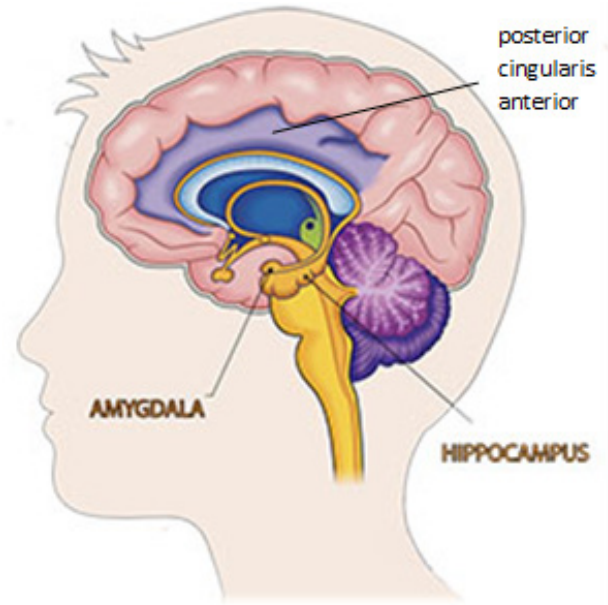
Pre-U_HP_Journal_2023 v3.1 (online versie).pdf (utwente.nl) Xu, A., Cullen, B. H., Penner, C., Zimmerman, C., Kerr, C. E., & Schmalzl, L. (2018). Comparing embodiment experiences in expert meditators and non-meditators using the rubber hand illusion. *Consciousness and Cognition*.

Zwerink, S. (2023). Het belang van verminderde en bewuste ademhaling: een wetenschappelijk perspectief. *Ademwinst* | Steven Zwerink | Ademfysioloog. <https://ademwinst.nl/het-belang-van-verminderde-en-bewuste-ademhaling-een-wetenschappelijk-perspectief/>

8. Figuren



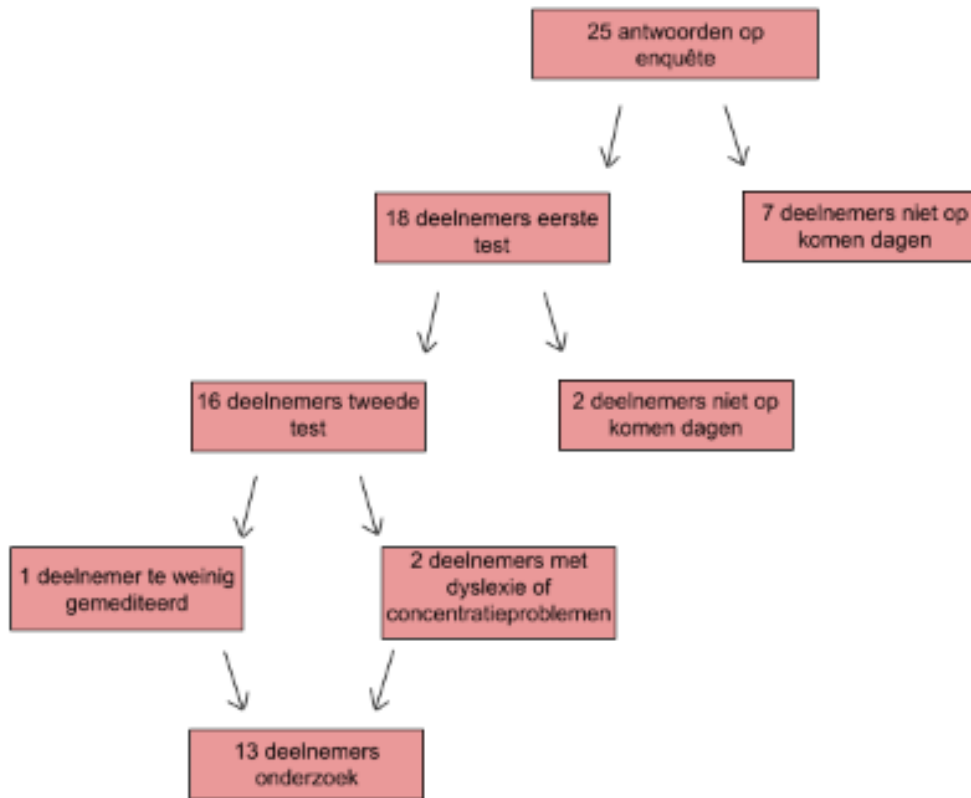
Figuur 2 - temporale partiële junctie.



Figuur 1 - posterior singularis anterior, hippocampus en amygdala.

1	b	d	d	p	b	p	p	d	p	b	b	d	p	b	b	d	p	d	b	b		
2																						
	d	p	p	d	d	b	b	d	p	d	b	d	p	d	d	b	p	d	d	p		
3																						
	d	p	d	b	p	d	d	p	d	d	b	d	p	d	p	d	d	b	d	b		
4																						
	b	d	p	b	d	d	p	b	d	p	d	d	p	b	p	b	p	d	d	p		
5																						
	b	b	d	p	b	b	d	p	p	d	d	p	d	b	b	d	p	p	d	b		
6																						
	d	b	p	b	d	p	p	d	p	b	p	d	p	d	p	d	p	d	p	b		

Figuur 3 - pagina uit de gebruikte d2-test



Figuur 4 - stroomschema deelnemers.

Wat is je voornaam?

Hoe uitgerust ben je vandaag? Omcirkel wat van toepassing is.

Zeer slecht uitgerust

Heel goed uitgerust

1 2 3 4 5 6 7

Heb je de afgelopen dagen een goede nachtrust gehad? Omcirkel wat van toepassing is.

Te weinig nachtrust

Voldoende nachtrust

1 2 3 4 5 6 7

Hebben er de afgelopen dagen gebeurtenissen plaatsgevonden die je concentratie hebben kunnen beïnvloed? (Ja of nee is voldoende)

Figuur 5 - vragenlijst vóór het maken van de eerste d2-test

Wat is je voornaam?

Hoe uitgerust ben je vandaag? Omcirkel wat van toepassing is.

Zeër slecht uitgerust

Heel goed uitgerust

1 2 3 4 5 6 7

Heb je de afgelopen dagen een goede nachtrust gehad? Omcirkel wat van toepassing is.

Te weinig nachtrust

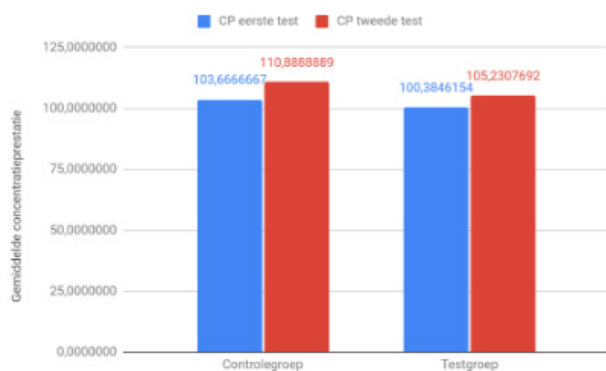
Voldoende nachtrust

1 2 3 4 5 6 7

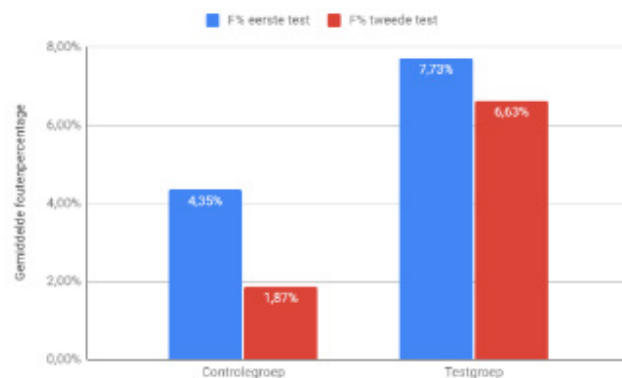
Hebben er de afgelopen dagen gebeurtenissen plaatsgevonden die je concentratie hebben kunnen beïnvloeden? (Ja of nee is voldoende)

Heb je de ademhalingsoefeningen elke dag uitgevoerd? Zo nee, hoe vaak heb je ze wel uitgevoerd?

Figuur 6 - vragenlijst vóór het maken van de tweede d2-test.



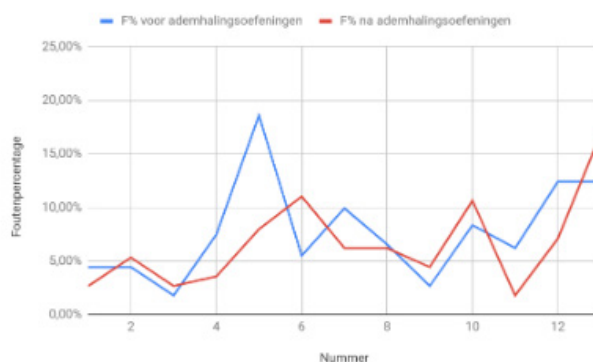
Figuur 7 - vergelijking van de gemiddelde concentratieprestatiescore van de controlegroep en testgroep.



Figuur 9 - vergelijking van het gemiddelde foutenpercentage van de controlegroep en testgroep.



Figuur 8 - vergelijking van de individuele concentratieprestatiescores van de testgroep.



Figuur 10 - vergelijking van de individuele foutenpercentages van de testgroep.

Het effect van koud afdouchen na elke reguliere douchebeurt voor vijf weken op het concentratievermogen van Vwo-leerlingen tussen de 16 en 18 jaar

W.H. Haverkort¹, C.J. Quinten², M.J. Onstenk³, N. Bout³, L.C.M. Einhaus²,

¹Het Stedelijk Kottenpark, Enschede

²Het Twickel College, Hengelo

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract – In this paper, the impact of cold showers on teenager concentration levels is studied. The results are based on the D2 tests of 23 Dutch high school students from 6 vwo, aged 16 to 18. Participants were divided into a control group and a test group. The test group was asked to take cold showers with water temperature ranging from 11-13°C for 60 seconds after each regular shower for 5 weeks. Both groups were instructed to take a D2 concentration test weekly. The difference in concentration improvement of the two groups over five weeks was expected to reflect the influence of cold showering. The results indicate a slight improvement in concentration levels due to cold showers. However, this difference is not significant enough to draw a valid conclusion. Therefore, further research is needed.

1. Introductie

In de afgelopen jaren is het koud douchen ingeburgerd in de levensstijl van vele mensen (Universiteit van Nederland, z.d.). Deze levensstijl wordt voornamelijk aangemoedigd door sociale media. Op lifestyle-websites over koud douchen staat dat het kan helpen je concentratie te verbeteren. Dit kan mogelijk komen door het beperkte aantal onderzoeken dat een direct verband tussen het verbeteren van de concentratie en koud douchen aantoonde. Dit is dus een gat in de kennis. Bovendien is er nog niet veel onderzoek gedaan naar de effecten van koud douchen. Zo onderzocht Shevchuk (2008) dat koud douchen de mentale gezondheid bevordert en Buijze et al. (2016) toonde aan dat een routinematige (warme tot) koude douche leidde tot minder zelf gerapporteerd ziekteverzuim. Om te kijken of er een positief verband is tussen koud douchen en concentratievermogen wordt de volgende onderzoeksvraag gehanteerd: “Wat is het effect van koud afdouchen na elke reguliere douchebeurt voor vijf weken op het concentratievermogen van Vwo-leerlingen tussen de 16 en 18 jaar?”

De verwachting is dat er een sterke correlatie bestaat tussen koud douchen en concentratievermogen. Dit komt doordat er wel onderzoeken zijn dat aantoonde dat koud douchen onder andere de alertheid verhoogt en de vrijlating van noradrenaline stimuleert. Dit zijn factoren die je concentratie positief beïnvloeden. Indien er daadwerkelijk een verband is tussen het koud douchen en het concentratievermogen, kan dit het studeren van leerlingen efficiënter maken.

2. Theoretisch kader

2.1 Concentratie

Als mensen zich concentreren, dan hebben ze hun aandacht gericht op een punt. Een intensieve vorm van aandacht, een focus op het bewustzijn, kan worden beschouwd als concentratie (Das-Smaal, E. A., Leeuw, L. de, & Orlebeke, J. F., 1987). Concentratie heeft te maken met cognitieve functies, waarbij informatie wordt verwerkt door ervaringen, gedachten en waarnemingen (Bayne et al., 2019). Er zijn een paar belangrijke dingen bij concentratie. Als eerst moet je alert zijn en moeten de hersenen openstaan voor binnenkomende informatie in de hersenen. Bovendien moet deze aandacht volgehouden worden. Tot slot moet je staat zijn om relevante informatie te selecteren die op dat moment relevant zijn te verwezenlijken (Studocu, n.d.).

Er zijn tevens twee algemene factoren die het concentratieniveau van mensen beïnvloeden: exogene factoren en en-

dogene factoren (Sörqvist & Marsh, 2015). Exogene factoren zijn factoren, zoals tijdsdruk en intellectuele uitdaging. Endogene factoren zijn factoren, zoals motivatie en hormonale balans. Als er verder in het onderzoek gebruik wordt gemaakt van concentratie, wordt de volgende definitie van concentratie gehanteerd: Het vermogen om je aandacht op één onderwerp te focussen tijdens het maken van een taak gedurende een bepaalde tijdspanne.

2.2 Persoonafhankelijke factoren die het concentratievermogen beïnvloeden

2.2.1 Concentratiestoornissen

De meest voorkomende concentratiestoornissen zijn ADHD (Attention Deficit and Hyperactivity Disorder) en ADD (Attention Deficit Disorder). Beide concentratiestoornissen hebben invloed op het vermogen om voor een langere tijd op één taak te focussen, bij ADHD gaat dit ook vaak samen met hyperactiviteit. Zowel ADHD als ADD zijn beide een congenitale hersenafwijking. Bij mensen met ADHD of ADD werkt de impulsoverdracht in de hersenen anders dan bij mensen zonder deze stoornis. Bij mensen met ADHD en ADD is er sprake van een onder actief brein. De prefrontale cortex en de anterieure cingulate cortex, die medeverantwoordelijk zijn voor de impulscontrole en de executieve functies, vertonen dan minder activiteit. Dit heeft invloed op planning, overzicht, focussen van de aandacht en het werkgeheugen. Bovendien wordt er ook minder activiteit vertoond in de sensomotorische cortex. Dit deel is onder andere betrokken bij de concentratie en de het niveau van alertheid en opwindend dat men ervaart in het lichaam. (hypo-/ hyperactiviteit) (Smits, 2023).

Hoewel er nog veel onbekend is, lijkt het erop dat erfelijkheid een belangrijke rol speelt bij het ontstaan van ADHD en ADD (Hersenstichting, 2023). Verder blijken milieufactoren ook invloed te hebben op de vorming van een concentratiestoornis, zo hebben baby's die te vroeg of te licht geboren zijn, een verhoogd risico op ADHD of ADD. Ook overmatig alcoholconsumptie, roken of een hoge mate van stress bij de moeder tijdens de zwangerschap vergroten de kans op ADHD of ADD (Thapar et al., 2012).

2.2.2 Vermoeidheid

Vermoeidheid is de meest voorkomende oorzaak van tijdelijke concentratieproblemen (Van Etten, 2021). In dit onderzoek wordt voor de term ‘vermoeidheid’ de betekenis overgenomen uit de Engelse vakliteratuur, specifiek het onderzoek van

Kluger et al. (2013). Vermoeidheid wordt hierbij onderscheiden in twee vormen: fatigue en fatigability. Fatigability refereert aan de neuromusculaire uitputting, de objectieve, meetbare aspecten van vermoeidheid dat tijdelijke fysieke prestatievermindering veroorzaakt door problemen in het zenuwstelsel en/of spieren. Slaaptekort, zware lichamelijke of geestelijke inspanning, een tekort aan bepaalde voedingsstoffen of stress zijn voorbeelden van factoren die invloed hebben op de fatigability. Fatigue betekend daarentegen de subjectieve aspecten van vermoeidheid, vaak van psychologische aard. Oorzaken van fatigue zijn subjectiever van aard, zoals prestatiedruk, angstige- of depressieve gevoelens. Vermoeidheid is niet gelimiteerd aan één van deze twee vormen en vaak vindt er overlap plaats en kunnen beide vormen voorkomen. Typische vermoeidheid verdwijnt doorgaans na een periode van rust en voldoende slaap. Een goede uitgerustheid leidt dus tot minder vermoeidheid. Dit heeft dan weer een positieve invloed op de concentratie (Fan et al., 2011). Tot slot kan vermoeidheid eveneens worden veroorzaakt door een achterliggende medische conditie.

2.3 Koud douchen

2.3.1 Wat is koud douchen?

Koud douchen betekent douchen met koud water in plaats van warm of heet water. Dit wordt vaak gedaan voor een korte periode op een lage temperatuur. De exacte temperatuur van het koude water varieert per onderzoek. Volgens Rupp et al. (2012) maken veel onderzoeken gebruik van blootstelling aan koud water met temperaturen die variëren van 10 tot 15°C, waarbij het lichaam dermate afkoelt dat er duidelijk merkbare mechanische en hormonale aanpassingen en veranderingen optreden. In Nederland heeft het grondwater een temperatuur van tussen de 11 à 13 °C (Rijkswaterstaat, 2021), wat betekent dat het draaien van de watertemperatuurknop naar de laagste stand kan zorgen voor de optimale temperatuur tijdens het koud douchen. De thermostaat verwarmt dan niet langer het douchewater meer, het zal dan dezelfde temperatuur hebben als het grondwater. De duur van het koud douchen kan variëren, dit is afhankelijk van de gewenning en kou tolerantie van de persoon (Herrmann et al., 1994). Er zijn twee manieren van koud douchen: direct blootgesteld worden aan de kou, of door na de warme douche een koude douche te nemen, dit wordt ook wel ‘koud afdouchen’ genoemd. In onderzoeken naar de effecten van directe blootstelling aan een koude douche, wordt vaak meerdere minuten koud gedoucht, bijvoorbeeld in het onderzoek van Falls en Humphrey (1970). Bij alleen koud afdouchen, waar de participant eerst een reguliere warme douchebeurt neemt, wordt vaak gekozen voor een kortere koude douchetijd (Buijze et al., 2016). Mensen die ervoor kiezen om koud te douchen, doen dit vaak om verschillende redenen, waaronder gezondheidsvoordelen. Onderzoek suggereert dat koude blootstelling de alertheid verhoogt, de bloedsomloop bevordert, spierherstel versnelt na inspanning, en het immuunsysteem kan stimuleren. Volgens de studie van Buijze et al. (2016) kan de gezondheid en werkprestaties verbeteren door koud te douchen. Ook zal het koude douchen volgens Rupp et al. (2012) zorgen voor een betere bloedsomloop.

2.3.2 Wat gebeurt er in het lichaam bij koud douchen?

De gevolgen van koud douchen op het lichaam kunnen zowel hormonaal als mechanisch zijn.

Als men wordt blootgesteld aan kou, kan er vasoconstrictie optreden (Geurts et al., 2005). Vasoconstrictie is de vernauwing van bloedvaten door kleine spieren in hun wanden. Wanneer men een koude douche neemt, zullen deze bloedvaten vernauwen. Na een periode van koud water kan het lichaam reageren met vasodilatatie, waarbij de bloedvaten zich verwijden, wat de bloedstroom kan verbeteren. Hierdoor wordt de bloedsomloop beter. Uit onderzoek blijkt dat de bloedsomloop wordt geassocieerd met zowel de hersenstructuur als de hersenfunctie (Barnes & Corkery, 2018). Een goede bloedsomloop kan positieve effecten hebben op het concentratievermogen en cognitieve functies. Een goede bloedsomloop zorgt voor een efficiënte toevoer van zuurstof en voedingsstoffen naar de hersenen. Dit resulteert in een optimaal functioneren van de hersenen, wat kan resulteren in verbeterde concentratie en cognitieve vermogens. Er is ook aangetoond dat blootstelling aan kou de afgifte van noradrenaline stimuleert (Janský et al., 1996) en het sympathische zenuwstelsel wordt activeert (Nakamoto, 1990). Deze twee factoren beïnvloeden het concentratievermogen. Tijdens het koud douchen wordt dus noradrenaline aangemaakt. Noradrenaline is zowel een neurotransmitter en hormoon. Neurotransmitters zijn signaalstoffen die zenuwimpulsen overdragen en daarmee informatie doorgeven. Noradrenaline is betrokken bij het reguleren van verschillende lichaamsfuncties, waaronder de reactie op stress en het verbeteren van het concentratievermogen. De rol van noradrenaline in het bevorderen van het concentratievermogen wordt vaak geassocieerd met het verbeteren van de focus en alertheid. Het stimuleert de activiteit van de hersenen en helpt bij het reguleren van de aandacht (Sara, 2009).

2.3.3 Pathologie en medicijngebruik bij koud douchen

De gevolgen van koud douchen, doorgaand onschadelijk bij een gezond persoon, kunnen serieuze gevolgen hebben bij individuen die zwanger zijn, epilepsie hebben, bij een ernstig hoge bloeddruk, hart- en vaatziekten, koude-urticaria, reumatoïde artritis, slecht werkende nieren of het fenomeen Raynaud (Tipton, 1989). In het geval van zwangerschap, ernstig hoge bloeddruk en slecht werkende nieren ligt de oorzaak van het gevaar in de vasoconstrictie die optreedt bij het koude douchen. Door de vasoconstrictie neemt de bloeddruk toe. Dit kan schade veroorzaken aan de wanden van de bloedvaten en daarmee nadelig zijn voor de gezondheid en het welzijn van een persoon. Bij al bestaande hart- en vaatziekte kan de plotselinge reactie van het lichaam op het koude water, doormiddel van vasoconstrictie en een verhoging van de hartslag, in extreme gevallen leiden tot een hartaanval (Hellstrom, 1979). Bij koude-urticaria en het fenomeen Raynaud vindt een overgevoelige reactie plaats op koud water. Koude-urticaria versimpeld betekent een allergie voor kou, kou kan een spontane en extreme reactie van het immuunsysteem oproepen. Hierdoor ontstaan rode, jeukende bultjes en kan in extreme gevallen leiden tot anafylactische shock (Prosty et al., 2022). Het fenomeen van Raynaud is een overdreven reactie van de spieren in de vaatwanden en kan leiden tot extreme vasoconstrictie in de vingers of tenen, dit zorgt voor een tijdelijk tintelend gevoel of gevoelloosheid (Wigley, 2002). Reumatoïde artritis is een ziekte waarbij de gewrichten zijn ontstoken, wat voor stijve en pijnlijke gewrichten zorgt. Kou verergert de gewrichtsstijfheid doordat de vloeistof in het gewricht stugger wordt. Koud douchen kan dus de gewrichtsstijfheid in personen met reumatoïde artritis verergeren. Verder zijn er ook medicijnen waarmee in sommige gevallen

koud douchen wordt afgeraden. Dit zijn bijvoorbeeld bloedverdunders, vasoconstrictors en vasodilators. Bloedverdunders, of beter gezegd antistollingsmiddelen, verkleinen de kans op het ontstaan van trombose. Een patiënt neem bloedverdunders wanneer hij of zij door bepaalde omstandigheden een verhoogd risico op trombose heeft, of als ervoor moet worden gezorgd dat de kans op het ontstaan van trombose minimaal is (Salonia, 2008). Een mogelijk extreme vasoconstrictie die op kan treden bij koud douchen zou de bloedvaten vernauwen, en daarmee het risico op trombose mogelijk kunnen verhogen. Bij personen die al bloedverdunders slikken, wordt het aangeraden om advies in te winnen bij een arts voordat ze besluiten koud te douchen. De situatie bij vasoconstrictors en vasodilators is vergelijkbaar. Deze medicijnen worden voorgeschreven om de bloeddruk te reguleren, bijvoorbeeld bij te hoge of te lage bloeddruk (Gavras et al., 1974). De vasoconstrictie die optreedt bij het koude douchen zou het effect van de medicijnen dus kunnen versterken of verzwakken. Ook hier is het verstandig om een arts te raadplegen.

2.4 d2-aandachts-en-concentratietest

2.4.1 Uitleg d2-aandachts-en-concentratietest

De d2-test is een methode om visuele selectieve aandacht, snelheid van informatieverwerking en concentratievermogen te meten over een korte periode (zie figuur 1). Deze test is geschikt voor mensen tussen de 9 en 80 jaar (Hogrefe, 2014.). De papieren versie van de d2-test bestaat al erg lang en wordt vaak gebruikt bij (neuro)psychologische onderzoeken. De d2-test geeft valide resultaten omtrent het concentratievermogen, zoals nauwkeurigheid, visuele scans en snelheid (Bates & Lemay, 2004). De test bestaat uit 14 regels van 47 tekens. De tekens bestaan uit d's, p's en q's. Boven en onder deze letters kunnen nul tot twee streepjes staan. Er kunnen dus maximaal vier streepjes om elke letter staan. Aan de participant de opdracht om elke d met in totaal twee streepjes om zich heen weg te strepen. Deze worden de doelwitstimuli genoemd. Voor iedere regel krijgt de deelnemer 20 seconden.

2.4.2 Invloed van dyslexie op de d2-aandachts-en-concentratietest

De laatste definitie van de Stichting Dyslexie Nederland (SDN) luidt: 'Dyslexie is een specifieke leerstoornis die zich kenmerkt door een hardnekkig probleem in het aanleren van accuraat en vlot lezen en/of spellen op woordniveau, dat niet het gevolg is van omgevingsfactoren en/of een lichamelijke, neurologische of algemene verstandelijke beperking.' (2016). Hoewel de precieze oorzaak nog onbekend is, is wel duidelijk dat dyslexie een neurologische basis heeft. Dit houdt in dat afwijkingen in de hersenen leiden tot verstoringen in het opnemen van talige informatie. Het gaat dan vooral om de verwerking van klanken en letters, dat zich uit in moeite met lezen en spellen. Bij mensen met dyslexie verloopt de informatieverwerking bij lezen anders (Dyslexie centraal, 2022). Ook is zeker dat genetica een grote rol speelt bij dyslexie (Peterson & Pennington, 2012).

Door de problemen met het verwerken van letters is het voor personen met dyslexie niet mogelijk een typische d2-test af te nemen. Met de rede dat de score die hieruit zou volgen geen representatief beeld vormt van de concentratieprestatie (Hogrefe, n.d.). De limiterende factor bij het maken van de test is bij individuen met dyslexie de neurologische informatiever-

werking bij het lezen, en dus niet het concentratieniveau.

2.4.3 Leercurve in verband met de d2-test

Wellicht de belangrijkste factor om rekening mee te houden bij onderzoek naar de concentratie over langere tijd doormiddel van een d2-test is de leercurve. De leercurve houdt in dat iemand ergens beter in wordt naarmate hij of zij het vaker en/of langer uitvoert. Dit is vanzelfsprekend, maar heeft een enorme impact op de betrouwbaarheid van een gemeten variabele. Bij de d2-test uit zich deze leercurve heel duidelijk. Wanneer iemand de d2-test voor het eerst maakt, heeft deze persoon nog geen eerdere ervaring en volgt er een betrouwbare score. Het probleem ontstaat echter wanneer de test herhaaldelijk wordt afgenomen. Ondanks dat de test zelf nog steeds valide is, zal de score hoogstwaarschijnlijk zijn toegenomen. Dit is het fenomeen bekend als de leercurve (Tao et al., 2019). In het geval van de d2-test, is er een stijgende logaritmische leercurve te zien (zie figuur 2). De constante waarmee deze functie stijgt, verschilt echter per persoon. Dit houdt in dat één persoon een stijl leerproces vertoont, waar een ander een veel vlakker curve ervaart (Hellwig, 2014). De logaritmische functie eindigt in een horizontale asymptoot, wat inhoudt dat er een bovengrens is in hoeveel een persoon in de d2-test kan verbeteren. Belangrijk om rekening mee te houden is dat de leercurve beïnvloed kan worden door enorm veel redelijk kleine factoren. In het onderzoek van Tao et al. (2019) worden voorbeelden gegeven als: de soort verlichting, het aantal personen in een kamer, temperatuur, het koolstofdioxide gehalte in de lucht, de aanwezigheid van luchtstroom en zelfs de soort kleding. Het is mogelijk om in zekere mate rekening te houden met enige van deze factoren en een valide weergave te geven van een persoonlijke leercurve doormiddel van een wiskundig model, Tao et al. stellen daarvoor de volgende formule op: $y = (A_1 - A_2) / (1 + (X/m)^p) + A_2$

Hierin zijn A_1 , A_2 , m en p coëfficiënten voor regressie van de leercurve, afhankelijk van de persoon en de omstandigheden. Uit deze formule komt een constante voor de leercurve van een individu. Dit maakt het mogelijk om ieders unieke leercurve te kwantificeren en hiermee rekening te houden in een onderzoek. Wanneer er namelijk een nieuwe variabele wordt geïntroduceerd en er een verandering in de leercurve optreedt, is het mogelijk om te stellen dat dit is veroorzaakt door de variabele. Een alternatieve, eenvoudigere methode om rekening te houden met de leercurve is het werken met een controlegroep en een testgroep. Wanneer de controle- en testgroep groot genoeg zijn, is het mogelijk om het gemiddelde van de gemeten variabele tussen de twee groepen te vergelijken en hier valide uitspraak over te doen (D'Agostino, 1998).

3. Materiaal en Methode

3.1 Werving van deelnemers

De doelgroep van dit onderzoek waren leerlingen van de middelbare scholen Het Twickel College in Hengelo en Het Stedelijk Kottenpark geselecteerd. Deze deelnemers vielen binnen de leeftijdscategorie 16 tot 18 jaar en zaten op het VWO. Bij het werven van deelnemers werden leeftijd, geslacht en schoolniveau gevraagd in een intake-enquête om te garanderen dat de doelgroep van dit onderzoek bereikt wordt. Bovendien kan de betrouwbaarheid van het onderzoek beïnvloed worden als de deelnemer te maken heeft met concentratieproblemen of medicatie gebruiken die impact kan hebben op de concentratie. Hierdoor zijn deze factoren ook gevraagd in deze en-

quête. Daarnaast is er ook gevraagd of de deelnemers hart- en vaatziekten of reuma hebben. Koud douchen met deze ziektes wordt streng afgeraden. Als een deelnemer hart- en vaatziekten of reuma had, mochten ze niet koud douchen en werden ze in de controlegroep geplaatst (meer informatie daarover in 3.2). Verder werd er gevraagd of de participanten dyslexie hadden. Bij dyslexie is het leesvermogen beperkt, wat de prestatie op een d2-concentratietest negatief kan beïnvloeden. De deelnemers waren niet verplicht om de vragen hierover te beantwoorden. Als een deelnemer ervoor koos om deze gegevens niet te delen, last had van concentratieproblemen, dyslexie had of medicatie gebruikte, kon deze niet deelnemen aan het onderzoek. Tot slot werd aan de deelnemers gevraagd of ze al koud gedoucht hadden. Als dit het geval was, waren ze ook uitgesloten van deelname aan het onderzoek. Indien de deelnemers aan de gestelde eisen voldeden, was deelname aan het onderzoek toegestaan. Uiteindelijk hebben 23 participanten deelgenomen aan het experiment waarvan in totaal 13 jongens en 10 meisjes

3.2 Uitvoering van het onderzoek

De deelnemers werden verdeeld in een controlegroep en een testgroep. De testgroep moest gedurende 5 weken na elke reguliere douchebeurt koud douchen met grondwater gedurende 60 seconden. Dit moesten ze doen na de nulmeting van de d2-test. Dit houdt in dat op basis van het douchepatroon van de deelnemers wordt bepaald hoe vaak er koud gedoucht moet worden. De controlegroep kreeg de instructie om hun reguliere douchepatroon op te volgen zonder het koud douchen. Tijdens het koude douchen volgen de deelnemers de instructies van (Tjon-A-Tsien, z.d.). Deze instructies betreffen de manier van koud douchen en de bijbehorende ademhalingsoefeningen. In de onderzoeksperiode hebben zowel de controlegroep als de testgroep iedere week een d2-concentratietest afgenomen. Deze test werd elke week op precies dezelfde dag en hetzelfde tijdstip afgenomen. Hierdoor hadden de participanten zich op alle testdagen al ongeveer evenveel geconcentreerd, waardoor dit de resultaten zo min mogelijk konden beïnvloeden. Deze testdag verschillen per deelnemer, dus werden niet alle deelnemers op dezelfde dag getest.

Het protocol bij alle vijf de testen waren hetzelfde. Voorafgaand aan de test kregen de deelnemers een enquête met vragen naar algemene kennis, zoals hun voornaam, een vraag of er gebeurtenissen waren die zij dachten dat hun concentratie kon beïnvloeden en een vraag over hoe ze de afgelopen dagen hadden geslapen (zie figuur 3). Aan hun nachtrust konden ze een cijfer geven van 1 tot en met 7. Deze gegevens werden mee genomen in de data analyse. Na het invullen van de enquête kregen deelnemers uitleg over de d2-test, gevolgd door twee oefenregels. Vervolgens voerden ze de echte test uit die bestond uit 14 regels met 47 stimuli per regel, waarbij ze de 'd' met twee streepjes binnen 20 seconden per regel moesten wegstrepen. Het enige wat afweek van het protocol in de 5 weken, waren de afgenomen testen. Iedere week kregen ze een nieuwe test met de doelwitstimuli op andere plekken, waardoor ze de antwoorden niet van tevoren wisten. Test 1 diende als nulmeting om de aanvankelijke concentratie te bepalen vóór het koud douchen. Test 2, 3, 4 & 5 werden ingezet om concentratieverbeteringen te zien. Na test 5 kreeg de testgroep nog een eindenquête met de vraag of ze wel iedere keer hadden koud gedoucht (zie figuur 4). Als een deelnemer uit de testgroep vaker dan twee het koud douchen had overgeslagen, werden zijn resultaten niet meegenomen in het onderzoek.

3.3 Datahantering

Bij de d2-test worden drie criteria gebruikt om concentratie te evalueren: concentratie-prestatie (CP), verwerkingssnelheid (VS), en foutenpercentage (F%).

De verwerkingssnelheid (VS) is het totale aantal behandelde doelstimuli dat de deelnemers binnen de gestelde tijd hebben doorlopen. Hierbij worden niet alleen het geselecteerde doelstimuli meegeteld, maar ook de doelstimuli die zijn overgeslagen. De concentratie-prestatie (CP) wordt berekend door het aantal correct omcirkelde doelstimuli minus met de som van foutief gemarkeerde tekens (commissiefouten) en overgeslagen doelstimuli (omissiefouten).

$CP = VS - \text{commissiefouten} - \text{omissiefouten}$

Het foutenpercentage (F%) wordt bepaald door het totaal aantal fouten (Omissiefouten en Commissiefouten) te delen door het totaal aantal verwerkte doelstimuli (VS). $F\% = (F/VS) \times 100\%$. Om de invloed van de variabele "koud douchen" te meten, is ook er gekeken naar de toename van G%. Wanneer hier het gemiddelde van wordt genomen, is het mogelijk om de concentratieverbetering te vergelijken tussen de controle en de testgroep, en hiermee uitspraak te doen over de invloed van de variabele koud douchen.

4. Resultaten

Uit de data blijkt dat de testgroep consequent hoger heeft gescoord op de concentratietesten dan de controlegroep. Met name in de eerste en de vijfde test is er significant hoger gescoord door de testgroep, namelijk respectievelijk 2,1825 en 1,8333 punten hoger dan de controlegroep, zoals zichtbaar in tabel 1. Echter is de score van de testgroep in vergelijking met die van de controlegroep in de vijf weken minder verbeterd. De controlegroep is namelijk 3,375 punten vooruitgegaan in vijf weken, waar de testgroep maar 2,3958 punten vooruitgang toonde.

Verder is er een dal te zien in de prestatie van beide groepen op de vierde test, zichtbaar in figuur 5. Deze afzwakking wordt door de testgroep weer rechtgetrokken door een sporadische prestatieverbetering in week vijf. De controlegroep presteert in week vijf gemiddeld nog steeds lager dan de hoogste score in week drie. Doormiddel van een T-test blijkt dat er voor de data van de test- en controlegroep geldt dat $p < 0.21$ (T Test calculator, z.d.). Deze data voldoen niet aan de wetenschappelijke norm van $p < 0.05$.

Naast het verschil tussen de twee groepen, is er ook een verschil tussen de twee geslachten. In dit onderzoek scoorden vrouwen gemiddeld over alle vijf weken 93,8028 G%. Mannen scoorden gemiddeld over alle vijf testen een score van 92,9800 G%. Ondanks dat vrouwen in dit onderzoek gemiddeld hoger scoorden, scoorden ze niet consequent hoger. Wanneer de scores van de twee geslachten tegenover elkaar worden gezet op een grafiek wordt zichtbaar dat de concentratieprestatie van de vrouwen en mannen in het onderzoek elkaar afwisselen (fi).

Uit deze data kan ook de standaardafwijkingen van de groepen worden gehaald (zie tabel 4). Door dit te combineren met het gemiddelde is het mogelijk om te bepalen of de resultaten van de testgroep significant afwijken van die van de controlegroep. Hierbij wordt aangenomen dat de concentratieprestatie normaal verdeeld is. Verder wordt eenzijdig getoetst aan de rechterkant met $\alpha = 0,05$, om te kijken of deze data voldoet aan de wetenschappelijke norm $p < 0,05$. Dit is gedaan per week, met de standaardafwijking en gemiddelde van de controlegroep. Omdat uit literatuur blijkt dat de scores van mannen en vrou-

wen van elkaar afwijken zijn de scores onderverdeeld op geslacht. Hieruit volgt dat bij de vrouwen de score enkel in week vijf significant afwijkt en voldoet aan $p < 0.05$.

Wanneer er naar de data van de concentratieprestatie van de mannen verspreid over de vijf testen wordt gekeken, verschijnt er iets opmerkelijks. Met uitzondering van week één, hebben de mannen in de controlegroep consequent beter gepresteerd dan de mannen in de testgroep. Het is met uitzondering van week één dus niet mogelijk om hier enkelzijdig aan de rechterkant te testen voor een significant verschil met $\alpha = 0,05$. Voor de weken twee tot en met vijf wordt er dan ook enkelzijdig aan de linkerkant getest met $\alpha = 0,05$. Hier week geen enkele score van test één tot en met vijf significant af. Deze waarden voldoen dus niet aan de wetenschappelijke norm van $p < 0.05$. De absolute data suggereren iets over de concentratieprestatie, maar om onderscheid te maken in relatieve verbetering, en daarmee iets te kunnen zeggen over de invloed van de variabele koud douchen, moet er worden gekeken naar de toename per persoon tussen de testen. Wanneer hiervan een gemiddelde wordt genomen en vergeleken tussen de controlegroep en de testgroep, is het mogelijk om iets te zeggen over de leercurve tussen beide groepen. Dit kan worden gezien als de afgeleide van de score in G%, ofwel G%'. Dit is nuttig, omdat hiermee beide groepen beginnen op een score van 0, doordat er bij de eerste test nog geen verbetering mogelijk is. Dit maakt het simpeler om af te lezen en dus conclusies uit te trekken. Uit literatuur van Hellwig (2014) beek in 1.5 dat de leercurve een logaritmisch stijgende functie is met een horizontale asymptoot aan de bovenkant. De afgeleide hiervan ziet er dus uit als een logaritmisch dalende lijn met een asymptoot aan de onderkant waarbij $y \geq 0$. Wanneer de grafiek van G%' wordt opgesteld blijkt dit echter niet, sterker nog, de concentratieverbetering is negatief zoals blijkt in figuur 7. Ook bij deze wijze van benaderen van de concentratieverbetering wijkt geen enkele data significant af, door de atypische dataverspreiding blijkt uit een T-test dat bij de variabele G%' geldt $p < 0.53$ (T Test calculator, z.d.).

Een belangrijke factor met invloed op de meetresultaten is de slaapkwaliteit. Uit de data blijkt dat de testgroep beter sliep dan de controlegroep, zie figuur 8. Om deze data mee te nemen en rekening mee te houden in de conclusie is het belangrijk om te weten of de slaapkwaliteit van de twee groepen significant van elkaar afwijken. Hieruit volgt dat enkel de slaapkwaliteit in week 4 significant afwijkt.

5. Conclusie

Om terug te komen op de onderzoeksvraag: “Wat is het effect van koud afdouchen na elke reguliere douchebeurt voor vijf weken op het concentratievermogen van Vwo-leerlingen tussen de 16 en 18 jaar?”

Met deze data kan geen definitieve conclusie worden getrokken, ondanks de consequente hogere concentratieprestatie van de testgroep, blijkt bij de testgroep minder concentratieverbetering. Er is betrouwbare, valide literatuur betreffend de d2-test in verband met de leercurve en wanneer deze vergeleken worden met dit onderzoek zijn de resultaten te afwijkend om hier een valide conclusie over te kunnen trekken. Ondanks dat koud douchen een variabele is die in wetenschappelijke literatuur nog niet vaak eerder is gebruikt, zouden de metingen toch in grote lijnen overeen moeten komen met bestaande literatuur over de d2 leercurve. Met name in de grafieken wordt duidelijk hoe afwijkend de resultaten in dit onderzoek zijn.

Wanneer de lijnen van de controlegroep in figuur 5 vergeleken wordt met de typische d2-leercurve in figuur 2, blijkt hoe sterk de meetresultaten afwijken, deze zouden theoretisch vrij identiek moeten zijn, toch is dit niet zo. Met name de concentratieprestatie in G% van week vier is sterk afwijkend, omdat deze een daling vertoont. Dit is opvallend, want volgens de typische leercurve van de D2-test, zoals beschreven in 1.5, zouden beide groepen rond dit punt duidelijke verbetering moeten vertonen. Een dal zou dus niet mogelijk moeten zijn. Ook wanneer er wordt gekeken naar de concentratieverbetering G%, wijken de resultaten af van bestaande literatuur, sterker nog, de negatieve waarde in week vier zouden volgens de literatuur van Tao et al. (2019) en Hellwig (2014) niet eens mogelijk moeten zijn. Op basis van deze onlogische data is het onbetrouwbaar om conclusies te trekken. Wel blijkt uit de resultaten dat er een meetbaar verschil is tussen het concentratieniveau van personen die wel of niet kouden douchen, echter niet significant volgens deze data. Dit is een goede reden om vervolgonderzoek te verrichten.

6. Discussie

Voor dit onderzoek is gebruikgemaakt van een nieuw ontwikkelde test ter vervanging van de bestaande d2-aandachts- en concentratietest. Echter, de zelf ontwikkelde d2-test is niet onderworpen aan een validatieprocedure. Dit gebrek aan validatie kan mogelijk van invloed zijn geweest op de meetresultaten, aangezien de validiteit van deze test niet vooraf is vastgesteld. Desalniettemin wordt binnen dit onderzoek de zelf ontwikkelde test als valide beschouwd, aangezien zowel het principe als het uiterlijk ervan zijn afgeleid van de d2-aandachts- en concentratietest.

De steekproefgrootte van dit onderzoek was beperkt, enkel 23 jongeren, waarvan 13 mannen en 10 vrouwen. Daardoor zijn de resultaten niet representatief voor iedereen van Nederland tussen die leeftijd. Voor een vervolgonderzoek naar het verband tussen concentratie en koud douchen zou een grotere groep jongeren moeten worden getest. De beperkte steekproefgrootte is ook de reden voor de grote standaardafwijking in het onderzoek. Hierdoor wijken data minder snel significant af. Ook zorgt de spreiding in combinatie met de beperkte totale data, door de kleine steekproefgrootte, voor een hoge p-waarde. Bij vervolgonderzoek is een grotere steekproefgrootte essentieel, dit verkleint de standaardafwijking en de p-waarde. Hierdoor zijn duidelijker significante afwijkingen te zien en wordt de betrouwbaarheid van de meetresultaten vergroot. Dit zou de betrouwbaarheid van het onderzoek enorm verhogen, wellicht in zoverre dat er dan een valide conclusie getrokken kan worden. Ook is het onderzoek uitgevoerd in dezelfde regio, namelijk regio Twente. Hierdoor kan het niet worden uitgesloten dat de resultaten ook mogelijk plaatsgebonden kunnen zijn. Om dit uit te sluiten zou ook grootschaliger onderzoek moeten gebeuren.

Tijdens het uitgevoerde onderzoek werden tevens concentratietesten uitgevoerd binnen een groepscontext met meerdere deelnemers. Dit fenomeen heeft aantoonbaar effect op het concentratievermogen (D2 - D2 aandachts- en concentratietest – Hogrefe, Psychologische, Testuitgeverij, Boeken, Tests, Psychologie, Psychotherapie, z.d.). Er komt hierdoor namelijk een verschil in het concentratievermogen wanneer een test op individuele basis wordt afgenomen in vergelijking met het gelijktijdig uitvoeren van testen met meerdere mensen. Onderzoek suggereert dat concentratie het meest optimaal is wanneer een

individueel alleen zit, maar naarmate de groepsgrootte toeneemt (Jahncke & Hallman, 2020), kunnen externe factoren zoals geluid en beweging ook toenemen, wat invloed kan hebben op het concentratievermogen.

In de enquêtes voorafgaand aan de test werd elke week gevraagd naar de slaapkwaliteit, deze is enigszins meegenomen in de resultaten, maar beperkt rekening mee gehouden. Door de grote standaardafwijking van de concentratieprestatie G% wijkt die data al niet significant af. Hierdoor is het ook niet mogelijk om daar een foutmarge bij te berekenen waarbij rekening wordt gehouden met de slaapkwaliteit. Dit is spijtig, want uit de resultaten blijkt dat er wel degelijk een meetbaar verschil was in de slaapkwaliteit tussen de test- en de controlegroep. Helaas is hier door de grote standaardafwijking door de beperkte steekproefgrootte geen significant verschil uit gekomen. Hierdoor kon de data van de slaapkwaliteit niet op een valide wijze verwerkt worden door middel van foutmarges.

De testen die werden afgenomen werden soms op verschillende testlocaties afgenomen. Het resultaat van de test kan variëren op basis van de testlocatie (Minchen, 2007). Het tijdstip van koud douchen was per persoon ook anders. Dit betekent ook dat de tijd tussen het koud douchen en het maken van de test niet voor iedereen hetzelfde was. Dit zorgt er ook voor dat het concentratievermogen verschilde per persoon. Bovendien kunnen de individuele gewoonten met betrekking tot hoe vaak iemand doucht ook een rol spelen bij het concentratievermogen. Verder is er bij het onderzoek geen rekening gehouden met bepaalde factoren, waarvan uit onderzoek blijkt dat ze wel degelijk invloed hebben op de concentratie. De grootste hiervan is cafeïne inname. Veel jongeren drinken koffie (Ruesink, 2022) en dit bevat cafeïne, dit is van invloed op de concentratie en cognitieve functies (Nehlig, 2010). Hier is geen rekening mee gehouden in het onderzoek. Dit is opzettelijk niet gebeurd, omdat zo'n groot gedeelte van de jongeren koffie drinkt, dat als de resultaten beïnvloed door het gebruik van cafeïne niet zouden worden meegenomen, de steekproefgrootte drastisch verkleind zou zijn.

Het heeft zich meerdere malen voorgedaan dat testafnames werden verschoven als gevolg van ziekte, afwezigheid of persoonlijke redenen van deelnemers. Hierdoor ontstonden situaties waarin het interval tussen opeenvolgende tests niet hetzelfde was. Deze variabiliteit beïnvloedt de validiteit, aangezien niet alle deelnemers dezelfde tijdsduur tussen tests hebben ervaren. Dit maakt het minder betrouwbaar om een valide conclusie te kunnen maken.

Gedurende de vijf weken van het onderzoek vonden diverse gebeurtenissen plaats die direct of indirect het concentratievermogen van de deelnemers zouden kunnen beïnvloeden. Een opmerkelijk voorbeeld hiervan was de herfstvakantie, die plaatsvond midden in de geplande testperiode. De mogelijke invloed van deze week van rust, waarin leerlingen geen school activiteiten hadden, kan variëren en heeft mogelijk effect gehad op zowel concentratie als de leercurve van de D2-test.

De conclusies die je kunt trekken aan de hand van de invalide data die uit dit onderzoek is gekomen zullen wel valide zijn, maar niet betrouwbaar, omdat de resultaten invalide zijn. Voor een vervolgonderzoek moet rekening gehouden worden dat er meer participanten mee moeten doen. Volgens Cochran's formule, de formule die de minimale steekproefomvang aangeeft

die nodig is om een bepaalde foutmarge te behalen bij een bepaalde populatiegrootte, wordt gesuggereerd om te werken met ongeveer 97 participanten voor een foutmarge van 10% en een betrouwbaarheidsniveau van 95%. Daarnaast dienen de bovengenoemde punten in de discussie te worden overwogen. Om dus wel een betrouwbare conclusie te geven op de vraag: "Wat is het effect van koud afdouchen na elke reguliere douchebeurt voor vijf weken op het concentratievermogen van Vwo-leerlingen tussen de 16 en 18 jaar?"

7. Bibliografie

Ajjimaporn, A., Chaunchaiyakul, R., Pitsamai, S., & Widjaja, W. (2019). Effect of Cold shower on recovery from High-Intensity cycling in the heat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(8), 2233–2240. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003017>

Barnes, J. N., & Corkery, A. T. (2018). Exercise improves vascular function, but does this translate to the brain? *Brain plasticity*, 4(1), 65–79. <https://doi.org/10.3233/bpl-180075>

Bates, M. E., & Lemay, E. P. (2004). The D2 test of attention: Construct validity and extensions in scoring techniques. *Journal of The International Neuropsychological Society*, 10(03). <https://doi.org/10.1017/s135561770410307x>

Buijze, G. A., Sierevelt, I. N., Van Der Heijden, B. C. J. M., Dijkgraaf, M. G. W., & Frings-Dresen, M. H. W. (2016a). The effect of cold showering on health and work: a randomized controlled trial. *PLOS ONE*, 11(9), e0161749. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161749>

Burgerhout, W. (2017, december). Visies op vermoeidheid Deel 2 hobbels en valkuilen in het onderzoek. researchgate. Geraadpleegd op 9 januari 2024, van https://www.researchgate.net/profile/Wim-Burgerhout/publication/322049984_Visies_op_vermoeidheid_Deel_2_Hobbels_en_valkuilen_in_het_onderzoek/links/5a40c-c0faca272d294535725/Visies-op-vermoeidheid-Deel-2-Hobbels-en-valkuilen-in-het-onderzoek.pdf
d2 - d2 Aandachts- en concentratietest – Hogrefe, psychologische, testuitgeverij, boeken, tests, psychologie, psychotherapie. (z.d.). <https://www.hogrefe.com/nl/shop/d2-aandachts-en-concentratietest.html>

Eikelboom, W. S. (2020, 16 juli). Concentratie: gefocust blijven in tijden van afleiding. *Tijdschrift voor Neuropsychologie*. https://www.tvnp.nl/inhoud/tijdschrift_artikel/NP-15-2-7/Concentratie-Gefocust-blijven-in-tijden-van-afleiding

Falls, H. B., & Humphrey, L. (1970). Effect of length of cold showers on skin temperatures and exercise heart rate. *The Research quarterly of the American Association for Health, Physical Education, and Recreation*, 41(3), 353–360. <https://doi.org/10.1080/10671188.1970.10614981>

Gavras, H., Brunner, H. R., Laragh, J. H., Sealey, J. E., Gavras, I., & Vukovich, R. A. (1974). An Angiotensin Converting-Enzyme inhibitor to identify and treat vasoconstrictor and volume factors in hypertensive patients. *The New England Journal of Medicine*, 291(16), 817–821. <https://doi.org/10.1056/nejm197410172911603>

Geurts, C., Sleivert, G. G., & Cheung, S. S. (2005). Local cold acclimation of the hand impairs thermal responses of the finger without improving hand neuromuscular function. *Acta Physiologica Scandinavica*, 183(1), 117–124. <https://doi.org/10.1111/j.1365-201x.2004.01374.x>

Hagen, R. (1990). Werken in de kou: veel klacht-

en over klimaat. <https://repository.tno.nl/islandora/object/uuid:a8ac235e-695f-4912-8531-4db35b3989f5>

Harvard Health. (2014, 1 maart). Sharpen thinking skills with a better night's sleep. <https://www.health.harvard.edu/mind-and-mood/sharpen-thinking-skills-with-a-better-nights-sleep#:~:text=The%20problem,or%20react%20to%20dangerous%20situations.>

Hellstrom, H. R. (1979). Coronary artery vasospasm: the likely immediated cause of acute myocardial infarction. *Heart*, 41(4), 426–432. <https://doi.org/10.1136/hrt.41.4.426>

Hellwig, R. T. (2014). Considering training effects in performance tests – the case of the d2-attention test. Aalborg University's Research Portal. <https://vbn.aau.dk/en/publications/considering-training-effects-in-performance-tests-the-case-of-the>

Herrmann, C., Candas, V., Hoeft, A., & Garreaud, I. (1994). Humans under showers: thermal sensitivity, thermoneutral sensations, and comfort estimates. *Physiology & Behavior*, 56(5), 1003–1008. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(94\)90335-2](https://doi.org/10.1016/0031-9384(94)90335-2)

Hersenstichting. (2023, 4 juli). Wat is ADHD? ADHD (Attention Deficit Hyperactivity Disorder) - Hersenstichting. <https://www.hersenstichting.nl/hersenaandoeningen/adhd/>

Hersenstichting. (2023, 4 juli). Wat is EEnME / CVS? - Hersenaandoening - hersenstichting. <https://www.hersenstichting.nl/hersenaandoeningen/me/>

Ik heb ME/CVS | Thuisarts.nl. (z.d.). <https://www.thuisarts.nl/chronisch-vermoeidheid-syndroom/ik-heb-chronisch-vermoeidheidssyndroom>

Is een ijskoude douche in de ochtend nou echt zo gezond? :: Universiteit van Nederland. (z.d.). <https://www.universiteitvannederland.nl/college/is-een-ijskoude-douche-in-de-ochtend-nou-echt-zo-gezond>

Jahncke, H., & Hallman, D. (2020). Objective measures of cognitive performance in activity based workplaces and traditional office types. *Journal Of Environmental Psychology*, 72, 101503. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2020.101503>

Janský, L., Šrámek, P., Savlíková, J., Uličný, B., Janáková, H., & Horký, K. (1996). Change in sympathetic activity, cardiovascular functions and plasma hormone concentrations due to cold water immersion in men. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 74(1–2), 148–152. <https://doi.org/10.1007/bf00376507>

Kluger, B. M., Krupp, L., & Enoka, R. M. (2013a). Fatigue and fatigability in Neurologic Illnesses: Proposal for a unified taxonomy. *Neurology*, 80(4), 409–416. <https://doi.org/10.1212/wnl.0b013e31827f07be>

Kluger, B. M., Krupp, L., & Enoka, R. M. (2013b). Fatigue and fatigability in neurologic illnesses: Proposal for a unified taxonomy. *Neurology*, 80(4), 409–416. <https://doi.org/10.1212/wnl.0b013e31827f07be>

Levarne. (z.d.). Vermoeidheid: oorzaken en wat te doen? | Gezondheidsplein. <https://www.gezondheidsplein.nl/aandoeningen/vermoeidheid/item39084>

Meernik, I. (2021, 21 september). Koud douchen? hoe kun je er mee beginnen? Gezondheidsnet. <https://www.gezondheidsnet.nl/overgewicht-en-afvallen/koud-douchen-hoe-kun-je-er-mee-beginnen>

Minchen, B. J. (2007, 1 mei). The effects of classroom seating on students' performance in a high school science setting. <https://soar.suny.edu/handle/20.500.12648/5615>

Moeite met aandacht, concentreren of onthouden? Neuromodulatie kan helpen. (z.d.). <https://www.brai3n.com/aandoening/cognitieve-stoornissen/#:~:text=Vormen%20van%20aandacht-%20en%20concentratiestoornissen%20De%20meest%20gekende,rekent%20AD%20%28H%29D%20terecht%20tot%20de%20neurobiologische%20ontwikkelingsstoornissen.>

Nakamoto, M. (1990). Responses of sympathetic nervous system to cold exposure in vibration syndrome subjects and age-matched healthy controls. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 62(2), 177–181. <https://doi.org/10.1007/bf00383595>

Nationaal Koffie & Thee Onderzoek 2020: We missen ons gezamenlijke koffie- en theemoment - Koffie & Thee Nederland. (z.d.). <https://koffiethee.nl/artikelen/nationaal-koffie-thee-onderzoek-2020-we-missen-ons-gezamenlijke-koffie-en-theemoment>

Nehlig, A. (2010). Is caffeine a cognitive enhancer? *Journal of Alzheimer's Disease*, 20(s1), S85–S94. <https://doi.org/10.3233/jad-2010-091315>

Nilsson, J., Söderström, M., Karlsson, A., Lekander, M., Åkerstedt, T., Lindroth, N., & Axelsson, J. (2005). Less effective executive functioning after one night's sleep deprivation. *Journal of Sleep Research*, 14(1), 1–6. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.2005.00442.x>

Nursing, 34(2), 174–176. <https://doi.org/10.1016/j.jen.2007.11.006>

Oorzaken | Dyslexie centraal. (2022, 9 februari). <https://dyslexiecentraal.nl/weten/dyslexie/oorzaken>

Peterson, R. L., & Pennington, B. F. (2012). Developmental dyslexia. *The Lancet*, 379(9830), 1997–2007. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(12\)60198-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(12)60198-6)

Pilcher, J. J., & Walters, A. S. (1997). How sleep deprivation affects psychological variables related to college students' cognitive performance. *Journal of American College Health*, 46(3), 121–126. <https://doi.org/10.1080/07448489709595597>

Prosty, C., Gabrielli, S., Le, M., Ensina, L. F., Zhang, X., Netchiporouk, E., & Ben-Shoshan, M. (2022). Prevalence, Management, and Anaphylaxis Risk of Cold Urticaria: A Systematic Review and Meta-Analysis. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, 10(2), 586-596.e4. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2021.10.012>

Ruesink, L. (2022, 10 augustus). Koffiestatistieken – cijfers voor de echte koffieliefhebbers. EdeStad.nl Nieuws uit de regio Ede. <https://www.edestad.nl/lokaal/partnercontent/845553/koffiestatistieken-cijfers-voor-de-echte-koffieliefhebbers>

Rupp, K. A., Selkow, N. M., Parente, W. R., Ingersoll, C. D., Weltman, A., & Saliba, S. A. (2012). The effect of cold water immersion on 48-Hour performance testing in collegiate soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(8), 2043–2050. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e318239c3a1>

Salonia, J. (2008). Common blood thinners: What are the differences? *Journal of Emergency*

Sara, S. J. (2009). The locus coeruleus and noradrenergic modulation of cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(3), 211–223. <https://doi.org/10.1038/nrn2573>

Shevchuk, N. A. (2008). Adapted cold shower as a potential treatment for depression. *Medical Hypotheses*, 70(5), 995–1001. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2007.04.052>

Sleepfast. (z.d.). Hoelang kan een mens zonder slaap | Sleep Fast. Sleep Fast. <https://www.sleepfast.nl/blogs/sleep->

notes/hoelang-kān-een-mens-zonder-slaap/#:~:text=De%20gevolgen%20van%20slaaptekort%20op%20de%20lange%20termijn&text=Als%20je%20echter%20een%20slaaptekort,om%20goed%20te%20kunnen%20functioneren.

Smits, T. (2023, 4 oktober). ADHD in de hersenen - neurofeedback bij ADHD en ADD - Brainmed. Brainmed. <https://www.brainmed.nl/faq-items/adhd-in-de-hersenen/>

Studocu. (n.d.). Les 7 - College-aantekeningen 7 - Les 7: Aandacht Wat is aandacht? Belangrijk wanneer we binnen de - Studocu. <https://www.studocu.com/nl-be/document/universiteit-gent/neuropsychologie/les-7-college-aantekeningen-7/1700310> naar. <https://www.koudeseminaar.nl/koud-douchen-instructie/>

T Test calculator. (z.d.). <https://www.graphpad.com/quickcalcs/ttest2/>

Thapar, A., Cooper, M., Eyre, O., & Langley, K. (2012). Practitioner review: What have we learnt about the causes of ADHD? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 54(1), 3–16. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2012.02611.x>

Van Etten, C. (2021, 21 juli). Mogelijke oorzaken van je concentratieproblemen - Dokter.nl. Dokter.nl. <https://www.dokter.nl/nieuws/hersenen-en-zenuwen/mogelijke-oorzaken-van-je-concentratieproblemen/#Oorzaken%20Van%20Concentratieproblemen>

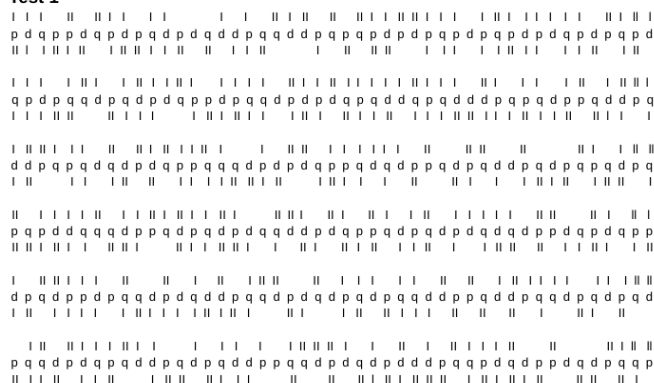
Van Hasselt, E. (2023, 1 september). Soorten vermoeidheid: het verschil tussen fysieke, mentale en hormonale moeheid - Holistik. Holistik. <https://holistik.nl/soorten-vermoeidheid/>

Waterdata. (z.d-a). Data Rijkswaterstaat. <https://rijkswaterstaatdata.nl/waterdata/wijzijnMEO>. (2023, 24 november). Wat is ME/CVS? MECVS Nederland. <https://mecvs.nl/over-me-cvs/wat-is-me-cvs/>

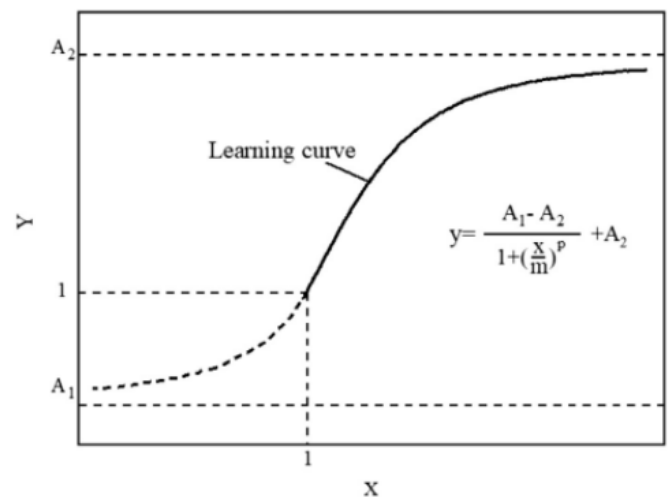
Wigley, F. M. (2002). Raynaud's Phenomenon. The New England Journal of Medicine, 347(13), 1001–1008. <https://doi.org/10.1056/nejmcp013013>

8. Figuren

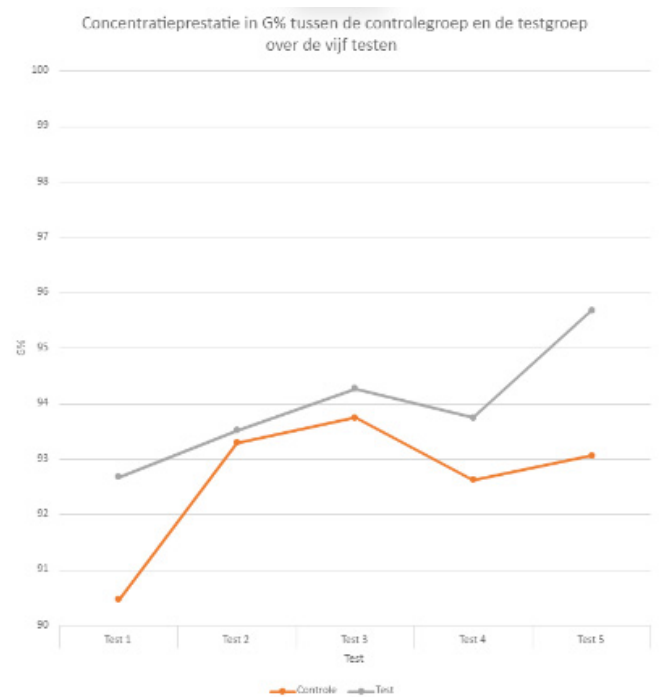
Test 1



Figuur 1 - d2-concentratietest



Figuur 2 - de algemene logaritmische functie van een leercurve, waarin A_1 , A_2 , m en p coëfficiënten zijn voor regressie van de leercurve, afhankelijk van de persoon en de omstandigheden.



Figuur 5 - grafiek met daarin de gemiddelde testcores van de twee groepen weergegeven, y-as begint bij G%=90

Naam (Voornaam)?

Op een schaal van 1 op 7, hoe was jouw concentratie de afgelopen week? (Een 1 is slecht, een 7 is uitstekend)

1 2 3 4 5 6 7

Hebben er de afgelopen week evenementen plaatsgevonden waarvan jij denkt dat het invloed zou kunnen hebben op jouw concentratie?

Op een schaal van 1 op 7, hoe was jouw slaapkwaliteit de afgelopen twee dagen? (Waarbij 1 heel slecht is en 7 uitstekend)

1 2 3 4 5 6 7

Heb je verder nog vragen of opmerkingen?

Figuur 3 - enquête leerling

Eindvragen

Heb je na iedere douchebeurt koud afgedoucht? Zo nee, hoe vaak denk je niet te hebben koud afgedoucht?

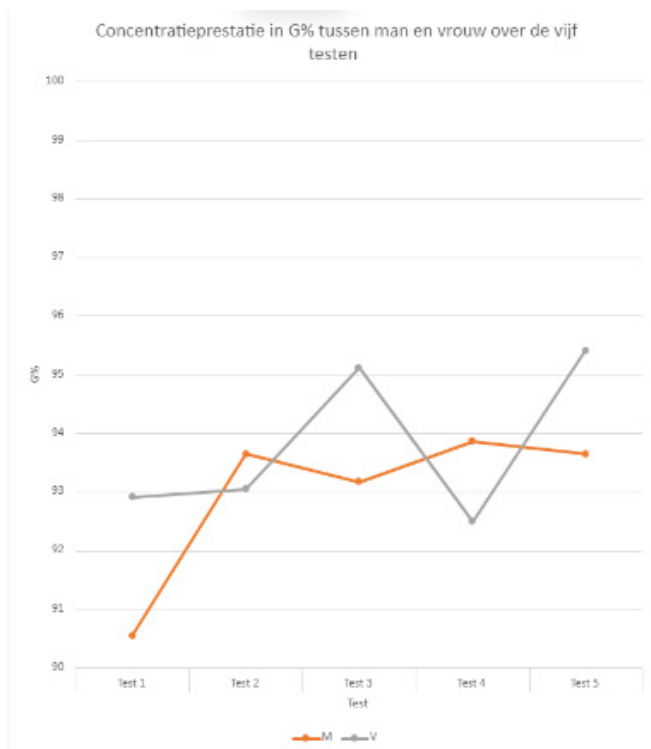
Op een schaal van 1 op 7, hoe is jouw concentratievermogen, volgens jou, verbeterd gedurende de testperiode? (Een 1 is niet, een 7 is heel erg)

1 2 3 4 5 6 7

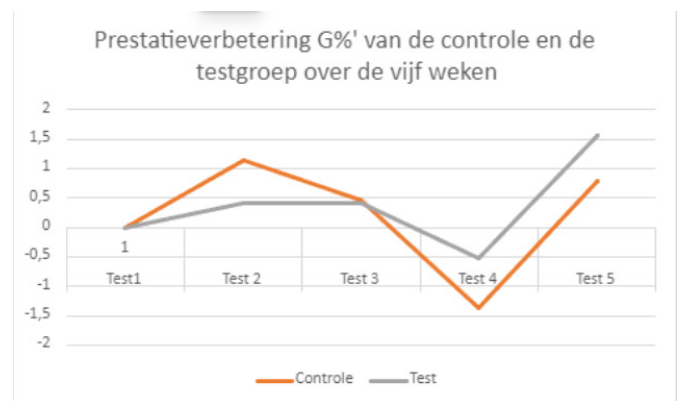
Zou je voortaan uit jezelf koud afdouchen?

Zou je het andere leerlingen aanraden om koud af te douchen?

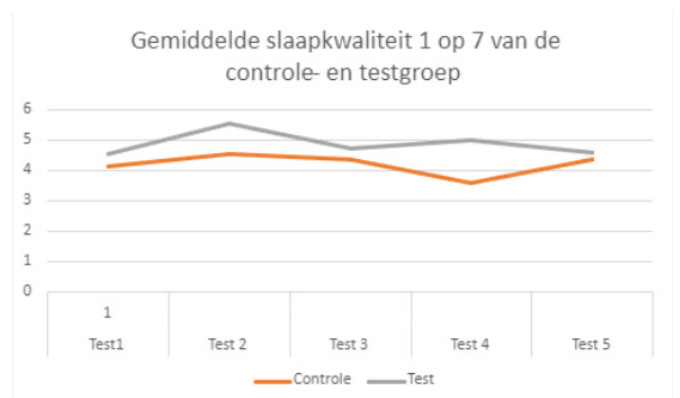
Figuur 4 - eindenquête leerling



Figuur 6 - concnetratieprestatie in G% tussen man en vrouw grafisch weergegeven (geen onderscheid tussen test- en controlegroep) y-as begint bij G%=90



Figuur 7 - de gemiddelde prestatieverbetering van de controle- en de testgroep over vijf weken grafisch weergegeven



Figuur 8 - slaapkwaliteit van de test- en controlegroep over vijf weken grafisch weergegeven

9. Tabellen

Tabel 1

	Test1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
Groep	Average of G%	Average of G%2	Average of G% 3	Average of G% 4	Average of G% 5
Controle	90,46875	93,29545455	93,75	92,625	93,06818182
Test	92,67857143	93,52272727	94,27083333	93,75	95,68181818
Grand Total	91,5	93,40909091	94,02173913	93,21428571	94,375

Tabel 2

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
Geslacht	Average of G%	Average of G%2	Average of G% 3	Average of G% 4	Average of G% 5
M	90,55555556	93,65384615	93,17307692	93,86363636	93,65384615
V	92,91666667	93,05555556	95,125	92,5	95,41666667
Grand Total	91,5	93,40909091	94,02173913	93,21428571	94,375

Tabel 3

		Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
Groep	Geslacht	Average of G%	Average of G%2	Average of G% 3	Average of G% 4	Average of G% 5
Controle	M	89,75	94,10714286	94,28571429	94,58333333	93,92857143
	V	91,66666667	91,875	92,8125	89,6875	91,5625
Controle Total		90,46875	93,29545455	93,75	92,625	93,06818182
Test	M	91,5625	93,125	91,875	93	93,33333333
	V	94,16666667	94	96,66666667	94,375	98,5
Test Total		92,67857143	93,52272727	94,27083333	93,75	95,68181818

Tabel 4

Groep	Geslacht	StDev Week 1	StDev Week 2	StDev week 3	StDev week 4	StDev week 5	Gem week 1	Gem week 2	Gem week 3	Gem week4	Gem week 5
Test	Man						91,5625	93,125	91,875	93	93,333
	Vrouw						94,1667	94	96,667	94,375	98,5
Controle	Man	3,7914	3,122	2,6865	2,189	3,4932	89,75	94,107	94,287	94,583	93,929
	Vrouw	1,9094	3,3072	2,577	5,5316	2,5769	91,6667	91,875	92,813	89,688	91,563

De invloed van dextrose opgelost in water op de hartslagfrequentie en de bloeddruk bij vrouwen van 15 tot en met 18 jaar

M.V. van Klaarbergen², S. te Walvaart¹, L. Jonkman¹, R. Kamperman¹, E. Bouwman², M. Müller³

¹ Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede.

² Het Stedelijk, Zutphen.

³ Scholengemeenschap Marianum, Groenlo.

Abstract - Nowadays, many sugary drinks are consumed. This provides a supply of energy, which allows the heart to beat faster and blood pressure to rise. If this is the case, it could have adverse health consequences. That is why this study examines the effects of dextrose dissolved in water on heart rate and blood pressure. The group of test subjects consisted of women aged 15 to 18, who exercise on average 2 to 4 hours per week. The expectation states that both heart rate and blood pressure will increase after taking dextrose dissolved in water. It is also expected that the increase will be greater the more dextrose is consumed. This research consists of literature research and an experiment. During the experiment, heart rate and blood pressure are measured before ingestion of the dextrose, 10 minutes after ingestion and 20 minutes after ingestion. This research shows that the heart rate and blood pressure do not increase but decrease. They decrease in both the control group, consisting of women who only drink water without dextrose, and the experimental groups. The heart rate and blood pressure decrease more in the experimental groups. However, not enough test subjects were used to obtain valid results. The test subjects are not fairly distributed across the groups. The blood pressure monitors are also not very accurate, there are many deviations. The experiment was carried out in two different places with different materials. It is also not possible to determine whether the dextrose has completely dissolved in the water. The test subjects were not allowed to use any medication, but this did not include oral contraceptive. Women who were menstruating also participated in the experiment. The test subjects had to exercise an average of 2 to 4 hours per week to participate, but no distinction was made between the type of sport. Furthermore, the processing of the results is partly done manually, so there may be minor calculation errors. All these things might have had an influence on the results.

1. Introductie

In de winkel staan ze overal: drankjes met grote hoeveelheden suiker. Niet alleen sportdrankjes, maar ook frisdranken zijn overal terug te vinden. De suiker geeft het lichaam energie. Hierdoor zou het hart eventueel sneller kunnen gaan kloppen en de bloeddruk zou kunnen stijgen. Als dit zo is, kan dit nadelige effecten hebben op de gezondheid. Het is dus relevant om te kijken naar de effecten van suiker op de hartslagfrequentie en de bloeddruk. Het onderzoek bestaat uit literatuuronderzoek en een experiment. De controlevariabelen en de diverse afhankelijke en onafhankelijke variabelen van dit onderzoek worden uitgelegd en omschreven in het theoretisch kader. Deze informatie is verzameld door literatuuronderzoek. De onderzoeksvraag is: Wat is de invloed van dextrose opgelost in water op de hartslagfrequentie en de bloeddruk bij vrouwen van 15 tot en met 18 jaar?

Er wordt verwacht dat de dextrose ervoor zorgt dat de bloeddruk en de hartslagfrequentie stijgen, omdat uit onderzoek van Scholey en Kennedy (2004) blijkt dat bij een glucose-drink de hartslagfrequentie toeneemt. Volgens het onderzoek gaat de hartslagfrequentie omhoog na het innemen van glucose. De bloeddruk wordt beïnvloed door de hartslag. Als de hartslagfrequentie stijgt, zal als gevolg ook de bloeddruk stijgen. Naarmate de hoeveelheid dextrose groter wordt, zullen de hartslagfrequentie en de bloeddruk ook hoger worden. Bij de isotone drank zal de stijging eerder te zien zijn dan bij de hypotone en hypertone drank, want volgens Gambon (2017) worden de vloeistoffen met dezelfde osmotische waarde als het bloed sneller opgenomen dan vloeistoffen met een andere osmotische waarde dan het bloed. De hypertone drank zal de meeste stijging veroorzaken, omdat er meer dextrose in zit.

2. Theoretisch kader

2.1 Invloed van suikerdranken op de bloeddruk en hartslagfrequentie

Suikerdranken zorgen voor een verhoogde hartslag en bloeddruk (DiNicolantonio et al., 2014) (Brown et al., 2011). Bij

inname van suikerdranken wordt het sympatische zenuwstelsel geactiveerd met als resultaat een verhoogde hartslag en een verandering in de vasculaire tonus, de diameter van het bloedvat (DiNicolantonio et al., 2014). Ook leidt inname van suikerdranken tot een verhoogde bloeddruk (DiNicolantonio et al., 2014). Redenen die DiNicolantonio et al. (2014) hiervoor noemen zijn dat de suikerdranken het afscheiden van insuline zouden stimuleren, wat resulteert in het vasthouden van natrium en water, en dat suikerdranken zouden zorgen voor een verandering in de vasculaire tonus.

Er zijn verschillende invloeden op de bloeddruk, afhankelijk van de gebruikte soort suiker. Martínez et al. (1994) schrijft dat het voeren van honden met voer met een hoog fructosegehalte zorgt voor hypertensie en hij heeft bij dit onderzoek als controlegroep honden gevoerd met een soortgelijk dieet met dextrose. Hier kwam uit dat de gemiddelde MAP significant steeg (Martínez et al., 1994). DiNicolantonio et al. (2014) verwijst naar een onderzoek onder 20 mannen, waarbij inname van een met sucrose gezoete drank leidde tot een significante verhoging van de bloeddruk.

2.2 Absorptietijd van water

Water wordt in de maag en de dunne darm geabsorbeerd en vervolgens via het bloed vervoerd naar verschillende weefsels. De absorptie van een glas water gebeurt op een lege maag binnen vijf minuten en als de maag niet leeg is, kan de absorptietijd oplopen tot een paar uur (Haarhuis, z.d.). Om het experiment betrouwbaar te houden, mocht tot 2 uur voor het experiment niet gedronken worden, want dan is tijdens het experiment de maag leeg en is de absorptietijd van het water voor iedereen gelijk (Nuchter Zijn, n.d.-b).

2.3 Leeftijd

Naarmate mensen ouder worden neemt de stijfheid van bloedvaten toe door beschadiging van de vaatwand of door verkalking van de aderen (Beulens et al., z.d.). Stijvere bloedvaten zijn minder goed in staat om de pompkracht die bij iedere hartslag

wordt opgebouwd over het lichaam te verdelen, resulterende in een hogere bloeddruk (Beulens et al., z.d.). Bij vrouwen stijgt de bloeddruk vaak na de overgang. Dit heeft mogelijk te maken met een toename in gewicht tijdens deze levensfase, waardoor de kans op een verhoogde bloeddruk toeneemt (Beulens et al., z.d.).

Het hart groeit met het lichaam mee en is dus als het lichaam volgroeid is ook volgroeid (Hartstichting, 2023). Gemiddeld zijn meisjes met 15 jaar lichamelijk volwassen (Puberteit bij meisjes, z.d.). Er is daarom gekozen voor vrouwen van 15 t/m 18 jaar.

2.4 Alcohol

Overmatig alcoholgebruik verhoogt het risico op een hoge bloeddruk, maar ook op de korte termijn zorgt alcoholgebruik voor een verandering in de bloeddruk (Cotten, 2023). Dit hangt af van de hoeveelheid die gedronken wordt en na hoeveel uur de bloeddruk gemeten wordt (Cotten, 2023). Na 24 uur is de bloeddruk weer terug op het niveau van voor het drinken en heeft dan dus geen invloed meer (Cotten, 2023). Ook zorgt alcohol voor een stijging van de hartslag (Cotten, 2023). Ook dit is afhankelijk van de hoeveelheid alcohol en na hoeveel uur gemeten wordt, maar na 24 uur is ook de hartslag weer terug op het niveau voor het drinken (Cotten, 2023). Om alcohol geen effect te laten hebben op het onderzoek, mochten de proefpersonen 24 uur van tevoren geen alcohol drinken.

2.5 Cafeïne

Cafeïne stimuleert het sympatische zenuwstelsel, waardoor onder andere adrenaline en cortisol vrijkomen (Victoria State Government & Alcohol and Drugs Foundation, z.d.). Dit zorgt voor een stijging in de hartslagfrequentie en de bloeddruk (Victoria State Government & Alcohol and Drugs Foundation, z.d.). Deze effecten kunnen tot 12 uur optreden (Victoria State Government & Alcohol and Drugs Foundation, z.d.). In het onderzoek van Mesas et al. (2011) zorgde de inname van cafeïne voor een stijging van de bloeddruk, zowel de bovendruk als de onderdruk. Dit effect trad binnen een uur na inname op en duurde 3 uur of meer (Mesas et al., 2011). Verder heeft de inname van cafeïne geen langetermijneffect op de bloeddruk (Mesas et al., 2011). Om te voorkomen dat dit het onderzoek beïnvloed, mochten de proefpersonen 12 uur van tevoren geen cafeïne drinken.

2.6 Roken

Sigaretten en vapes zijn schadelijk voor het hart- en vaatstelsel. De kleine tabaksdeeltjes van een sigaret leiden tot beschadigingen van de vaatwand, waardoor ze ruwer worden en vetten en cholesterol zich makkelijker kunnen afzetten (Hartstichting, 2023). Hierdoor raken de bloedvaten langzaam verstopt en stijgt de bloeddruk (Gommers et al., 2021, p. 45). Daarnaast ontstaat bij de verbranding van tabak koolmonoxide, wat direct de vaatwand beschadigt en tot vernauwing en verwijding van de bloedvaten kan leiden (Roken, 2022). In sigaretten en ook vapes zit nicotine en bij het inademen van de tabaksrook komt nicotine het lichaam in. De nicotine bereikt de hersenen en zorgt voor een stressreactie, waarbij het sympatische zenuwstelsel geactiveerd wordt, adrenaline wordt afgegeven en de hartslag en de bloeddruk stijgt (Roken, 2022). Om te voorkomen dat het hart- en vaatstelsel zwaar aangetast is en dit de resultaten beïnvloedt, mochten de proefpersonen niet roken.

2.7 Stress

Bij stress wordt er een signaal naar de amygdala gestuurd (Van den Burg & Gomez Campos, z.d.). De amygdala is een gebied in de hersenen die wordt geactiveerd bij angst en stress. De amygdala stuurt het signaal door naar de hypothalamus (Van den Burg & Gomez Campos, z.d.). De hypothalamus activeert het sympatische zenuwstelsel en de bijnier krijgt het signaal om adrenaline aan te maken (Van den Burg & Gomez Campos, z.d.). Adrenaline zorgt dan voor een verhoogde hartslag en bloeddruk (Van den Burg & Gomez Campos, z.d.). Bij stress wordt ook het hormoon cortisol aangemaakt (De Nederlandse Hartstichting, z.d.). Dit hormoon verhoogt wel de kans op hart- en vaatziekten, maar heeft geen directe invloed op de hartslag en de bloeddruk (De Nederlandse Hartstichting, z.d.).

Stress beïnvloedt dus de hartslagfrequentie en de bloeddruk. Uit onderzoek dat is uitgevoerd op de McGill University in Canada met een steekproef onder 231 universiteitsstudenten bleek dat 30 minuten lezen leidde tot een vermindering van waargenomen stress (Levine, S. L., Cherrier, S., Holding, A. C., en Koestner, R. 2022). Om te zorgen dat het geen invloed heeft op het onderzoek, is ervoor gekozen om de proefpersonen te laten lezen. In dit onderzoek is gekozen voor *Beach Read* van Emily Henry, omdat dit een roman en een feel-good boek is. Het boek mocht geen spannend boek zijn dat de amygdala eventueel zou kunnen activeren en alle proefpersonen moesten hetzelfde boek lezen. *Beach Read* past bij de leeftijdsgroep en is geen spannend boek.

2.8 Temperatuur

Een toename in temperatuur vergeleken met het door het lichaam eerder vastgestelde referentiepunt leidt tot vaatverwijding en bij een plotselinge positieve temperatuurverandering kan dit leiden tot een lagere bloeddruk (Haitsma, 2023). Bij vaatverwijding moet het hart ook harder werken om het bloed rond te pompen en leidt het dus tot een verandering in de hartslagfrequentie (Haitsma, 2023). Een afname in temperatuur vergeleken met het door het lichaam eerder vastgestelde referentiepunt leidt tot vaatvernauwing en daardoor een verhoogde bloeddruk (Haitsma, 2023). Alle proefpersonen moesten voordat ze aan het experiment beginnen eerst 15 minuten acclimatiseren. Dit voorkomt dat temperatuursverandering invloed heeft op de resultaten.

2.9 Beweging

Tijdens inspanning wordt er meer bloed rondgepompt dan normaal, omdat de spieren meer zuurstof nodig hebben voor de inspanning (De Nederlandse Hartstichting, z.d.-a). Dit zorgt voor een verhoogde hartslag en bloeddruk tijdens inspanning. Na de inspanning zal de hartslag en bloeddruk dalen naar het rustniveau (De Nederlandse Hartstichting, z.d.-a). Op de lange termijn zorgt regelmatige beweging voor een lagere bloeddruk (De Nederlandse Hartstichting, z.d.-a). De beweegrichtlijn is om gemiddeld 2,5 uur per week matig intensief te sporten (De Nederlandse Hartstichting, z.d.-a).

Door regelmatig intensief en langdurig te trainen kan het hart veranderen in vorm (Gezondheid en wetenschap, n.d.-b). Dit noemt men een sporthart. Bij een sporthart is de capaciteit van het hart groter en kan er meer bloed worden rondgepompt (Gezondheid en wetenschap, n.d.-b). Een sporthart bevat vaak een grotere linkerhartkamer en/of een dikkere hartspier (Gezondheid en wetenschap, n.d.-b). Bij een sporthart is de normale hartslag en bloeddruk lager dan normaal. Zo kan de hartslag

zakken tot 30 slagen per minuut, terwijl de hartslag normaal in rust 60-80 slagen per minuut is (Gezondheid en wetenschap, n.d.-b).

In dit onderzoek is gekozen voor proefpersonen die gemiddeld 2 tot 4 uur per week sporten, omdat de kans klein is dat één van de proefpersonen een sporthart heeft en dit eventueel het onderzoek beïnvloedt. Alle proefpersonen moesten voordat ze aan het experiment beginnen eerst 15 minuten acclimatiseren. Dit voorkomt dat recente inspanning invloed heeft op de resultaten.

2.10 Tijdstip van de dag

De bloeddruk schommelt gedurende de dag. Vaak is 's ochtends en 's avonds de bloeddruk wat lager dan 's middags (Hypertensie, z.d.). Het experiment is 's ochtends uitgevoerd om verschillen tussen proefpersonen te voorkomen.

2.11 Medicijnen

Bepaalde soorten medicijnen kunnen de hartslagfrequentie en de bloeddruk beïnvloeden. Dit zijn voornamelijk medicijnen tegen hart- en vaatziekten. (De Nederlandse Hartstichting, n.d.-b). Om te voorkomen dat deze medicijnen of eventuele bijwerkingen de resultaten beïnvloeden, is ervoor gekozen om proefpersonen die medicijnen slikken niet te selecteren.

2.12 Osmose

De osmotische waarde geeft aan hoeveel opgeloste stoffen aanwezig zijn in een vloeistof (Gommers et al., 2021, p. 34-43). Een isotone drank heeft dezelfde osmotische waarde als het bloed, waardoor het even snel of sneller dan water wordt opgenomen en deze dranken bevatten 6-8 gram koolhydraten per 100 mL (Gambon, 2017). Hypotone dranken hebben een lagere osmotische waarde dan de osmotische waarde van het bloed en deze bevatten maximaal 6 gram koolhydraten per 100 mL (Gambon, 2017). Hypertone dranken hebben een hogere osmotische waarde dan de osmotische waarde van het bloed en deze bevatten 8-15 gram koolhydraten per 100 mL (Gambon, 2017). Deze dranken worden langzamer opgenomen dan water en zorgen ervoor dat er water aan het lichaam wordt onttrokken. (Gambon, 2017).

2.13 MAP

In dit onderzoek wordt naast de diastolische druk en de systolische druk ook de MAP (Mean Arterial Pressure) gebruikt om de invloed op de bloeddruk te onderzoeken. De MAP is de gemiddelde artieële druk tijdens één hartcyclus (DeMers, 2023). Dit wordt berekend met de volgende formule: $MAP = \text{diastolische druk} + \frac{1}{3} (\text{systolische druk} - \text{diastolische druk})$ (DeMers, 2023).

3. Materiaal en methode

3.1 Materiaallijst

Voor het onderzoek zijn de volgende materialen gebruikt:

- 6 bloeddrukmeters
- 1000 gram dextrose
- 46 bekertjes
- 2 weegschalen
- 2 lepeltjes
- 46 proefpersonen
- 2 timers (op telefoon, Klok-app)
- 6 Beach Read, van Emily Henry

- 8280 mL kraanwater
- 24 AAA-batterijen

3.2 Methode

In dit onderzoek zijn 46 leerlingen van scholengemeenschap Marianum te Groenlo, het Eligant te Zutphen en Het Stedelijk te Zutphen onderzocht op hun hartslag en bloeddruk voor inname van de dextrosedrank (tijdstip 0), 10 minuten na inname van de dextrosedrank (tijdstip 10) en 20 minuten na inname van de dextrosedrank (tijdstip 20). Deze leerlingen waren allemaal vrouwen en vielen tijdens het onderzoek in de leeftijdsgroep van 15 tot en met 18 jaar. Verder had niemand in de onderzoeksgroep een hartafwijking of andere mogelijke ziektes die invloed zouden kunnen hebben op het resultaat. De proefpersonen mochten 6 uur van tevoren niet eten en 2 uur van tevoren niet drinken. Ook mochten ze 24 uur van tevoren geen alcohol innemen en 12 uur van tevoren geen cafeïne. Ze mochten geen medicijnen gebruiken en niet roken en/of vaperen. Verder moesten ze gemiddeld 2 tot 4 uur per week sporten. Door middel van een vragenlijst is nagegaan dat de proefpersonen voldeden aan de eisen.

Het experiment werd 's ochtends uitgevoerd, zodat de proefpersonen niet lang zonder eten zaten. De ruimtes waarin het experiment werd afgenomen waren op kamertemperatuur. De proefpersonen waren verdeeld over 4 groepen. Elke groep kreeg een oplossing bestaande uit 180 mL kraanwater en verschillende hoeveelheden dextrose. Er is voor 180 mL gekozen, omdat dat de gemiddelde inhoud is van één glas. Groep 1 bestond uit 9 leerlingen en krijgt een 0%-dextrose-oplossing. Dit is de controlegroep. Groep 2 bestond uit 15 leerlingen en kreeg een 4,4%-dextrose-oplossing. Groep 3 bestond uit 15 leerlingen en kreeg een 6,1%-dextrose-oplossing. Groep 4 bestond uit 7 leerlingen en kreeg een 10%-dextrose-oplossing. Groep 1 (0 gram koolhydraten per 100 mL) en 2 (4 gram koolhydraten per 100 mL) kregen een hypotone drank, groep 3 kreeg een isotone drank (6 gram koolhydraten per 100 mL) en groep 4 een hypertone drank (9 gram koolhydraten per 100 mL).

Voor het experiment zaten de proefpersonen eerst 15 minuten stil op een stoel om te acclimatiseren en de hartslag terug te krijgen naar het rustniveau na eventuele inspanning. Tijdens het experiment zaten de proefpersonen aan tafel met een bloeddrukmeter om hun arm. Tijdens het meten van de bloeddruk en de hartslagfrequentie mochten de proefpersonen niet praten en niet bewegen. De voeten moesten plat op de grond staan en de arm met de bloeddrukmeter moest op tafel leunen. De bloeddrukmeter moest ongeveer op harthoogte zitten. In de momenten tussen de metingen moesten de proefpersonen een boek lezen om het stressniveau laag te houden. Dit boek was Beach Read van Emily Henry.

4. Resultaten

Van 46 proefpersonen is op tijdstip 0, 10 en 20 de hartslagfrequentie en de bloeddruk gemeten. Nadat de ruwe data verzameld waren, zijn de grootste afwijkingen door de inclusieve IQR-methode eruit gehaald om de uitschieters niet te veel invloed te laten hebben op het gemiddelde verschil (Bhandari, 2023). Er is gekozen voor de inclusieve methode, omdat de grootte van de verschillende groepen klein is.

Aangezien de resultaten niet normaal verdeeld zijn, is er gekozen voor de Mann-Withney U test om de p-waarden te berekenen (Mann-Withney U test, z.d.). Hierbij worden de

resultaten door rangnummers normaal verdeeld. Voor een significant verschil moet de p-waarde $\leq .05$ zijn. In dat geval is er 95% zekerheid dat dit verschil niet op toeval berust.

Voor het vergelijken van de resultaten wordt er gebruik gemaakt van de effectgrootte (r). De effectgrootte laat zien hoe betekenisvol de relatie tussen variabelen of het verschil tussen groepen is. De effectgrootte is berekend met de formule $r = (|z|)/(\sqrt{n})$ waarbij de r staat voor de effectgrootte, de z voor de berekende z -waarde en de n voor het totaal aantal proefpersonen in de twee groepen die vergeleken worden (Mann-Whitney U test, z.d.). Als $r > .5$ is, dan is er sprake van een groot verschil. Als $.3 < r < .5$ is, dan is er sprake van een middelmatig verschil. Als $r < .3$ is, dan is er sprake van een klein verschil.

In figuur 1 is te zien wat het gemiddelde verschil en de bijbehorende standaardafwijkingen zijn in de systolische druk bij de vier verschillende groepen tussen tijdstip 0 en tijdstip 10 (0-10) en tussen tijdstip 0 en tijdstip 20 (0-20). In figuur 2 zijn de p-waarden te zien en in figuur 3 zijn de effectgrootten van de systolische druk te zien. Hier is te zien dat er op 0-10 een kleine daling is van ongeveer $0,1 \pm 7,9$ mmHg tussen groep 1 en 2 ($p=1,00$; $r=0$), een middelmatige daling van ongeveer $7,3 \pm 7,6$ mmHg tussen groep 1 en 3 ($p=0,160$; $r=0,300$) en een kleine stijging van ongeveer $1,5 \pm 8,7$ mmHg tussen groep 1 en 4 ($p=1,00$; $r=0$). Op 0-20 is er een kleine daling van ongeveer $4,3 \pm 7,9$ mmHg tussen groep 1 en 2 ($p=0,400$; $r=0,175$), een middelmatige daling van ongeveer $8,7 \pm 8,8$ mmHg tussen groep 1 en 3 ($p=0,0756$; $r=0,371$) en een kleine stijging van ongeveer $4,8 \pm 7,4$ mmHg tussen groep 1 en 4 ($p=0,384$; $r=0,225$). In figuur 4 is te zien wat het gemiddelde verschil en de bijbehorende standaardafwijkingen zijn in de diastolische druk bij de vier verschillende groepen tussen de verschillende tijdstippen. In figuur 5 zijn de p-waarden en in figuur 6 zijn de effectgrootten van de diastolische druk te zien. Hier is te zien dat op 0-10 er een grote daling is van ongeveer $6,4 \pm 5,0$ mmHg tussen groep 1 en 2 ($p=0,105$; $r=0,533$), een grote daling van ongeveer $7,1 \pm 4,8$ mmHg tussen groep 1 en 3 ($p=0,00330$; $r=0,613$) en een kleine daling van ongeveer $2,7 \pm 6,4$ mmHg tussen groep 1 en 4 ($p=0,490$; $r=0,173$). Op 0-20 is er een kleine daling van ongeveer $0,2 \pm 2,9$ mmHg tussen groep 1 en 2 ($p=0,659$; $r=0,0964$), een kleine stijging van ongeveer $0,2 \pm 3,4$ mmHg tussen groep 1 en 3 ($p=0,971$; $r=0,00797$) en een kleine daling van ongeveer $2,3 \pm 3,5$ mmHg tussen groep 1 en 4 ($p=0,447$; $r=0,196$).

In figuur 7 is te zien wat het gemiddelde verschil en de bijbehorende standaardafwijkingen zijn in de MAP bij de vier verschillende groepen tussen de verschillende tijdstippen. In figuur 8 zijn de p-waarden en in figuur 9 zijn de effectgrootten van de MAP te zien. Hier is te zien dat er op 0-10 een middelgrote daling is van ongeveer $4,7 \pm 4,8$ mmHg tussen groep 1 en 2 ($p=0,0772$; $r=0,368$), een grote daling van ongeveer $7,0 \pm 5,6$ mmHg tussen groep 1 en 3 ($p=0,0128$; $r=0,519$) en een kleine daling van ongeveer $1,3 \pm 6,1$ mmHg tussen groep 1 en 4 ($p=0,711$; $r=0,0928$). Op 0-20 is er een kleine daling van ongeveer $1,5 \pm 4,1$ mmHg tussen groep 1 en 2 ($p=0,591$; $r=0,110$), een kleine daling van ongeveer $0,5 \pm 4,2$ mmHg tussen groep 1 en 3 ($p=0,894$; $r=0,0285$) en een kleine stijging van ongeveer $1,4 \pm 3,7$ tussen groep 1 en 4 ($p=0,516$; $r=0,168$).

In figuur 10 is te zien wat het gemiddelde verschil en de bijbehorende standaardafwijkingen zijn in de hartslagfrequentie bij de vier verschillende groepen tussen de verschillende tijdstippen. In figuur 11 zijn de p-waarden en in figuur 12 zijn de effectgrootten van de hartslagfrequentie te zien. Hier is te

zien dat er op 0-10 een middelgrote daling is van ongeveer $7,3 \pm 7,6$ slagen per minuut tussen groep 1 en 2 ($p=0,0901$; $r=0,361$), een kleine stijging van ongeveer $0,7 \pm 3,5$ slagen per minuut tussen groep 1 en 3 ($p=0,932$; $r=0,0197$) en een kleine daling van ongeveer $4,5 \pm 6,7$ slagen per minuut tussen groep 1 en 4 ($p=0,616$; $r=0,139$). Op 0-20 is er een kleine stijging van ongeveer $0,4 \pm 6,2$ slagen per minuut tussen groep 1 en 2 ($p=0,858$; $r=0,0366$), een kleine stijging van ongeveer $2,7 \pm 3,7$ slagen per minuut tussen groep 1 en 3 ($p=0,300$; $r=0,232$) en een kleine daling van ongeveer $1,6 \pm 8,0$ slagen per minuut tussen groep 1 en 4 ($p=0,555$; $r=0,152$).

Om de nulhypothese, dat er geen effect is, te kunnen verworpen moet de p-waarde $\leq .05$ zijn. Als de nulhypothese wordt verworpen, wordt de alternatieve hypothese, dat er wel een effect is, aangenomen. De p-waarde van de diastolische druk tussen groep 1 en 3 op tijdstip 0-10 is 0,00330 en dat is kleiner dan 0,05. Dus wordt de nulhypothese, dat er geen verandering in de diastolische druk tussen groep 1 en 3 op tijdstip 0-10 is, verworpen en de alternatieve hypothese, dat er een significant verschil is in de diastolische druk tussen groep 1 en 3 op tijdstip 0-10, aangenomen. Ook de p-waarde van de MAP tussen groep 1 en 3 op tijdstip 0-10 ($p=0,0128$) toont een significant verschil. Dus ook hier wordt de nulhypothese, dat er geen verandering in de MAP tussen groep 1 en 3 op tijdstip 0-10 is, verworpen en de alternatieve hypothese, dat er een significant verschil is in de MAP tussen groep 1 en 3 op tijdstip 0-10, aangenomen. De andere resultaten tonen geen significant verschil aan.

5. Conclusie

De onderzoeksvraag luidt: Wat is de invloed van dextrose opgelost in water op de bloeddruk en de hartslagfrequentie bij vrouwen van 15 tot en met 18 jaar? De bloeddruk is verdeeld in de systolische druk, de diastolische druk en de MAP. In de systolische druk is geen significant verschil gevonden. In de diastolische druk is een significant verschil gevonden tussen groep 1 en 3 op tijdstip 0-10. Dit betekent dat uit dit onderzoek blijkt dat een 6,1%-dextrose-oplossing zorgt voor een daling in de diastolische druk 10 minuten na inname bij vrouwen van 15 tot en met 18 jaar. Verder is in de diastolische druk geen significant verschil gevonden. In de MAP is een significant verschil gevonden tussen groep 1 en 3 op tijdstip 0-10. Dit betekent dat uit dit onderzoek blijkt dat een 6,1%-dextrose-oplossing zorgt voor een daling in de gemiddelde slagaderlijke druk 10 minuten na inname bij vrouwen van 15 tot en met 18 jaar. Verder is in de MAP geen significant verschil gevonden. In de hartslagfrequentie is geen significant verschil gevonden.

Hieruit kan de conclusie worden getrokken dat er binnen dit onderzoek geen effect is na inname van een dextrose-oplossing op de systolische druk en de hartslagfrequentie, dat er geen effect is na inname van een 4,4%- en 10%-dextrose-oplossing op de diastolische druk en de MAP en dat er geen effect is 20 minuten na inname van een 6,1%-dextrose-oplossing op de diastolische druk en de MAP. 10 minuten na inname van een 6,1%-dextrose-oplossing is er wel effect op de diastolische druk en de MAP.

6. Discussie

Uit dit onderzoek blijkt dat de hartslagfrequentie daalt na inname van dextrose. Dit resultaat spreekt de verwachtingen tegen waarbij het juist stijgt na inname van dextrose. Ook daalt de bloeddruk tegen verwachting in. Er is een aantal factoren

die de resultaten beïnvloed kunnen hebben.

De hartslagfrequentie is gemeten met een bloeddrukmeter. Dit is minder nauwkeurig dan een hartslagmeter. Binnen de kaders van dit onderzoek was het niet mogelijk om een hartslagmeter te gebruiken, maar desondanks heeft het invloed gehad op de resultaten. De bloeddrukmeters die gebruikt zijn hebben een afwijking. Bij de bloeddruk is de afwijking ± 3 mmHg en bij de hartslagfrequentie $\pm 5\%$. De gemeten waarden zijn dus niet heel nauwkeurig. Ook hebben de bloeddrukmeters een afwijking wanneer de proefpersoon een volle blaas heeft. Er is niet aan de proefpersonen gevraagd vooraf naar de wc te gaan, dus dit kan de resultaten hebben beïnvloed.

Ook zijn er te weinig proefpersonen gebruikt voor dit onderzoek. Er zijn 46 proefpersonen gebruikt en deze zijn niet eerlijk verdeeld over de groepen. Dit komt omdat het verzamelen van de proefpersonen en het begin van de metingen overlappen. Tijdens het meten werd het duidelijk dat er niet genoeg proefpersonen verzameld zouden worden, waardoor er een groot verschil is tussen de groepen. Dit verlaagt de validiteit. Daarnaast zouden 46 proefpersonen geen valide resultaten opleveren als ze wel gelijk verdeeld zouden zijn.

Het experiment is op twee aparte plekken uitgevoerd door twee verschillende mensen. Er is hiervoor gekozen met het oog op de beschikbare tijd. Dit zorgt echter wel voor een mindere validiteit. Er is van tevoren overleg geweest over de uniformiteit in de aanpak van het meten, maar eventuele verschillen zijn niet te voorkomen. Zo zijn er verschillende merken bloeddrukmeters gebruikt. Wel was de werking van de bloeddrukmeters hetzelfde. Er zijn twee verschillende weegschalen gebruikt om de dextrose mee te wegen en hier kan een verschil tussen zitten. In deze twee ruimtes was het hoogstwaarschijnlijk kamertemperatuur, maar dit is niet gemeten. Mogelijk hadden de ruimtes een andere temperatuur en heeft dit invloed gehad op de resultaten.

Nadat er 180 mL water is toegevoegd aan de dextrose moesten de proefpersonen de dextrosedrank vrijwel meteen opdrinken. Het leek alsof alle dextrose opgelost was, maar het kan zijn dat er dextrose achter is gebleven in het bekertje. Sommige proefpersonen hebben dus misschien iets minder dextrose gehad dan de bedoeling was en dit kan onderling ook nog verschillen. Verder had het water niet bij alle proefpersonen exact dezelfde temperatuur en dit heeft invloed op de oplostijd van dextrose. De proefpersonen mochten geen medicatie gebruiken, omdat dit invloed kan hebben op de hartslagfrequentie en de bloeddruk. De anticonceptiepil was niet inbegrepen bij deze medicatie. Achteraf blijkt dat de anticonceptiepil wel degelijk invloed kan hebben op de bloeddruk ("Feiten en fabels: Welke invloed heeft de anticonceptiepil op het hart?", 2023). Er hebben mensen meegedaan aan het experiment die de pil slikten, dus de resultaten kunnen daardoor beïnvloed zijn. Volgens de Nederlandse Hartstichting (z.d.-c) is er mogelijk een verband tussen de maandelijks cycli en het ontstaan van hartklachten en (Hypotensie - lage bloeddruk oorzaken, symptomen en gevolgen, z.d.) stelt dat de bloeddruk lager is tijdens de menstruatie. Volgens Ossewaarde (2011) kunnen vrouwen vlak voor de menstruatie veel minder spanning verdragen, wat merkbaar was aan een hogere hartslag en veranderingen in de amygdala. Hier is echter geen rekening mee gehouden. Menstruerende vrouwen hebben waarschijnlijk meegedaan aan het experiment (er is hier niet expliciet naar gevraagd bij de proefpersonen) en dit kan de resultaten hebben beïnvloed.

Het verwerken van de resultaten is deels handmatig gedaan.

Ondanks het controleren van de resultaten kunnen er kleine rekenfoutjes in zitten.

De proefpersonen moesten gemiddeld 2 tot 4 uur sporten om mee te mogen doen aan het onderzoek. Er is geen onderscheid gemaakt in het soort sport, omdat de groep proefpersonen anders veel te klein zou worden. Dit heeft desondanks wel invloed gehad op de resultaten. Fietsen is niet inbegrepen bij het sporten.

Mogelijk ervaren de proefpersonen angst of stress door bijvoorbeeld een toets later op de dag of door angst voor de bloeddrukmeter. Dit is niet aan de proefpersonen gevraagd en dus ook niet uit de resultaten te halen, maar het heeft waarschijnlijk wel de resultaten beïnvloed.

Voor een vervolgonderzoek wordt er aangeraden om de hartslagfrequentie te meten met een hartslagmeter, meer proefpersonen te verzamelen en die gelijk te verdelen over de verschillende groepen, het stressniveau van de proefpersonen in de gaten te houden en om samen te meten, zodat eventuele fouten voorkomen kunnen worden. Ook wordt er aangeraden om strengere eisen te stellen aan de proefpersonen. Zorg ervoor dat ze dezelfde sport doen, echt geen medicatie gebruiken en tijdens het experiment niet menstrueren. Laat ze ook voortijd naar de wc gaan. Zorg ervoor dat de dextrose volledig is opgelost in het water. Dit kan bijvoorbeeld door de temperatuur van het water te verhogen. De oplostijd moet wel bij elk drankje hetzelfde zijn. Bij een volgend onderzoek kan ook worden gekeken naar het toepassen van wiskunde, het gebruik van andere soorten suiker of het meten bij een langere tijd. Het is zeer interessant om te kijken naar de mogelijkheden hiervan.

7. Bronnen

Beulens, J., Dorresteyn, J. A. N., & Jabaaij, L. (z.d.). Bloeddruk | oorzaken en gevolgen. Volksgezondheid en Zorg. <https://www.vzinfo.nl/bloeddruk/oorzaken-en-gevolgen#:~:text=Variaties%20in%20bloeddruk%20zijn%20normaal&text=Aan%20het%20einde%20van%20de,organen%20extra%20zuurstof%20nodig%20hebben>.

Bhandari, P. (2023, 21 april). Hoe bepaal je de interkwartielafstand? Scribbr. <https://www.scribbr.nl/statistiek/interkwartielafstand/>

Brown, I. J., Stamler, J., Van Horn, L., Robertson, C. E., Chan, Q., Dyer, A. R., Huang, C. C., Rodríguez, B. L., Zhao, L., Daviglus, M. L., Ueshima, H., & Elliott, P. (2011). Sugar-Sweetened beverage, sugar intake of individuals, and their blood pressure. *Hypertension*, 57(4), 695–701. <https://doi.org/10.1161/hypertensionaha.110.165456>

Cotten. (2023, May 4). Invloed van alcoholgebruik op de bloeddruk. Trimbos-instituut. <https://www.trimbos.nl/kennis/alcohol/alcohol-en-hart-en-vaatziekten/invloed-van-alcoholgebruik-op-de-bloeddruk/>

DeMers, D. (2023, 10 april). Physiology, mean arterial pressure. StatPearls - NCBI Bookshelf. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538226/>

De Nederlandse Hartstichting. (z.d.). Stress in relatie tot hart- en vaatziekten | Hartstichting. <https://www.hartstichting.nl/oorzaken/stress>

De Nederlandse Hartstichting. (z.d.-a). Hartslag bij inspanning | Hartstichting. <https://www.hartstichting.nl/gezond-leven/hartslag/hartslag-bij-inspanning>

De Nederlandse Hartstichting. (n.d.-b). Medicijnen | Hartstichting. <https://www.hartstichting.nl/hart-en-vaatziekten/behandelingen/medicijnen#:~:text=Soorten%20medici->

jnen,-Bekijk\%20welke\%20medicijnen\&text=b\%C3\%A8tablokker\%3A\%20verlaagt\%20de\%20harts\%20slag\%20en,receptor\%2Dblokkers\%20(ARB's).

De Nederlandse Hartstichting. (z.d.-c). Vrouwelijke hormonen en hartklachten | Hartstichting. <https://www.hartstichting.nl/hart-en-vaatziekten/vrouwen-en-hart-en-vaatziekten/vrouwelijke-hormonen-en-hartklachten>

DiNicolantonio, J. J., O'Keefe, J. H., & Lucan, S. C. (2014). An unsavory truth: sugar, more than salt, predisposes to hypertension and chronic disease. *The American Journal of Cardiology*, 114(7), 1126–1128. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2014.07.002>

Feiten en fabels: Welke invloed heeft de anti-conceptiepijl op het hart? (2023, 8 november). Cardiologie Centra Nederland. <https://www.cardiologiecentra.nl/kennis/nieuws-and-publicaties/feiten-en-fabels-welke-invloed-heeft-de-anticonceptiepijl-op-het-hart/>

Gambon, D. (2017). Energiedranken: een risico voor het gebit? *Tandartspraktijk*, 38(1), 21–25. <https://doi.org/10.1007/s12496-017-0006-x>

Gezondheid en wetenschap. (n.d.-b). Sporthart · Gezondheid en wetenschap. [gezondheidwetenschap.be](https://gezondheidwetenschap.be/richtlijnen/sporthart). <https://www.gezondheidwetenschap.be/richtlijnen/sporthart>

Gommers, M., Hagens, D., Jansen, A., Jansen, M., Van Leijen, A., Rawee, H., & De Rouw, T. (2021). *Biologie voor jou 4V leeropdrachtenboek A* (6de editie). Malmberg, p.34-43.

Gommers, M., Jansen, A., Van Leijen, A., Passier, R., Rawee, H., & De Rouw, T. (2021). *Biologie voor jou 6V leeropdrachtenboek (MAX 2021)*. Malmberg, p.45.

Haarhuis, J. (z.d.). Hoe snel verwerkt je lichaam een glas water? *Gezondeten.nl*. <https://gezondeten.nl/medisch/antwoorden/lichaam-water-verwerkt>

Haitsma, D. (2023, 9 mei). Temperatuur en het hart. HartKliniek. Geraadpleegd op 11 januari 2024, van <https://www.hartkliniek.com/nieuwsbrieven/temperatuur-en-het-hart>

Hartstichting. (2023, 15 augustus). Zo werkt het hart. <https://www.hartstichting.nl/hart-en-vaatziekten/bouw-en-werking-hart>

Hartstichting. (2023, December 20). Roken. <https://www.hartstichting.nl/oorzaken/roken\#:~:text=nicotine\%20verhoogt\%20de\%20harts\%20slag\%20en,laten\%20het\%20bloed\%20sneller\%20stollen>.

Hypertensie. (z.d.). Stichting cardiologie Heelsum. <https://cardiologieheelsum.nl/hypertensie>

Hypotensie - lage bloeddruk oorzaken, symptomen en gevolgen. (z.d.). <https://www.viata.nl/hypotensie-lage-bloeddruk>

Levine, S. L., Cherrier, S., Holding, A. C., & Koestner, R. (2022). For the love of reading: Recreational reading reduces psychological distress in college students and autonomous motivation is the key. *Journal of American College Health*, 70(1), 158-164.

Mann-Withney U test. (z.d.). Geraadpleegd op 30 januari 2024, van <https://datatab.net/tutorial/mann-whitney-u-test>

Martínez, F. J., Rizza, R. A., & Romero, J. C. (1994). High-fructose feeding elicits insulin resistance, hyperinsulinism, and hypertension in normal mongrel dogs. *Hypertension*, 23(4), 456–463. <https://doi.org/10.1161/01.hyp.23.4.456>

Mesas, A. E., Leon-Muñoz, L. M., Rodríguez-Artalejo, F., & López-García, E. (2011). The effect of coffee on blood

pressure and cardiovascular disease in hypertensive Individuals: a systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 94(4), 1113–1126. <https://doi.org/10.3945/ajcn.111.016667>

Nuchter zijn. (n.d.-b). <https://www.martiniziekenhuis.nl/nuchter>

Ossewaarde, L. (2011). The mood cycle: hormonal influences on the female brain. <https://repository.ubn.ru.nl/bitstream/handle/2066/115507/115507.pdf?sequence=1>

Puberteit bij meisjes. (z.d.). Medicinfo Encyclopedie. <https://encyclopedie.medicinfo.nl/puberteit-bij-meisjes#:~:text=Meisjes%20zijn%20gemiddeld%20met%2015,de%20psychische%20en%20emotionele%20ontwikkeling>.

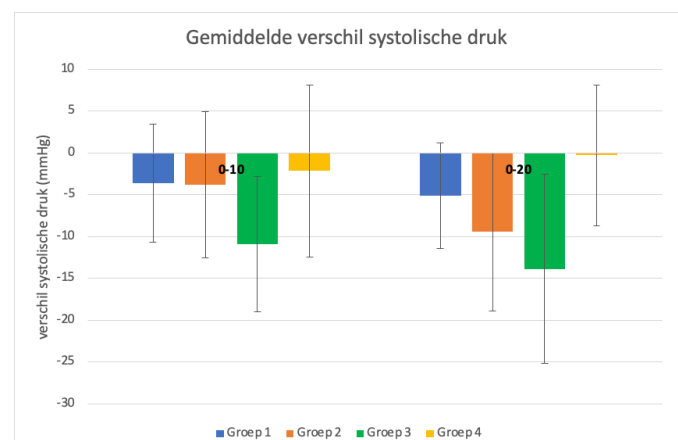
Roken. (2022, 27 januari). Cardiologie Centra Nederland. <https://www.cardiologiecentra.nl/kennis/risicofactoren/roken/>

Scholey, A., & Kennedy, D. O. (2004). Cognitive and physiological effects of an “energy drink”: an evaluation of the whole drink and of glucose, caffeine and herbal flavouring fractions. *Psychopharmacology*, 176(3–4), 320–330. <https://doi.org/10.1007/s00213-004-1935-2>

Van den Burg, E., & Gomez Campos, I. (z.d.). Sympatisch zenuwstelsel: snelle stressreactie. <https://www.hoe-stresswerkt.nl/sympatischzenuwstelsel.php>

Victoria State Government & Alcohol and Drugs Foundation. (z.d.). Caffeine. Better Health Channel. <https://www.betterhealth.vic.gov.au/health/healthyliving/caffeine>

8. Figuren



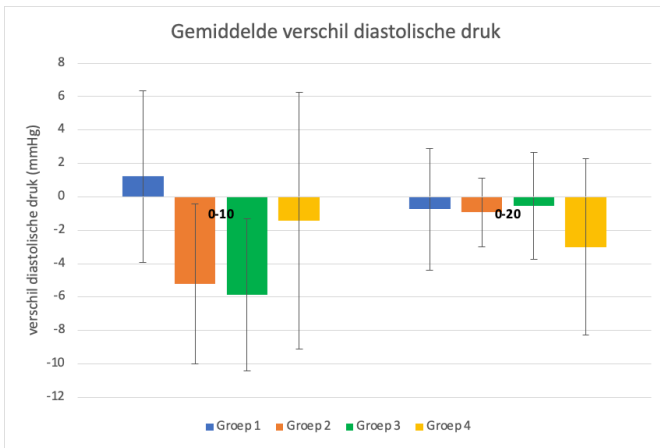
Figuur 1 - Gemiddelde verschil systolische druk

	P-waarde	
	0-10	0-20
Groep 1-2	1,000	0,400
Groep 1-3	0,160	0,0756
Groep 1-4	1,000	0,384

Figuur 2 - P-waarde systolische druk

	Effectgrootte (r)	
	0-10	0-20
Groep 1-2	0	0,175
Groep 1-3	0,300	0,371
Groep 1-4	0	0,225

Figuur 3 - Effectgrootte systolische druk



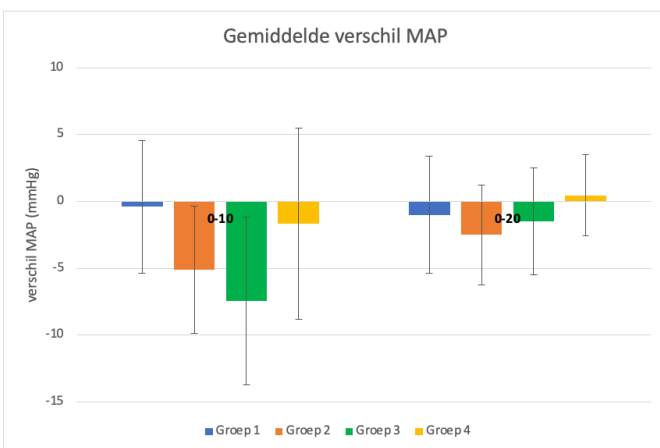
Figuur 4 - Gemiddelde verschil diastolische druk

	P-waarde	
	0-10	0-20
Groep 1-2	0,105	0,659
Groep 1-3	0,00330	0,971
Groep 1-4	0,490	0,447

Figuur 5 - P-waarde diastolische druk

	Effectgrootte (r)	
	0-10	0-20
Groep 1-2	0,533	0,0964
Groep 1-3	0,613	0,00797
Groep 1-4	0,173	0,196

Figuur 6 - Effectgrootte diastolische druk



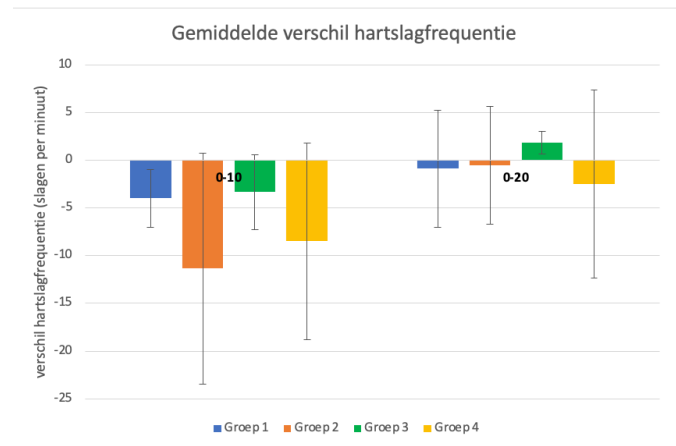
Figuur 7 - Gemiddelde verschil MAP

	P-waarde	
	0-10	0-20
Groep 1-2	0,0772	0,591
Groep 1-3	0,0128	0,894
Groep 1-4	0,711	0,516

Figuur 8 - P-waarde MAP

	Effectgrootte (r)	
	0-10	0-20
Groep 1-2	0,368	0,110
Groep 1-3	0,519	0,0285
Groep 1-4	0,0928	0,168

Figuur 9 - Effectgrootte MAP



Figuur 10 - Gemiddelde verschil hartslagfrequentie

	P-waarde	
	0-10	0-20
Groep 1-2	0,0901	0,858
Groep 1-3	0,932	0,300
Groep 1-4	0,616	0,555

Figuur 11 - P-waarde hartslagfrequentie

	Effectgrootte (r)	
	0-10	0-20
Groep 1-2	0,361	0,0366
Groep 1-3	0,0197	0,232
Groep 1-4	0,139	0,152

Figuur 12 - Effectgrootte hartslagfrequentie

Het verschil in beoordeling van de betrouwbaarheid van een gezicht op basis van een eerste indruk tussen mannen en vrouwen bij leerlingen uit de vierde klas van OSG Het Erasmus

A. Oosterlee, K.A. Rebergen, L. Jonkman¹, M. Niemeijer¹, S.F.M. ten Heggeler²

¹ Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede.

² Het Erasmus, Almelo

Abstract - The purpose of this study is to investigate whether the facial features of one's own gender are perceived as more trustworthy than those of the opposite gender, based on a first impression. This research was conducted among individuals from the fourth year of VWO of the Dutch school system. A questionnaire was distributed to all students, featuring photos of a male version and a female version of a face from the same person. These versions are created using AI to transform a photo of a face to the opposite gender, ensuring that no other variables will influence the assessment. The results indicate that men rated the female faces more trustworthy in 39% of all their judgements, and they rated the male faces more trustworthy in 36% of all their judgements. Those men gave the same rating to both versions in 25% of all their judgements. For women, these percentages were 53%, 25%, and 22%, respectively. Gender does not influence the assessment of reliability among men, while women tend to find their own gender more reliable. However, this was not as expected. The expectation was that women would rate women more trustworthy, and that men would rate men more trustworthy.

1. Introductie

Ongelijkheid tussen mannen en vrouwen is al jarenlang een terugkerend thema. Hierbij gaat het om ongelijke salarissen (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2023) of ongelijke verdeling van topposities, zoals bijvoorbeeld de verdeling van hoglerarenfuncties in Nederland. Van alle hogleraren in Nederland is maar 28% vrouw. Verder zijn vrouwen nog altijd ondervertegenwoordigd in hogere functieniveaus (Rathenau Instituut, 2023). Betrouwbaarheid (van uiterlijk) speelt van sollicitatiegesprekken tot politieke voorkeuren een rol (Van Holsteyn & Irwin, 1998). Misschien speelt dit ook wel een rol in de verhouding van mannen en vrouwen in topfuncties. Een tijd geleden is er onderzoek gedaan naar hoe politici door kiezers worden gezien (Van Holsteyn & Irwin, 1998). Het bleek dat kiezers, wanneer zij voor het eerst met nieuwe kandidaten kennismaken, zich in hun waarneming en waardering voor kandidaten vooral door het uiterlijk van de kandidaten laten leiden. Dit gaat dus over een beoordeling van een persoon op basis van het uiterlijk, na een eerste indruk. Bij een eerste indruk is de betrouwbaarheid van een gezicht van groot belang. Zo verandert de amygdala tijdens de beoordeling van een gezicht mee met de verandering in betrouwbaarheid van een gezicht (Todorov et al., 2008). De amygdala speelt een belangrijke rol bij het verwerken van emotionele informatie (Van Stegeren & Everaerd, 2003) en is ook betrokken bij de beoordeling van betrouwbaarheid van gezichten (Adolphs et al., 1998). Er is al veel onderzoek gedaan naar hoe betrouwbaar men iemand vindt op basis van bepaalde uiterlijke kenmerken (Todorov et al., 2009), maar niet specifiek naar betrouwbaarheid beoordelen op basis van geslacht of geslachtskenmerken, en ook niet of men vaker het eigen geslacht betrouwbaarder vindt. In de onderzoeken naar betrouwbaarheid op basis van het gezicht is de methode al gedeeltelijk gelijk aan het plan voor dit onderzoek, maar hierbij werd het geslachtsaspect dus niet meegenomen. Dat wordt in dit onderzoek wel onderzocht. Een eerste indruk kan soms van groot belang zijn. Als op basis van uiterlijk een oordeel of indruk wordt gevormd, zou het ook kunnen dat er een verschil in beoordeling is tussen een mannelijk of vrouwelijk uiterlijk. Maar verschillen deze eerste indrukken tussen mannen en vrouwen? En hoe zit dat met de betrouwbaarheid van gezichten? Dat leidt tot de onder-

zoeksvraag: In hoeverre vinden vierdeklassers hun eigen geslacht vaker betrouwbaar dan het andere geslacht op basis van een eerste indruk van het gezicht? De verwachting van dit onderzoek is dat uit de resultaten van het onderzoek zal blijken dat het eigen geslacht vaker betrouwbaarder gevonden wordt. Dit komt doordat er vaak meer overeenkomsten met het eigen geslacht zijn. Dit kan een vertrouwd gevoel geven.

2. Theoretisch kader

2.1 Een eerste indruk

Een eerste indruk van een gezicht wordt gevormd op basis van alleen al een gezichtsuitdrukking, en ook meteen zodra men een persoon te zien krijgt. Men schrijft dan al veel verschillende eigenschappen toe aan een gezicht. Deze eerste indrukken omvatten oordelen over betrouwbaarheid, eerlijkheid, competentie, intelligentie, dominantie en sympathie (Oosterhof & Todorov, 2008). In dit onderzoek wordt alleen ingegaan op het aspect betrouwbaarheid. De tijdsduur van het zien van een gezicht heeft invloed op de beoordeling van betrouwbaarheid van een gezicht. Dit heeft te maken met de vorming van de eerste indruk. Tijdens het zien van een gezicht vormen mensen automatisch een oordeel over de betrouwbaarheid van een gezicht (Todorov et al., 2009). Uit hetzelfde onderzoek van Todorov et al. bleek dat men tussen 33-100 ms al een oordeel kan vormen over de betrouwbaarheid van een gezicht. Hier is dus sprake van een eerste indruk. Bij een langere blootstelling dan 100 ms was er geen groot verschil meer te zien tussen een beoordeling met meer dan 167 ms blootstelling en een beoordeling zonder tijdslimiet. Er is na 100 ms dus geen sprake meer van een echte eerste indruk. Het is technisch gezien niet mogelijk om in dit onderzoek een onderzoekspersoon voor minder dan 100 ms een gezicht te laten zien, dus wordt er in dit onderzoek wordt er dus voor precies 100 ms blootstelling gekozen.

2.2 Gezichtskenmerken

Hoe betrouwbaar een gezicht van iemand wordt beoordeeld is afhankelijk van gezichtskenmerken zoals bijvoorbeeld de stand van de ogen, hoofdvorm en neusvorm. Ook een bepaalde gezichtsuitdrukking speelt een rol (Todorov et al., 2015). De gezichtskenmerken van mannen en vrouwen verschillen.

Er is namelijk bij gelaatsgroei (of gelaatstrekken) sprake van seksueel dimorfisme. Dit betekent dat mannen andere gelaatskenmerken hebben dan vrouwen (Carels, 1998). Over het algemeen hebben vrouwen kleinere gelaatstrekken dan mannen, hebben mannen een scherpere kaaklijn dan vrouwen en hebben vrouwen een kleinere neus dan mannen (Broadbent et al., 1977). Omdat er op basis van gezichtskenmerken een eerste indruk wordt gevormd over de betrouwbaarheid van een gezicht, kan het dus dat mannelijke gezichtskenmerken tot een andere beoordeling van betrouwbaarheid leiden dan vrouwelijke gezichtskenmerken. Ook het tonen van emotie in een gezicht of een bepaalde gezichtsuitdrukking heeft invloed op beoordeling van de betrouwbaarheid van een gezicht. In een onderzoek van Todorov et al. bleek dat het vergroten van betrouwbaarheid van gezichten (gemaakt door een model van gezichtsbetrouwbaarheid op een computer) resulteerde in blijde uitdrukkingen, en het verminderen van betrouwbaarheid resulteerde in boze uitdrukkingen. Dat suggereert dat (subtiele) gelijkenis van neutrale gezichten met blijde uitdrukkingen leidt tot een grotere betrouwbaarheid en dat (subtiele gelijkenis) met boze uitdrukkingen leidt tot grotere onbetrouwbaarheid (Todorov et al., 2009). Kortom: iemands uitstraling heeft dus invloed op hoe de betrouwbaarheid van deze persoon beoordeeld wordt. Omdat een blijde of boze uitdrukking van een gezicht een negatieve of positieve invloed heeft op de beoordeling van de betrouwbaarheid, hebben de gezichten op de foto's in dit onderzoek allemaal een neutrale uitdrukking. Het is namelijk de bedoeling dat geslacht de onafhankelijke variabele is, en dus dat de uitdrukking op het gezicht geen invloed heeft op de resultaten.

2.3 Responsstijlen

In dit onderzoek wordt gebruikgemaakt van een enquête. Met een vragenlijst worden de resultaten verkregen. Bij het invullen van een vragenlijst is er in sommige gevallen sprake van verschillende soorten responsstijlen. Meestal geldt: Hoe langer de enquête of vragenlijst is, hoe korter de tijd is die wordt besteed aan het geven van een antwoord (Deutschens et al., 2004). Hier moet dus ook rekening mee worden gehouden in dit onderzoek. Het kan namelijk van invloed zijn op de verkregen resultaten, als de vragenlijst volgens de onderzoekspersoon te lang is. Ook kunnen verschillende responsstijlen invloed hebben op de verkregen resultaten. Zo kunnen responsstijlen de validiteit van de resultaten, en dus het onderzoek, verlagen. Definitie responsstijl: 'De neiging van een respondent om te antwoorden op de survey vragen op een bepaalde manier ongeacht de inhoud'. Daarnaast wordt er ook aan toegevoegd dat een responsstijl bijdraagt tot systematische fouten (Van Vaerenbergh & Thomas, 2012). Voorbeelden van verschillende soorten responsstijlen zijn: 'extreme responding', 'middle responding' en 'socially desirable responding' (Baumgartner & Steenkamp, 2001). Dit wil zeggen dat mensen soms maatschappelijk correcte antwoorden geven, of alleen maar de uitersten van een schaal antwoorden, of juist erg rond de midden categorie van een schaal antwoorden.

Er moet in dit onderzoek dus rekening mee worden gehouden dat men bij het beantwoorden van de vragenlijst misschien een specifieke responsstijl heeft. Dat wil zeggen dat iemand bijvoorbeeld willekeurig gaat variëren met de beoordelingen van gezichten, om niet steeds eenzelfde beoordeling te geven, ook al is het dan misschien niet meer naar eigen mening. Door de vragenlijst niet te lang te maken, dus zo rond de 5 minuten,

wordt geprobeerd deze systematische fouten te voorkomen. Verder wordt er gebruik gemaakt van veel verschillende onderzoekspersonen. Dit is zodat, mocht de vragenlijst onzorgvuldig of met responsstijlen ingevuld zijn, dit geen grote invloed zal hebben op het gehele resultaat.

2.4 Schaal

Bij het labelen van een puntenschaal kan er tussen twee soorten 'labelling' gekozen worden. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen het zogenaamde 'full labelling' en 'end labelling'. Bij 'full labelling' worden alle antwoordmogelijkheden benoemd. De responsschaal is dus volledig gelabeld. Bij 'end labelling' zijn alleen de uiterste antwoordmogelijkheden benoemd (Moors et al., 2014). In dit onderzoek wordt gekozen voor 'end labelling', omdat het niet overzichtelijk is wanneer er bijvoorbeeld staat; 6- Redelijk betrouwbaar, 7 – nog wat meer betrouwbaar, 8 – nog betrouwbaarder enzovoort. Op de schaal van 1 tot 10 zijn alleen 1 en 10 benoemd. Volgens een onderzoek naar het optimale aantal opties voor één antwoord (bij een puntenschaal) waarbij er mogelijkheden waren om te antwoorden van een 2-puntsschaal tot een 11-puntsschaal en een 101-puntsschaal, zijn de voorkeuren van respondenten het hoogst voor een 10-puntsschaal (Preston & Colman, 2000). Daarom wordt er in dit onderzoek gebruik gemaakt van een 10-puntsschaal voor de beoordeling.

3. Materiaal en methode

3.1 Materialen

Voor het uitvoeren van dit onderzoek is het volgende nodig:

1. Minimaal 100 onderzoekspersonen uit de vierde klas van middelbare school Het Erasmus in Almelo.
2. Dertien foto's van mannen en/of vrouwen, met variërende leeftijd, verschillende gezichtskenmerken en een neutrale blik.
3. Online enquête-tool, zoals Google Forms.
4. Bewerkingsapp (AI) voor de foto's van de gezichten.
5. Bewerkingsapp om filmpjes te maken waarin een foto 100ms te zien is.

De vragenlijst wordt gemaakt met behulp van Google Forms. Deze enquête-tool is gratis, heeft een onbeperkt aantal antwoorden en geeft de mogelijkheid om filmpjes te tonen bij de vragen.

3.2 Variabelen

Het onderzoek wordt uitgevoerd door middel van een proefopstelling waarbij proefpersonen een reeks foto's krijgen te zien van gezichten van mannen en vrouwen met een neutrale gezichtsuitdrukking. Hiervan moeten de onderzoekspersonen de betrouwbaarheid na het gezicht 100 ms te hebben gezien beoordelen. Om dit onderzoek te kunnen doen, moet het zo zijn dat de variabele die invloed uitoefent op de resultaten het geslacht is, en niet iets anders. Wanneer geslacht de onafhankelijke variabele is, zullen de proefpersonen dan tijdens het onderzoek puur op basis van geslacht een verschillend oordeel maken. Om geslacht de onafhankelijke variabele te maken die invloed uitoefent op de resultaten, wordt met behulp van de applicatie Face App door AI het gezicht van een man of vrouw veranderd naar het andere geslacht. Dit wordt gedaan om de betrouwbaarheid en validiteit van het onderzoek te vergroten. De gebruikte foto's van gezichten hebben dezelfde rustige achtergrond, de personen dragen geen sieraden om de hals, en alle

personen hebben een neutrale gezichtsuitdrukking. Alleen het gezicht is te zien en een deel van het shirt is zichtbaar. Dit shirt heeft echter bij iedereen precies dezelfde kleur en halslijn. De genoemde variabelen kunnen allemaal invloed hebben op de beoordeling van de betrouwbaarheid van de gezichten. Dat zou de validiteit van het onderzoek in gevaar brengen. In dit onderzoek worden de variabelen dus constant gehouden. Er wordt in dit onderzoek gebruik gemaakt van foto's uit de database van het Face Research lab London (DeBruine & Jones, 2021). Deze foto's zijn online gepubliceerd, dus er is geen sprake van privacy schending.

3.3 Het gebruik van AI

Met AI wordt één persoon dus van geslacht veranderd; deze persoon ziet er dus alleen wat mannelijker of vrouwelijker uit. De gezichtskenmerken worden namelijk mannelijker of vrouwelijker gemaakt. De man krijgt bijvoorbeeld een adamsappel en de hoofdvorm verandert en de vrouw krijgt wat zachtere wangen. Per foto van een gezicht ontstaan daaruit dus twee foto's: één mannenversie en één vrouwenversie. Om te testen of de AI-technologie ook echt snapt wat de gezichtskenmerken van het gezicht dat bewerkt wordt precies zijn, is het al veranderde gezicht wéér met AI naar het oorspronkelijke geslacht van de persoon op de foto veranderd. Hieruit kwam een gezicht dat bijna identiek was aan het oorspronkelijke gezicht. De AI-technologie snapt de gezichtskenmerken dus, en maakt deze alleen meer mannelijk of vrouwelijk. Het gebruikt hierbij vooral 'standaard' gezichtskenmerken van mannen en vrouwen, zoals bijvoorbeeld een adamsappel.

De originele foto wordt dus niet gebruikt, omdat bij een geslachtsswap de AI-technologie de huid lichtelijk aanpast (wat lichter van kleur of egalier). Doordat bij 2 swaps beide gezichten deze aanpassing hebben, wordt de invloed van dit 'mankelement' verkleind.

3.4 Het experiment

Het experiment gaat als volgt: Aan het begin van de vragenlijst is er een kort stukje tekst, waarin wordt uitgelegd hoe de proefpersoon de vragen moet beantwoorden. De persoon vult voor de beoordeling van de betrouwbaarheid van een gezicht een schaal in: 1 is helemaal niet betrouwbaar en 10 is heel erg betrouwbaar.

Het begrip betrouwbaarheid wordt niet gedefinieerd voor de proefpersoon. Dit is zo, omdat het de bedoeling is dat de proefpersoon zijn beoordeling geeft op basis van een spontane eerste indruk. Met het geven van een definitie wordt aan de mensen een bepaalde denkrichting gegeven, en wordt het al meer een gecalculeerd oordeel.

Ook wordt er niet expliciet uitgelegd wat de onderzoeksvraag is van dit onderzoek. Mensen kunnen dan misschien 'gestuurd door een voorbedacht antwoord' de vragen gaan maken. In de enquête wordt er eerst gevraagd naar geslacht en niveau. Daarna is er een voorbeeldvraag. Hierdoor zijn de proefpersonen zich ervan bewust hoe kort ze de foto te zien krijgen en weten ze wat ze kunnen verwachten. Dit bevordert de betrouwbaarheid van het onderzoek. Wanneer de proefronde niet gebeurt zou de proefpersoon misschien 'overvallen' worden door de korte tijd waarin de foto te zien is, en hierdoor niet goed naar de foto heeft gekeken en dan misschien een willekeurig ci-

jfer invult. Er wordt een reeks van 26 foto's laten zien met evenveel mannen als vrouwen. Dit aantal foto's is zo gekozen, omdat de duur van het invullen van de enquête met dit aantal foto's zo rond de 5 minuten ligt. De lengte van een vragenlijst is namelijk erg belangrijk. Het beïnvloedt o.a. de gehanteerde responsstijlen van deelnemers (Herzog & Bachman, 1981). De reeks van 26 foto's bevat 13 'paren': zowel de mannelijke als vrouwelijke versie van een gezicht. Er zijn dus 13 mensen waarvan zowel de mannelijke als de vrouwelijke foto wordt weergegeven.

Doordat in de reeks foto's zowel het mannelijke als het vrouwelijke gezicht van een persoon voorkomt, kan het zijn dat het opvalt dat dit dezelfde mensen zijn. Om dit risico minder groot te maken wordt er wel voor gezorgd dat dezelfde persoon (maar dan ander geslacht), niet direct achter 'zichzelf' zit. Anders is het voor de deelnemer misschien te opvallend wat het doel van het onderzoek is. Hierdoor wordt er niet bewust nagedacht over het verschil tussen de mannelijke foto en de vrouwelijke foto, maar er wordt op basis van een eerste indruk geoordeeld. Dit vergroot de betrouwbaarheid van het onderzoek. De volgorde van de foto's die getoond worden is voor elke deelnemer hetzelfde. Bij elke vraag wordt de foto met het gezicht waarvan de proefpersoon een beoordeling van betrouwbaarheid moet maken, maar 100 ms laten zien. In deze tijd wordt namelijk een eerste indruk gevormd (Todorov et al., 2009). Om de foto's maar voor 100 ms aan de proefpersonen te tonen, is het nodig om de foto's in een video te verwerken. De video bestaat uit 2 seconden zwart scherm, dan 100 milliseconden de foto, en daarna weer 2 seconden zwart scherm. De opbouw van de video is hetzelfde bij elke vraag, dus weet de proefpersoon wanneer de foto ongeveer getoond wordt. Voor het maken van de video wordt de applicatie CapCut gebruikt. Met YouTube worden de video's geüpload, waarna deze bij de vragen in de enquête worden geplakt.

Nadat een video met een foto van een gezicht erin getoond is, staat onder de vraag een schaal van 1 tot 10 met de vraag erboven: 'Beoordeel de betrouwbaarheid van dit gezicht van 1-10.' Aan de vraag zit geen tijdslimiet verbonden, zodat er geen tijdsdruk is om de vraag in te vullen en de proefpersoon goed een keuze kan maken. Een tijdslimiet is ook niet nodig, want de eerste indruk is al gevormd bij het zien van de foto. Op het einde van de vragenlijst is er een evaluatievraag, om te meten of de proefpersonen begrepen wat er met het begrip 'betrouwbaarheid' werd bedoeld. De vraag luidt: 'Was het duidelijk wat er met 'betrouwbaarheid' bedoeld werd?' Dit onderzoek is eerst onder een klein aantal leerlingen afgenomen, om te kijken of het daadwerkelijk mogelijk was om na 100ms de foto's op betrouwbaarheid te beoordelen. Uit dit proefonderzoek bleek dat dit mogelijk was

3.5 Verwerking van de resultaten

Bij elke deelnemer wordt er per 'koppel' gekeken of de vrouwen- of de mannenversie van het gezicht hoger werd beoordeeld op betrouwbaarheid. Dit is gemarkeerd met een 'M' of 'V'. 'M' wanneer de man een hogere beoordeling krijgt en 'V' wanneer de vrouw een hogere beoordeling krijgt. Indien er een gelijke beoordeling van betrouwbaarheid gegeven is, wordt dit gemarkeerd met 'gelijk'. Vervolgens wordt er per deelnemer gekeken hoe vaak er een 'M' gemarkeerd werd en hoe vaak een 'V'. Daarna wordt per geslacht het aantal keer 'M' en het

aantal keer 'V' opgeteld.

4. Resultaten

Dit onderzoek is bij 140 leerlingen uit de vierde klas van mavo, havo en vwo afgenomen. Van deze resultaten zijn er 131 verwerkt. Er zijn 9 resultaten niet meegenomen in de verwerking, omdat de vragenlijst door deze personen steeds met hetzelfde getal was ingevuld, of er was bij het geslacht niet 'man' of 'vrouw' ingevuld. Van de verwerkte deelnemers waren er 59 vrouwelijke deelnemers en 72 mannelijke deelnemers.

Uit de vragenlijst kwam dat de mannen 339 (36%) keer van alle beoordelingen de mannelijke versie betrouwbaarder vonden en 360 (39%) keer de vrouwelijke. Mannen gaven 237 (25%) keer een gelijke beoordeling aan de mannelijke en vrouwelijke versie. Vrouwen vonden 404 (53%) keer de vrouwelijke versie betrouwbaarder en 191 (25%) keer de mannelijke versie. Vrouwen gaven 172 (22%) keer een gelijke beoordeling aan de mannelijke en vrouwelijke versie. Zie figuur 1 en 2 voor een grafische weergave van de resultaten.

5. Conclusie

De onderzoeksvraag van dit onderzoek luidt: 'In hoeverre vinden vierdeklassers hun eigen geslacht vaker betrouwbaar dan het andere geslacht op basis van een eerste indruk van het gezicht?' Uit de resultaten blijkt dat er bij mannen uit de vierde klas van geen duidelijk verschil te zien is in de beoordeling van de betrouwbaarheid van mannen (36%) en van vrouwen (39%). Mannen beoordelen in totaal bij 25% van alle beoordelingen de mannelijke en vrouwelijke versie met hetzelfde getal. Dus bij mannen lijkt het geslacht van de persoon op de foto geen invloed te hebben op de beoordeling van de betrouwbaarheid van het gezicht van een persoon.

Bij vrouwen is er wel een duidelijk verschil in beoordeling van mannen en vrouwen te zien. Vrouwen uit de vierde klas van de middelbare school vinden vaker (53%) de vrouwelijke versie betrouwbaarder dan de mannelijke versie (25%) van een foto. Bij vrouwen lijkt het geslacht dus wel van invloed te zijn op de beoordeling van de betrouwbaarheid van het gezicht van een persoon.

De hypothese van dit onderzoek luidt: 'Uit de resultaten van het onderzoek zal blijken dat het eigen geslacht vaker betrouwbaarder gevonden wordt.' Deze gaat wel op voor de vrouwelijke deelnemers van het onderzoek, maar niet voor de mannelijke deelnemers. Daarom moet de gehele hypothese verworpen worden.

6. Discussie

Bij het verwerken van de resultaten is er gekeken of er een significant verschil in beoordeling van de betrouwbaarheid van gezichten op basis van een eerste indruk is tussen de verschillende niveaus. Uit de resultaten bleek dat er geen significant verschil in beoordeling zat tussen de verschillende niveaus. Dit is dus niet meegenomen als een bijkomend resultaat. Uit de resultaten bleek ook dat bepaalde personen maar met 2 cijfers op de 10-puntsschaal varieerden in hun beoordeling van de foto's. Deze resultaten zijn er niet uitgefilterd, omdat er niet met zekerheid kan worden gezegd dat deze personen de vragenlijst niet serieus hebben ingevuld. Dit kan een best groot effect hebben gehad op de resultaten van het onderzoek,

maar de grootte van dit effect is niet meetbaar.

Uit de resultaten bleek ook dat sommige personen elke foto dezelfde beoordeling hadden gegeven. Omdat er hier met zekerheid kan worden gezegd dat deze personen de vragenlijst niet serieus hebben ingevuld, en deze beoordelingen een vrij groot effect kunnen hebben op de resultaten, zijn deze resultaten niet meegenomen. Verder zijn er nog enkele antwoorden niet meegenomen in de resultaten, omdat deze personen een ander geslacht dan man of vrouw hadden ingevuld. In dit onderzoek wordt alleen onderzoek gedaan naar het mannelijke of het vrouwelijke geslacht, dus daarom zijn de antwoorden van deze personen niet meegenomen. Het begrip betrouwbaarheid is lastig te definiëren en betekent voor ieder persoon wat anders. Er is voor gekozen het begrip betrouwbaarheid niet te definiëren, naar aanleiding van een gesprek met Gijs Bijlstra (onderzoeker en universitair docent sociale en cultuurpsychologie aan de Radboud Universiteit). Volgens Gijs Bijlstra kunnen mensen een gecalculeerd oordeel gaan geven als eerst de definitie van betrouwbaarheid wordt gegeven voordat ze een gezicht moeten beoordelen. Hierdoor is er geen sprake meer van een eerste indruk. Dit kan een vrij groot effect hebben op de resultaten, want een eerste indruk is juist wat er in dit onderzoek onderzocht wordt. Als een man vrouwelijke gezichtskenmerken heeft (zoals bijvoorbeeld ronde wangen), kan dit van invloed zijn op het veranderen van het gezicht door AI, of de beoordeling van de testpersonen. Als iemand van een bepaald geslacht gelaatskenmerken heeft van het andere geslacht, wordt er niet gemeten wat er moet worden gemeten. Dit kan dus van invloed zijn op de resultaten van het onderzoek. De invloed van het feit dat iemand gelaatskenmerken heeft die veel voorkomen bij het andere geslacht, wordt wel verminderd door dat de foto 2 keer 'geswapd' wordt met AI. AI past namelijk de standaard gezichtskenmerken van een bepaald geslacht toe. Sommige foto's zijn naast de bewerking met FaceApp nog met het programma Canva bewerkt. Door het 'swappen' met FaceApp verandert soms het shirt van een persoon op de foto van kleur of komt er ineens een sieraad aan de hals bij. Deze 'foute' bewerkingen zijn weer veranderd naar 'normaal' met Canva. Er zijn geen veranderingen aan het gezicht gemaakt, maar door het constant houden van de rest van de foto, wordt ervoor gezorgd dat er geen andere variabelen, naast het geslacht, een rol spelen bij de beoordeling van de foto's. Deze bewerking heeft dus weinig effect op de resultaten.

De vragenlijsten variëren per deelnemer niet in volgorde. Iedereen krijgt dus dezelfde volgorde van foto's. Deze is willekeurig gekozen, behalve dat ervoor gezorgd wordt dat het 'koppel' niet naast elkaar komt te staan. Een willekeurige volgorde zou er wel voor zorgen dat leerlingen die de enquête invullen niet tegelijkertijd dezelfde vragen maken. Als leerlingen tegelijkertijd dezelfde vragen maken, zouden ze misschien gaan samenwerken. Toch is ervoor gekozen geen willekeurige volgorde te hanteren; het is anders lastig om te controleren of er niet toevallig een 'koppel' achter elkaar staat. Ook is het bij het verwerken van de antwoorden praktischer om een vaste volgorde te hanteren dan bij iedere deelnemer een willekeurige volgorde. Het effect op de resultaten van het aanbieden van identieke vragenlijsten in plaats van vragenlijsten met willekeurige volgorde, was niet goed te achterhalen. Op de foto's staat een logo van de applicatie Facapp (als watermerk). Dit logo is niet van de foto af te halen, maar omdat het op elke

foto staat en het niet opvallend in beeld is, zal het de resultaten waarschijnlijk niet beïnvloeden. De foto's zijn voor zo'n korte tijd te zien, dat het kan zijn dat de proefpersoon de foto niet gezien heeft. Het kan dan zijn dat deze persoon willekeurig een beoordeling invult. De verwachting is dat dit niet zo is, omdat uit eerder onderzoek al is gebleken dat er na 100ms al een beoordeling kan worden gemaakt. Daarnaast is er eerst met een klein groepje scholieren een kort testonderzoek is afgenomen. Het groepje scholieren gaf aan dat de foto's goed te zien waren. Video's die aan het einde van de enquête staan, zijn niet door iedereen bekeken. Het kan zijn dat de deelnemers minder zin of minder concentratie hebben gehad om de enquête in te vullen en 'gewoon' maar iets hebben ingevuld. Wat opmerkelijk is, is dat beide geslachten dit hebben gedaan. Het gaat in totaal over ongeveer 6 personen. Het niet bekijken van de foto van het gezicht kan een vrij groot effect hebben gehad op de resultaten van dit onderzoek, omdat hier dan een willekeurig antwoord is ingevuld. In de inleiding wordt benoemd dat mannen vaker in topfuncties terechtkomen dan vrouwen en dat een sollicitatiegesprek beïnvloed wordt door de mate van betrouwbaarheid van de sollicitant. Dit is in tegenstelling met het resultaat, waaruit blijkt dat vrouwen over het algemeen vaker betrouwbaarder gevonden worden. De verwachting is dat dit komt doordat dit onderzoek gaat over betrouwbaarheid van een gezicht in het algemeen en niet over een specifiek onderdeel van betrouwbaarheid. Per onderdeel kan het namelijk verschillen of vrouwen of mannen vaker als betrouwbaar gezien worden. Hiervoor zou hetzelfde onderzoek uitgevoerd kunnen worden, maar het begrip 'betrouwbaarheid' zal dan gedefinieerd moeten worden of moeten duiden op een bepaald onderwerp. Ook is er bij dit onderzoek een oordeel puur op basis van het gezicht gevormd. Hierbij is dus niet gekeken naar bijvoorbeeld iemands bouw of lichaamstaal. De rest van iemands lichaam kan ook invloed hebben op zijn/haar betrouwbaarheid, maar dat is bij dit onderzoek niet onderzocht.

Bij het verwerken van de resultaten is er alleen gekeken naar welk geslacht een hogere beoordeling van betrouwbaarheid kreeg en niet naar hoeveel hoger. Zo krijgt een resultaat waarbij de mannenversie met een 7 wordt beoordeeld en de vrouwenversie met een 6 het label 'M' en wanneer de mannenversie met een 10 wordt beoordeeld en de vrouwenversie met een 1 ook het label 'M'. Er zit tussen beide voorbeelden wel een groot verschil in de beoordeling van de mate van betrouwbaarheid tussen man en vrouw, maar dit is niet in de resultaten terug te zien. Dit kan een vrij groot effect hebben gehad op de resultaten van dit onderzoek, omdat de mate verschil in beoordeling niet is meegenomen in de resultaten. Voor een meer valide resultaat zou hier nog rekening mee kunnen worden gehouden. Er is in de enquête niet gevraagd op basis waarvan de betrouwbaarheid beoordeeld werd. Het is dus niet duidelijk waarom vrouwen het eigen geslacht vaker betrouwbaarder vinden en dat de resultaten bij mannen gelijk aan elkaar zijn. Komt dit doordat vrouwen in het algemeen betrouwbaarder gevonden worden? Of doordat vrouwen mannen vanwege bijvoorbeeld (seksuele) intimidatie minder betrouwbaar vinden. Zo kunnen er nog meer oorzaken voor het resultaat zijn. In dit onderzoek is hier niet naar gekeken, maar het kan wel een basis vormen voor verder onderzoek naar de oorzaak van dit resultaat. Uiteindelijk zijn er dus een aantal factoren die de validiteit van dit onderzoek verkleinen. In een vervolgonderzoek zou de validiteit kunnen worden verbeterd. Een vervolgonderzoek zou

bijvoorbeeld de verkregen data uit dit onderzoek kunnen gebruiken om ook de mate van verschil in beoordeling van een gezicht uit te zoeken of vragen naar de reden van een bepaalde beoordeling van de betrouwbaarheid van een gezicht.

7. Bibliografie

- Adolphs, R., Tranel, D., & Damásio, A. R. (1998). The human amygdala in social judgment. *Nature*, 393(6684), 470–474. <https://doi.org/10.1038/30982>
- Baumgartner, H., & Steenkamp, J. (2001). Response Styles in Marketing Research: A Cross-National Investigation. *Journal of Marketing Research*, 38(2), 143–156. <https://doi.org/10.1509/jmkr.38.2.143.18840>
- Broadbent, B. H., Jr., Golden, W. H., & Broadbent, B. H. (1977, January). BOLTON STANDARDS OF DENTOFACIAL DEVELOPMENT GROWTH : Plastic and Reconstructive surgery. https://journals.lww.com/plasreconsurg/citation/1977/01000/bolton_standards_of_dentofacial_development_growth.23.aspx
- Carels, C. E. L. (1998). Gelaatsgroei: mannen en vrouwen verschillen. *Nederlands Tijdschrift Voor Tandheelkunde*. https://www.ntvt.nl/sites/ntvt/uploads/historisch_archief_artikelen/1998/11/Gecomprimeerd_NTvt_105_1998_423-426.pdf
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2023, November 10). Beloningsverschillen tussen mannen en vrouwen; kenmerken baan, werknemer. Centraal Bureau Voor De Statistiek. Retrieved December 4, 2023, from https://www.cbs.nl/nlnl/cijfers/detail/81901NED?q=ongelijkheid%20man%20vrouw#BeloningsverschilTussenManEnVrouw_1
- DeBruine, L., & Jones, B. (2021, April 1). Face Research Lab London Set. Figshare. https://figshare.com/articles/dataset/Face_Research_Lab_London_Set/5047666
- Deutskens, E., Ruyter, D. J. K., Wetzels, M., & Oosterveld, P. (2004). Response Rate and Response Quality of Internet-Based Surveys: An Experimental study. *Marketing Letters*, 15(1), 21–36. <https://doi.org/10.1023/b:mark.0000021968.86465.00>
- Herzog, A. R., & Bachman, J. G. (1981). Effects of questionnaire length on response quality. *Public Opinion Quarterly*, 45(4), 549. <https://doi.org/10.1086/268687>
- Moors, G., Kieruj, N. D., & Vermunt, J. K. (2014). The effect of labeling and numbering of response scales on the likelihood of response bias. *Sociological Methodology*, 44(1), 369–399. <https://doi.org/10.1177/0081175013516114>
- Oosterhof, N. N., & Todorov, A. (2008). The functional basis of face evaluation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(32), 11087–11092. <https://doi.org/10.1073/pnas.0805664105>
- Preston, C., & Colman, A. M. (2000). Optimal number of response categories in rating scales: reliability, validity, discriminating power, and respondent preferences. *Acta Psychologica*, 104(1), 1–15. [https://doi.org/10.1016/s0001-6918\(99\)00050-5](https://doi.org/10.1016/s0001-6918(99)00050-5)
- Rathenau Instituut. (2023, September 26). Vrouwen in de wetenschap. Retrieved November 17, 2023, from <https://www.rathenau.nl/nl/wetenschapcijfers/wetenschappers/vrouwen-de-wetenschap/vrouwen-de-wetenschap#>
- Todorov, A., Baron, S. G., & Oosterhof, N. N. (2008). Evaluating face trustworthiness: a model based approach. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 3(2), 119–127. <https://doi.org/10.1093/scan/nsn009>

Todorov, A., Olivola, C. Y., Dotsch, R., & Mende-Siedlecki, P. (2015). Social Attribution from Faces: Determinants, Consequences, Accuracy, and Functional Significance. *Annual Review of Psychology*, 66(1), 519–545. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143831>

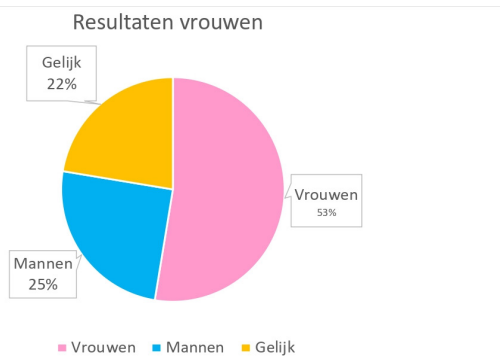
Todorov, A., Pakrashi, M., & Oosterhof, N. N. (2009). Evaluating faces on trustworthiness after minimal time exposure. *Social Cognition*, 27(6), 813–833. <https://doi.org/10.1521/soco.2009.27.6.813>

Van Holsteyn, J., & Irwin, G. (1998). *De wilde frisheid van limoenen: studiën over politici inde ogen van kiezers*. Dswo Press.

Van Stegeren, A., & Everaerd, W. (2003). Amygdala in beeld ' De emotionele kameleon. *Neuropsychologie*, 7(6), 165–171. <https://doi.org/10.1007/bf03071068>

Van Vaerenbergh, Y., & Thomas, T. (2012). Response styles in survey Research: A literature review of antecedents, consequences, and remedies. *International Journal of Public Opinion Research*, 25(2), 195–217. <https://doi.org/10.1093/ijpor/eds021>

8. Figuren



Figuur 1 - Procentuele resultaten over het vertrouwen in beide geslachten van de mannelijke deelnemers van de vragenlijst.



Figuur 2 - Procentuele resultaten over het vertrouwen in beide geslachten van de vrouwelijke deelnemers van de vragenlijst.

De invloed van een rode en groene achtergrondkleur op het vermogen tot woordjes leren van brugklassers met een havo/vwo niveau

J.J. de Vries¹, T. Tola², Z. van Haaren³, M. Niemeijer³, J. Postma¹

¹Pius X College, Almelo

²Het Stedelijk, Kottenpark, Enschede

³Afdeling Pre-U-, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - All children in secondary school have to deal with learning words in different languages. First grade students are usually not yet used to learning words from different languages because, compared to secondary schools, primary schools spend little time learning languages. Therefore, the aim of this study was to see if there is a way for students to memorise the words better and easier. This study focused on the influence of red and green coloured paper on word learning ability. The study involved participants from three senior general secondary education/pre-university education first grade classes. During the study, participants were given six minutes to learn Indonesian words after which they had to take a test. The number of correct words on the test were compared by colour. The experiment was repeated for three weeks. Each week the word lists and colours were distributed differently (in changing combinations) among the classes. The results showed the highest mean in green and the lowest mean in red. Using a paired sample t-test, it was found that red has a significantly worse influence on the word learning ability and that no firm statements can yet be made about the effect of green, as no significant difference has yet been found. So, the effect of green could also be due to chance. Follow-up research is needed to make firm statements about this.

1. Introductie

Het verbreden van de woordenschat in diverse talen is een essentieel onderdeel van het lesprogramma op middelbare scholen (Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, 2022). Brugklassers zijn meestal niet gewend om zich bezig te houden met het leren van woorden in verschillende talen, omdat simpelweg niet elke basisschool voldoende tijd besteedt aan het onderwijzen van vreemde talen. Het is wettelijk toegestaan om maximaal 15% van de lestijd aan de talen Engels, Duits en Frans te besteden op de basisscholen (Leraar24, 2023) (Engels in het primair onderwijs, z.d.). Niet iedere school besteedt hier echter 15% van de lesuren aan. Sommigen besteden zelfs minder tijd aan het leren van verschillende talen. Hier is 2 het exacte percentage niet van bekend. Op de middelbare scholen worden van de gegeven lesuren op het vwo 19,2% besteed aan de talen: Engels, Duits en Frans. Voor de leerlingen die ook klassieke talen volgen, besteden daarnaast nog 4,80% van de lesuren aan klassieke talen (Logo Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, 2023). Het verschil in lesuren tussen de middelbare school en de basisschool is aanzienlijk. Daarom is het belangrijk om ervoor te zorgen dat het leren van woorden eenvoudiger wordt gemaakt voor brugklassers. Het doel van dit onderzoek is het leerproces voor brugklassers voor het leren van woorden gemakkelijker te maken, zodat ze woorden beter kunnen onthouden. In dit onderzoek wordt er onderzocht of de achtergrondkleur van het papier een invloed kan hebben bij het leren en onthouden van de woorden. Hierbij wordt er gekeken naar de kleuren rood en groen. Deze kleuren worden gebruikt voor de achtergrondkleur van het papier waar de brugklassers de woorden op leren. In een eerder onderzoek is er onderzocht of koude en warme kleuren van een ruimte invloed hebben op de concentratie en het geheugen van een mens. Hierbij werden de warme en koude kleuren tegenover elkaar gezet (Llinares et al., 2021). Er is nog niet gekeken naar de invloed van de kleuren rood en groen. Eveneens is er in dit eerdere onderzoek gekeken naar de kleuren van de ruimte. In dit onderzoek wordt de achtergrondkleur van het papier onderzocht. Geen ander onderzoek heeft dit toegepast. Er is gekozen voor de kleuren groen en rood, aangezien deze kleuren precies tegenover elkaar staan in de kleurencirkel van Itten (zie figuur 1) (Heutink, z.d.). Uit eerder onderzoek van Campfens

(2007) bleek dat groen voor een kalmerend gevoel zorgt. Rood zorgt voor een "arousing" (prikkelend) gevoel. Dit laat zien dat het niet alleen complementaire kleuren zijn, maar ook diverse gevoelens opwekken. Doordat de kleuren groen en rood een ander gevoel opwekken, zou het kunnen dat ze ook beide een andere invloed hebben op het vermogen tot het leren van woorden. Er zijn geen eerdere studies waarin de emotionele reacties die verschillende kleuren oproepen, specifiek zijn vergeleken met betrekking tot hun invloed op het leervermogen. Daaruit volgend is er besloten een experiment uit te voeren dat onderzoekt welk effect, de kleuren rood en groen hebben op het vermogen tot woordjes leren. Om te onderzoeken of de achtergrondkleur van papier van invloed kan zijn op prestaties van brugklassers op het gebied van woordjes leren, is de volgende onderzoeksvraag gehanteerd: "Wat is de invloed van een rode en groene achtergrondkleur op het vermogen tot woordjes leren van kinderen in de brugklas met een havo/vwo niveau?"

2. Theoretisch kader

2.1 Kleuren

Kleuren zijn een centraal thema in dit paper, omdat het effect van de kleuren groen en rood op het vermogen tot woordjes leren onderzocht wordt. Zoals hierboven al beschreven is, is er nog maar weinig bekend over het effect van kleuren op het vermogen tot woordjes leren. Er is al wel onderzoek gedaan naar andere effecten die kleuren hebben. Zo is er al bekend en uit meerdere studies gebleken dat kleuren bepaalde emoties en gevoelens kunnen opwekken. Het is niet bekend of een stimulerende kleur een beter effect op het leervermogen zal hebben dan een kalmerende kleur of andersom.

2.1.1 Effect van kleuren op de mate van opwindning

Kleuren blijken een biologisch effect te hebben op mensen. Valdez en Mehrabian (1994) ontdekten in hun onderzoek een verband tussen de lengtes van lichtgolven in verschillende kleuren en de mate van opwindning, zowel hoog als laag. Beide extremen van het kleurenspectrum, rood en violet, veroorzaken een hoge mate van opwindning, terwijl de kleur in het midden, groen, geassocieerd wordt met een lagere mate van opwindning (zie figuur 2) (Pimukova, z.d.). Rood is één van de extremen

uit het kleurenspectrum en het staat tegenover de kleur groen in de kleurencirkel van Itten. De kleur rood veroorzaakt daarnaast een hogere mate van opwinding ten opzichte van de kleur groen. Daarom is er gekozen voor de kleuren rood en groen.

2.1.2 Effecten van kleuren op emoties

In de wereld van bedrijven en kleuren wordt er niet alleen gekeken naar welke kleuren er leuk uitzien. Volgens het onderzoek van Singh (2006) selecteren bedrijven hun huisstijlkleuren op basis van welke gevoelens die kleuren bij mensen oproepen. Het gevoel dat iemand heeft, heeft weer effect op hoe diegene gaat handelen en presteren. Daarom kunnen kleuren een effect hebben op de prestaties van brugklassers bij het leren van woorden. In het onderzoek van Wilson (1966) is het effect van de kleur rood onderzocht. Uit het onderzoek bleek dat de kleur rood significant een meer prikkelend effect heeft dan de kleur groen. Rood werd dus weer gezien als een kleur die een spannend, stimulerend en overweldigend effect heeft. Het onderzoek van S. Nakshian (1964) heeft het effect van de kleur groen onderzocht. Hieruit bleek dat de kleur groen een rustgevende kleur is die voor efficiënte prestaties zorgt. Het is niet bekend welke gevoelens er beter zijn voor het leren van woorden. Door gebruik te maken van de kleuren rood en groen voor het experiment wordt dit onderzocht.

Het onderzoek van Hemphill (1996) bracht daarentegen een interessante wending. Zo bleek dat niet iedereen kleuren op dezelfde manier ervaart. Het hangt af van de persoonlijke associaties met de kleuren. Als iemand bijvoorbeeld als kind negatieve ervaringen had met een bepaalde kleur, dan kan die kleur later in het leven associeert worden met een ongewenst gevoel. Aangezien er in meerdere onderzoeken wordt geconcludeerd dat de kleur rood een stimulerend en opgewekt gevoel veroorzaken en de kleur groen juist een kalmerend en rustig gevoel opwekt, is er in dit onderzoek de conclusie getrokken dat deze gevoelens voor de meesten gelden.

2.2 Geheugen

Als een individu woorden leert, slaat diegene dit op in zijn geheugen. Een mens heeft een episodisch geheugen en een semantisch geheugen. Dit zijn onderdelen van het declaratieve geheugen van de mens. De mens heeft ook een non-declaratief geheugen, deze is echter niet van belang voor dit onderzoek. Het declaratief en non-declaratief geheugen vormen samen het langetermijngeheugen (zie figuur 3) (Eling, 2014) (D'haenens et al., 2001). Het episodische geheugen speelt een rol bij het onthouden van persoonlijke gebeurtenissen. Het semantisch geheugen speelt een rol bij het opslaan van onpersoonlijke gebeurtenissen. Een mens heeft ook een kortetermijngeheugen. Hierin wordt informatie voor een korte tijd opgeslagen: enkele seconden tot een halve minuut (Het geheugen, z.d.). Wanneer iemand woorden leert, is het de bedoeling dat deze woorden in het lange termijn geheugen terechtkomen. Ze worden dan opgeslagen in het semantisch geheugen. Daarom is het belangrijk om na zeker een halve minuut te kijken of iemand de geleerde woorden nog kent.

2.3 Effect emoties op onthouden

Iedereen heeft wel gebeurtenissen die je beter onthoudt dan andere. Vaak blijven de leukste en de minst leuke dingen hangen. Je hoeft hier dan ook weinig tot geen moeite voor te doen om te

onthouden terwijl de 'normale' dingen, zonder er moeite voor te doen snel vervagen. Dit komt door de emotie die komt kijken bij deze gebeurtenissen. Als je een emotionele ervaring hebt spelen er allerlei processen in je lichaam. Er komen op dat moment meer hormonen vrij zoals cortisol en (nor)adrenaline dan wanneer er een neutrale gebeurtenis gebeurt. Deze hormonen zorgen voor complexere interacties in het brein, zodat je deze gebeurtenissen beter kan onthouden. Het hersengebied dat hier een belangrijke rol inspeelt is de amygdala (zie figuur 4) (Moerkerk et al., 2019). Uit eerder onderzoek is bijvoorbeeld gebleken dat negatieve woorden (bloed) en positieve woorden (blijdschap) beter onthouden konden worden dan neutrale woorden (boek). Er is nog niks bekend over het effect, van de kleur van het papier waarop geleerd wordt, op het onthouden. Er is echter wel een bestaand verband tussen emoties en het onthouden van woorden (Moerkerk et al., 2019).

2.4 Leren

2.4.1 Definitie

Mensen krijgen de hele tijd te maken met prikkels uit hun omgeving en deze verzamelen we dan ook, de input. Deze input wordt waargenomen door zintuigen en sturen ze door naar de hersenen. De hersenen bekijken welk gedrag moet volgen. Als er sprake is van leren, wordt de geheugenfunctie ingeschakeld. Leren wordt dan ook gedefinieerd als het vermogen om eerder verkregen input of ervaring te benutten bij nieuwe gedragingen of acties (Moerkerk et al., 2019).

2.4.2 Biologische kijk

Zoals eerder beschreven in 2.2 is het van belang dat woorden tijdens het leren opgeslagen worden in het langetermijngeheugen en dat dit gebeurt in het semantische deel van het declaratief geheugen. Nu wordt er beschreven wat de biologische kijk is op de vorming van declaratieve herinneringen.

Onderzoek van Wojtowicz (2012) heeft uitgewezen dat 3 groepen neuronen (zenuwcellen) in de hippocampus belangrijk zijn voor de vorming van declaratieve herinneringen (zie figuur 4). Deze groepen worden samen het trisynaptische circuit genoemd:

1. de korrelcellen (granulen) van de gyrus dentatus;
2. piramide cellen van de CA3 regio;
3. piramide cellen van de CA1 regio (zie figuur 5) (Moerkerk et al., 2019).

Deze neuronen zijn onderling verbonden met synapsen. Een synaps is de plaats waar twee neuronen contact met elkaar maken. Het sensorische systeem (ogen) geeft 'de input' door aan de cortex (grote hersenen). Hier wordt een geheugenspoor gevormd in het netwerk van de cortex. Een geheugenspoor is een fysieke, structurele verandering in het brein/hersencellen, volgend op leren. Informatie over het geheugenspoor en sensorische informatie worden naar de gyrus dentatus in de hippocampus gestuurd. Hier veroorzaakt dit een verandering van de sterkte van synaptische verbindingen van het trisynaptische circuit. Het verschil in sterkte van de synaptische verbindingen vertelt de hippocampus waar het geheugenspoor in de cortex is opgeslagen. De hippocampus kan het spoor reconstrueren, wat ook gebeurt bij het oproepen van een herinnering. Zo kan je dus geleerde dingen weer oproepen om, zoals in dit onderzoek, een toets te maken (Moerkerk et al., 2019).

2.5 Taal

Er blijkt uit het onderzoek van Peters, Noreillie en Puimège dat kinderen een taal beter leren als zij deze taal vaker hebben gehoord (Elke Peters et al., 2020). Denk hierbij aan spellen, televisie of in hun dagelijkse leven. Iemand weet niet hoe vaak een kind een taal heeft gehoord of er in aanraking mee is gekomen, omdat dit per kind verschilt. Het is daarom belangrijk om een taal te kiezen voor een onderzoek waarmee de meesten niet in aanraking zijn gekomen. Anders kan dit ertoe leiden dat sommigen voordeel hebben en anderen niet bij het leren van de woorden. In Nederland spreken weinig mensen Indonesisch. Uit onderzoek is gebleken dat er van de Indonesisch sprekende mensen in Nederland maar 3,1% tussen de 0 en 15 jaar oud is (Migratie uit Indonesië en Indonesische inwoners in Nederland, 2024). De Indonesische taal is daarom een geschikte taal voor een onderzoek bij kinderen. De Indonesische taal heeft ook dezelfde alfabet als de Nederlandse taal. Dit leidt niet tot veel verwarring bij het gebruik van de taal voor een onderzoek.

3. Materiaal en methode

3.1 Vooronderzoek

Een vooronderzoek was noodzakelijk bij dit onderzoek. Vanwege het feit dat er rekening gehouden moest worden met de leesbaarheid van de tekst op het gekozen leermateriaal, zodat dit geen invloed heeft op de effectiviteit van het leerproces. Om een inschatting te kunnen maken hoeveel woorden brugklassers kunnen leren in een bepaald tijdsbestek, is hier ook naar gekeken in het vooronderzoek. Deze aspecten zijn in twee aparte soorten testen bekeken. Om de leesbaarheid te vergelijken en te controleren, is gekozen voor een test waarbij leerlingen uit de brugklas een verhaal hardop lezen op verschillende kleuren. Dit waren ook de kleuren die zijn gebruikt voor het experiment. Er zijn om de beurt leerlingen, in totaal negen, uit de klas gehaald. De leerlingen kregen eerst een korte instructie, waarin ze verteld werden dat ze moesten voorlezen wat er op de bladen stond. Met als doel te voorkomen dat er delen werden overgeslagen, werd dit hardop uitgevoerd. Op de bladen stonden teksten die waren gemaakt voor brugklassers. Ze waren namelijk ontleend uit een Nederlands lesboek voor brugklas havo/vwo (Den Tenter et al., 2021). Er waren drie verschillende teksten (a, b, c) en drie verschillende kleuren (wit, rood en groen). Wanneer leerlingen langer aan het lezen zijn, gaat vermoeidheid en concentratie een rol spelen. Niet iedereen is geïnteresseerd in datgene wat ze lezen (Das-Smaal, 1985). Daarom is ervoor gekozen om steeds een andere volgorde aan te houden voor de kleuren. Ook waren er verschillende combinaties gemaakt (wit-a, groen-a, etc.), zodat kleine verschillen in de moeilijkheid van de teksten geen invloed uitoefenen. Ze werden getimed vanaf het moment dat ze het eerste woord lazen, totdat ze het laatste woord hadden uitgesproken. Deze tijden werden genoteerd. Naderhand werd de gemiddelde tijd per kleur berekend en vergeleken. Er waren geen significante verschillen per kleur te zien. Er is ook gekeken naar hoeveel woorden brugklassers in een bepaalde tijd konden leren. Vijf leerlingen kregen een woordenlijst met twintig woorden die van Nederlands naar Indonesisch waren vertaald (zie figuur 6). Ze kregen drie minuten om te leren, daarna moesten ze het blad afgeven en kregen ze een toets, waar de Nederlandse woorden opstonden en waar de Indonesische vertaling dus achter geschreven moest worden (zie figuur 7). Nadat ze alles hadden opgeschreven wat ze wisten werd het nagekeken en het aantal goede woorden bepaald. Het resultaat, na drie minuten leren,

was een gemiddelde van 4,4 woord goed. Er stonden zoals eerder gezegd twintig woorden op de lijst. Hiermee is te bepalen dat de leerlingen dus maar 22% van de woorden goed gemaakt hadden. Samenvattend kon dus met dit vooronderzoek vastgesteld worden dat alle kleuren even goed leesbaar waren en bruikbaar voor het experiment. Ook zijn aan de hand van dit vooronderzoek het aantal woorden op de woordenlijst van het experiment en de tijd om te leren tijdens het experiment bepaald.

3.2 Experiment

3.2.1 Onderzoeksgroep

In dit experiment zijn leerlingen uit de brugklas onderzocht. Al deze leerlingen volgen een havo- of vwo-opleiding. Dit is zo gekozen, omdat leerlingen op dit niveau het meest te maken krijgen met woordjes leren (Logo Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, 2023). Aan dit experiment hebben drie klassen meegedaan. De drie klassen waren van twee verschillende scholen. Een klas was van Het Stedelijk Kottenpark Enschede. De andere twee klassen kwamen van het Pius X College Rijssen. De gemiddelde leeftijd van de brugklassers was 12 jaar. Verder was de verdeling van het geslacht redelijk gelijk. Van de deelnemers was namelijk 45,5% man en 55,5% vrouw.

3.2.2 Uitvoering

Het experiment is uitgevoerd in drie verschillende klassen (A, B, C), op verschillende momenten. Het experiment is 3 weken lang herhaald. Het is iedere week in hetzelfde uur uitgevoerd per klas. Het is uitgevoerd in een regulier lokaal aan het begin van een les. Het experiment is in elke klas in de ochtend uitgevoerd, omdat de leerlingen dan meer geconcentreerd zullen zijn dan in de middag (Van den Burgh & Evers-Vermeul, 2011). De eerste week werd gestart met een vragenlijst (zie bijlage). Op deze lijst stond onder andere een vraag naar de kleurenblindheid van de leerling. Dit was natuurlijk van belang, omdat dit onderzoek draait om de invloed van de kleur. Leerlingen kregen hierna (en de andere weken gelijk) een woordenlijst met vijftien Nederlandse woorden die vertaald waren naar het Indonesisch. Er zijn drie verschillende versies gemaakt (1, 2, 3) (zie figuur 8, 9 en 10). De Indonesische woorden zijn gehaald uit een leerlijst voor buitenlandse mensen (Boom uitgevers Amsterdam, 2018). Hierin waren de woorden opgedeeld in verschillende lessen. In het experiment zijn woorden uit les 2, 3 en 4 gehaald. Dit is gedaan om het niet te moeilijk, maar ook niet te makkelijk te maken en het niveau per versie ongeveer gelijk te houden. Iedere week werden de versies verschillend verdeeld over de klassen. Er waren ook drie kleuren zoals eerder beschreven. Wit (W) werd in dit onderzoek gehanteerd als controlegroep. Dit is gedaan, omdat het effecten van de kleuren groen (G) en rood (R) onderzocht worden en de kleur op deze manier de enige variërende variabele is ten opzichte van de controlegroep. Deze drie kleuren zijn ook verdeeld over de klassen en de versies woordenlijsten (zie tabel 1). Deze verdeling is gedaan om de invloed van de verschillende momenten, de moeilijkheid van de lijsten en het gemiddelde niveau in de verschillende klassen te minimaliseren. Ze kregen zes minuten de tijd om de woordenlijst te leren. Aan de hand van het vooronderzoek is hiervoor gekozen, omdat er werd verwacht dat dan de leerlingen ongeveer de helft van de lijst konden leren en veel extreme getallen werden uitgesloten. Na de zes

minuten moesten de lijsten omgedraaid worden en kregen de leerlingen een raadsel filmpje te zien voor zestig seconden. Dit werd gedaan om het kortetermijngeheugen uit te sluiten, wat na dertig seconden gebeurt (Het geheugen, z.d.). Na het filmpje mochten de leerlingen op aanwijzing tegelijk hun toets omdraaien. Hierop stonden alle vijftien Nederlandse woorden door elkaar gehusseld en moesten de leerlingen de juiste Indonesische vertaling geven van zoveel mogelijk woorden (zie figuur 11, 12 en 13). Er zat geen tijdslimiet aan de toets. Hiervoor is gekozen, omdat het gaat over of ze het hebben onthouden en niet of ze het snel kunnen reproduceren. Tijdens het gehele experiment stonden de tafels uit elkaar. Wanneer de leerlingen de toetsen maakten is er ook streng gecontroleerd op spieken, zodat de resultaten betrouwbaar bleven.

4. Resultaten

Om de resultaten te bepalen is er gekeken naar het aantal goed ingevulde woorden door de leerlingen. Er is gekozen om woorden waar één spelfout of onduidelijkheid in zat ook als goed te waarderen. Hiervoor is gekozen, omdat het handschrift van deze groep leerlingen vaak onduidelijk is. Dit heeft als gevolg dat het soms moeilijk te bepalen is welke letter er is geschreven. Ook is er aangenomen dat één letter verschil niet wil zeggen dat het woord niet goed geleerd is. Dit is op alle toetsen toegepast zodat er geen verschil in waarderingsontstond. Bij de bepaling van de resultaten zijn een aantal leerlingen niet meegenomen. Er hebben oorspronkelijk 77 leerlingen meegedaan aan dit onderzoek. Niet al deze leerlingen zijn in de resultaten meegenomen, omdat er twaalf leerlingen niet elke week aanwezig waren. Dit houdt in dat leerlingen die twee keer afwezig waren, maar ook de leerlingen die maar een keer afwezig waren niet meegenomen zijn. Er zijn ook twee leerlingen betrappt op spieken en er waren nog twee leerlingen die tijdens het maken van de toets het klaslokaal verlieten. Doordat deze resultaten alle waarden zouden beïnvloeden en ook de resultaten minder betrouwbaar maken, is ervoor gekozen om de resultaten van deze leerlingen niet mee te nemen in de gemiddelde berekening. Uiteindelijk zijn er 61 participanten meegenomen in de resultaten. Het gemiddelde aantal goede woorden is berekend per kleur, zodat het beter te vergelijken is (zie tabel 2). Uit deze waarden blijkt dat de toetsen op groen gemiddeld genomen het beste waren gemaakt. De toetsen op wit zijn gemiddeld gemaakt, maar liggen wel in de buurt van groen. Daarentegen zijn de behaalde resultaten op de kleur rood een stuk slechter. Dit wil echter niet zeggen dat dit voor iedere participant geldt. Uit de resultaten blijkt namelijk ook dat er op elke kleur wel eens de hoogste score van een leerling werd behaald. Om te controleren of er sprake is van significante verschillen tussen de kleuren is er gebruik gemaakt van een gepaarde-t-test. In dit onderzoek wordt een p-waarde van 0.05 als grens van statistische significantie gehanteerd. Wanneer de gevonden p-waarde kleiner is dan 0.05 is er aan te nemen dat deze resultaten niet door toeval zijn ontstaan. Andersom, wanneer p groter is dan 0.05, bestaat de kans dat het verschil door toeval is ontstaan. De gepaarde-t-test is drie keer uitgevoerd om alle kleuren onderling te vergelijken:

1. De resultaten van de gepaarde-t-test geven aan dat er een significant verschil is tussen Wit ($M = 5,5$, $SD = 3,2$) en Rood ($M = 4,8$, $SD = 2,8$), $t(60) = 2,2$, $p = .034$;
2. De resultaten van de gepaarde-t-test geven aan dat er een significant verschil is tussen Groen ($M = 5,8$, $SD = 3$) en

Rood ($M = 4,8$, $SD = 2,8$), $t(60) = 2,4$, $p = .019$;

3. De resultaten van de gepaarde t-test geven aan dat er een niet-significant verschil is tussen Groen ($M = 5,8$, $SD = 3$) en Wit ($M = 5,5$, $SD = 3,2$), $t(60) = 0,5$, $p = .587$.

De gepaarde t-testen 1 en 2 tonen aan dat er een significant verschil is gevonden. Dit wil dus zeggen dat de waarschijnlijkheid van deze resultaten groot is en de kans op toeval klein. Daarentegen geeft de derde gepaarde t-test een niet-significant verschil. Dit wil zeggen dat er nog niet uit deze resultaten valt te concluderen of dit verschil is ontstaan door toeval.

5. Conclusie

Uit de resultaten en de daarbijhorende gepaarde t-test is gebleken dat er een significant verschil is ontdekt bij de kleur groen ten opzichte van rood, ook is er een significant verschil gevonden bij de kleur wit ten opzichte van rood. Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dus dat groen en wit een positief effect hebben op het vermogen tot woordjes leren van kinderen in de brugklas met een havo/vwo niveau ten opzichte van rood. Ook is er gebleken dat er gemiddeld hoger gescoord werd op de toetsen die op groen gemaakt werden dan op de toetsen die op wit gemaakt werden. Echter is dit verschil nog niet significant gebleken. Dit wil zeggen dat het nog niet uit de resultaten van dit onderzoek valt te ontdekken of groen daadwerkelijk een positiever effect heeft dan wit, ondanks dat er uit de resultaten een hoger gemiddelde bleek bij groen. Dit verschil, het hogere gemiddelde voor groen dan wit, zou dus nog eventueel door toeval ontstaan kunnen zijn. Er is meer onderzoek nodig om hier uitspraken over te kunnen doen. Het antwoord op de vraag: 'Wat is de invloed van een rode en groene achtergrondkleur op het vermogen tot woordjes leren van kinderen in de brugklas met een havo/vwo niveau?' is dan ook als volgt. Er is aan de hand van dit onderzoek te concluderen dat rood een significant slechtere invloed heeft op het vermogen tot woordjes leren van kinderen in de brugklas met een havo/vwo niveau en dat er nog geen vastbesloten uitspraken gedaan kunnen over het gevonden positieveffect van groen, omdat er nog geen significant verschil gevonden is.

6. Discussie

In dit onderzoek werden brugklassers onderzocht. Echter kwamen deze brugklassers maar van twee scholen. Beide scholen stonden in de regio Twente (in Rijssen en Enschede). Het zou dus door dit gegeven kunnen zijn dat de gevonden resultaten plaats/regio gebonden zijn. Aan de hand van dit onderzoek valt niet te bepalen of de opgestelde conclusie representatief is voor brugklassers in heel Nederland of dat dit alleen voor de brugklassers in regio Twente geldt. Om dit te bepalen is een vervolgonderzoek nodig. Daarnaast moet er wel rekening gehouden worden met het feit dat de inzet van de leerlingen per keer verschild kan hebben. Uit onderzoek van Goes (2010) blijkt namelijk dat de mate van intrinsieke motivatie die kinderen ervaren van invloed is op de schoolprestaties van deze kinderen. Het zou dus kunnen dat de brugklassers de ene keer meer zin hadden in het mee werken aan het onderzoek dan de andere keer. Bovendien is het zo dat kinderen, wanneer ze ergens langer mee bezig zijn, hun concentratie verliezen (Das-Smaal, 1985). Dit zou mogelijk bij de laatste keer (week 3) gebeurd kunnen zijn. Deze twee punten zouden beide invloed kunnen hebben op de resultaten van dit onderzoek.

Echter is er wel rekening gehouden met het placebo-effect. Uit onderzoek van Goodenough et al. (1997) is namelijk gebleken dat het vooraf informeren van de deelnemers over het doel van het onderzoek de resultaten kan beïnvloeden. In dit onderzoek is aan de leerlingen voorafgaand niet verteld wat het doel was. Ook werd er niet verteld wat er in de daaropvolgende weken zou gebeuren. De genomen maatregel heeft bijgedragen aan de betrouwbaarheid van de uitkomst van dit onderzoek.

Er is ook rekening gehouden met de taalkeuze. Wegens het gebruik van de Indonesische taal voor het leren van de woorden, zijn de resultaten betrouwbaar. De leerlingen hadden de Indonesische taal nog nooit gehoord of gezien. Het kan echter wel zo zijn dat de leerlingen de vragen van de enquête niet juist hebben ingevuld. Daarentegen stond er wel extra uitleg bij de vraag naar hun voorkennis, waardoor de kans op onjuiste antwoorden is verkleind. Aangezien er steeds tijd verstreek tussen de verschillende dagen waarop de drie toetsen werden afgenomen, zouden de leerlingen zich verdiept kunnen hebben in de Indonesische taal. De leerlingen konden namelijk niet gecontroleerd worden in deze tussentijd. Ondanks dat de leerlingen niet is verteld wat zij de weken erop voor zich zouden krijgen, is het mogelijk dat een aantal leerlingen toch de moeite hebben gedaan om meer over de Indonesische taal te weten te komen. Dit zou kunnen leiden tot betere resultaten in de daaropvolgende weken. Tijdens de uitvoering van het experiment was het oorspronkelijke plan om wekelijks een filmpje van een minuut te tonen om het kortetermijngeheugen uit te sluiten. In één klas is dit in de tweede week echter niet gelukt wegens technische problemen. In plaats van het gewoonlijke filmpje kregen de brugklassers in deze klas een minuut lang mondeling raadsels te horen, waarop ze antwoord moesten geven. Deze aanpassing heeft wellicht impact gehad op de resultaten en kan ook de beleving van de leerlingen hebben veranderd. Voor een toekomstig onderzoek is het verstandig om alle technische apparatuur vooraf gereed te hebben.

Aan de hand van de resultaten en de gevonden conclusie kunnen ook aanbevelingen gedaan worden aan het onderwijs. Er is dus gebleken dat rood een significant slechter resultaat geeft dan groen en wit. Het wordt dus ook afgeraden om deze kleur te gebruiken voor woordenlijsten. Vanwege het nog niet significant gevonden verschil tussen groen en wit is nog niet te zeggen of groen daadwerkelijk zou kunnen bijdragen bij het vermogen tot woordjes leren. Om te zeggen of het aangeraden kan worden om groen te gebruiken is nog een vervolgonderzoek nodig. Echter zou er al wel in afwachting van dit onderzoek voor gekozen kunnen worden om bepaalde begrippen- en woordenlijsten al op groen te printen, ook al is het nog maar de vraag of dit advies daadwerkelijk opgevolgd gaat worden. Gekleurd papier is namelijk duurder en op dit moment is het ook veel makkelijker om op wit te printen.

Zoals hierboven meermaals genoemd is, is er nog vervolgonderzoek nodig om te kunnen bepalen of groen daadwerkelijk een positiever effect op het leervermogen heeft dan wit. Dit kan gedaan worden door het aantal participanten te vergroten. Dit was namelijk niet haalbaar in dit onderzoek. Hierop volgend zou er ook aangeraden worden om de onderzoeksgroep over heel Nederland te verspreiden zodat de representativiteit van de resultaten groter wordt. Verder zou er gekeken kunnen worden naar verschillende tinten van een kleur. Mogelijk zou dit ook nog van invloed kunnen zijn op het gevonden verschil

in het effect op het vermogen tot woordjes leren bij brugklassers.

7. Bibliografie

Boom uitgevers Amsterdam. (2018). Nederlands voor buitenlanders. WoordenlijstIndonesisch. https://www.nt2.nl/documenten/nederlands_voor_buitenlanders_e5/nvbwoordenlijst-indonesisch.pdf

Campfens, L. (2007). De rol van kleurgebruik in collegezalen in relatie tot de gevoeligheid voor de omgeving. <https://essay.utwente.nl/540/>

Das-Smaal, E. A. (1985). Aandacht in de klas. Didactief, 16–18.

Den Tenter, P., Te Brake, S., Chantrel, J., Janssen, K., Nederkoorn, Y., Van Raamsdonk, G., & Sigman, P. (2021). Talent: 1 havo/vwo deel A. Malmberg. https://view.publitas.com/malmberg/talent_1hvv_lob_a_bladerboek/

D'haenens, G., De Hert, M., Peuskens, J., Sabbe, B., Van Gool, D., & Meire, I. (2001). Het geheugen: een overzicht van de verschillende systemen en processen. Supplement bij Neuron, 6(5). <https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/205995/2/d%27haenens+2001+Geheugen+N06-05+NL.pdf>

Eling, P. (2014). Wat elke professional over het geheugen moet weten. In Bohn Stafleu van Loghum eBooks. <https://doi.org/10.1007/978-90-368-0743-2>

Elke Peters, Noreillie, A.-S., & Puimège, E. (2020). Frans eerste vreemde taal en Engels tweede vreemde taal? Of toch niet? Een blik op de Engelse en Franse taalvaardigheid van jongeren in Vlaanderen. Taal en de wereld, 53–70. https://kuleuven.limo.libis.be/discovery/fulldisplay?docid=lirias2934172&context=SearchWebhook&vid=32KUL_KUL:Lirias&lang=en&search_scope=lirias_profile&adaptor=SearchWebhook&tab=LIRIAS&query=any%2Ccontains%2CLIRIAS2934172&offset=0

Engels in het primair onderwijs. (z.d.). SLO. <https://www.slo.nl/thema/vakspecifieketheema/mvt/engels/#:~:text=Sinds%201%20januari%202016%20is,Frans%20of%20Duits%20te%20geven.>

Goos, L. (2010). De invloed van intrinsieke- en extrinsieke motivatie op schoolprestaties. <https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/43762>

Goodenough, B., Kappel, L., Champion, G. D., Laubreaux, L., Nicholas, M. K., Ziegler, J. B., & McInerney, M. (1997). An investigation of the placebo effect and age-related factors in the report of needle pain from venipuncture in children. PAIN, 72(3), 383–391. [https://doi.org/10.1016/s0304-3959\(97\)00062-6](https://doi.org/10.1016/s0304-3959(97)00062-6)

Hemphill, M. R. (1996). A note on adults' Color-Emotion associations. The Journal of Genetic Psychology, 157(3), 275–280. <https://doi.org/10.1080/00221325.1996.9914865>

Het geheugen. (z.d.). Alzheimer Liga Vlaanderen vzw. <https://www.alzheimerliga.be/nl/overdementie/diagnose-behandelingen/hetgeheugen#:~:text=Het%20kortetermijngeheugen%20is%20een%20soort,er%20iets%20mee%20te%20doen>

Heutink. (z.d.). Poster | Itten Kleurencirkel. https://www.heutink.nl/product/poster-heutinkitten-kleuren-cirkel-a1/100_001133

Leraar24. (2023, 13 november). Het effectief aanbieden van vroeg vreemdetalenonderwijs. <https://www.leraar24.nl/50598/het-effectief-aanbieden-van-vroegvreemde->

talenonderwijs/#:~:text=Volgens%20de%20Nederlandse%20wet%20mogen,te%20bieden%20aan%20hun%20leerlingen.

Llinares, C., Higuera-Trujillo, J. L., & Serrá, J. A. M. (2021). Cold and warm coloured classrooms. Effects on students' attention and memory measured through psychological and neurophysiological responses. *Building and Environment*, 196, 107726. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107726>

Logo Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap. (2023, 18 december). Aandeel vakken in het VO. Voortgezet Onderwijs | OCW in cijfers. <https://ocwincijfers.nl/sectoren/voortgezet-onderwijs/leerlingen/aandeel-vakken-inhet-vo>

Manav, B. (2007). Color-emotion Associations and Color Preferences: A case study for residences. *Color Research and Application*, 32(2), 144–150. <https://doi.org/10.1002/col.20294>

Migratie uit Indonesië en Indonesische inwoners in Nederland. (2024, 16 januari).

AlleCijfers.nl. [https://allecijfers.nl/migratie-nationaliteiten-geboortelanden/indonesie/Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap](https://allecijfers.nl/migratie-nationaliteiten-geboortelanden/indonesie/Ministerie%20van%20Onderwijs,%20Cultuur%20en%20Wetenschap). (2022, 15 september). Welke vreemde talen krijg ik in de onderbouw van het voortgezet onderwijs? Rijksoverheid.nl. <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/voortgezet-onderwijs/vraag-enantwoord/vreemde-talen-onderbouw-voortgezet-onderwijs>

Moerkerk, D., Wietsma, J. J., Bakker, I., Van Wielink, F., Jenks, B., Albers, A. M., Jager, L., Barendsen, E., Sevenster - van der Lelie, L. A., Pekelharing, B., & Grootjen, F. A. (2019). Hersenen en leren: Wat kan hersenkennis ons wel en niet zeggen over hoe we (beter) kunnen leren? (2.1) [Pdf]. 15 https://www.verenigingnlt.nl/site/assets/files/1067/herzien_nltv114_hersenen_en_leren_2_0_tekstboek_en_kennisblokken.pdf

Nakshian, J. S. (1964). The effects of red and green surroundings on behavior. *The Journal of General Psychology*, 70(1), 143–161. <https://doi.org/10.1080/00221309.1964.9920584>

Pimukova, E. (z.d.). Zichtbaar kleurenspectrum. <https://nl.vecteezy.com/vectorkunst/7695531-zichtbaar-licht-spectrum-infrared-en-ultraviolet-licht-golflengteelektromagnetisch-zichtbaar-kleurenspectrum-voor-menselijk-oo-g-gradient-diagrameducatieve-vector-illustratie-op-witte-achtergrond>

Singh, S. (2006). Impact of color on marketing. *Management Decision*, 44(6), 783–789. <https://doi.org/10.1108/00251740610673332>

Valdez, P., & Mehrabian, A. (1994). Effects of color on emotions. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123(4), 394–409. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.123.4.394>

Van den Burgh, S., & Evers-Vermeul, J. (2011). Ik lees, dus ik begrijp! Eindwerkstuk. <https://studenttheses.uu.nl/bitstream/handle/20.500.12932/11335/verslag%20BA%20definitief.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

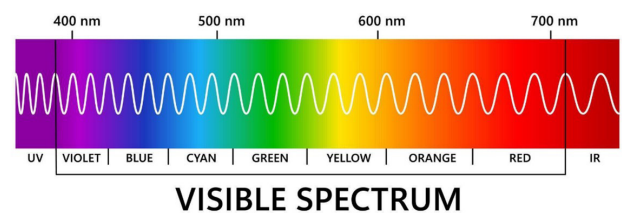
Wilson, G. D. (1966). AROUSAL PROPERTIES OF RED VERSUS GREEN. *Perceptual and Motor Skills*, 23(3), 947–949. <https://doi.org/10.2466/pms.1966.23.3.947>

Wojtowicz, J. M. (2012). Adult Neurogenesis. From circuits to models. *Behavioural Brain Research*, 227(2), 490–496. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2011.08.013>

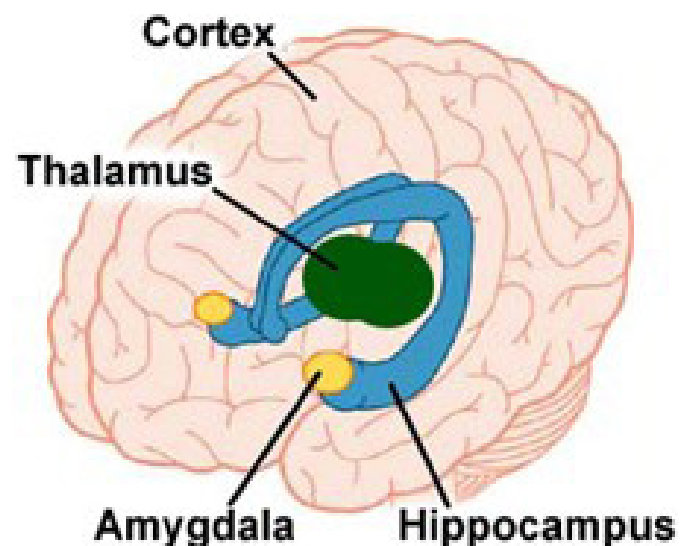
8. Figuren



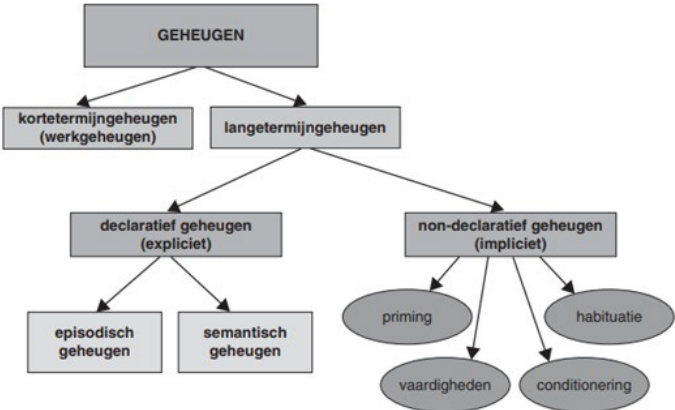
Figuur 1 - kleurencirkel van Itten (Heutink, z.d.)



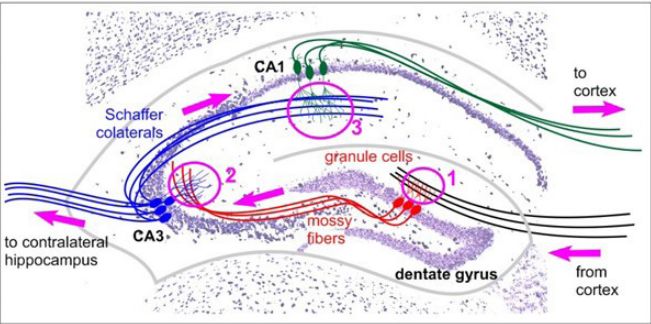
Figuur 2 - zichtbaar kleurenspectrum (Pimukova, z.d.)



Figuur 4 - positie amygdala en hippocampus (Moerkerk et al., 2019)



Figuur 3, indeling soorten geheugen (Eling, 2014)



Figuur 5 - doorsnede hippocampus met verschillende regio's (Moerkerk et al., 2019)

SO woordenlijst Nederlands-Indonesisch

- | | |
|-----------------|---|
| 1. Tijd | = |
| 2. Laatste | = |
| 3. Vrij | = |
| 4. Mensen | = |
| 5. Boodschappen | = |
| 6. Dat | = |
| 7. Dicht | = |
| 8. Gisteren | = |
| 9. Van | = |
| 10. Morgen | = |
| 11. Winkels | = |
| 12. Gaan | = |
| 13. Naar | = |
| 14. Dingen | = |
| 15. Open | = |
| 16. Leren | = |
| 17. Volgen | = |
| 18. Alle | = |
| 19. Dan | = |
| 20. Dag | = |

Figuur 7, toets vooronderzoek

Woordenlijst Nederlands-Indonesisch

- | | | |
|------------------|---|------------|
| 1. Morgen | = | Besok |
| 2. Vrij | = | Libur |
| 3. Gaan | = | Pergi |
| 4. Leren | = | Belajar |
| 5. Open | = | Buka |
| 6. Dicht | = | Tutup |
| 7. Dat | = | Itu |
| 8. Tijd | = | Waktu |
| 9. Gisteren | = | Kemarin |
| 10. Mensen | = | Orang |
| 11. Alle | = | Semua |
| 12. Naar | = | Ke |
| 13. Dan | = | Maka |
| 14. Volgen | = | Berikutnya |
| 15. Laatste | = | terakhir |
| 16. Van | = | Dari |
| 17. Dingen | = | Aktivitas |
| 18. Boodschappen | = | Belanja |
| 19. Winkels | = | Toko-toko |
| 20. Dag | = | Hari |

Figuur 6 - woordenlijst vooronderzoek

Woordenlijst 1

- | | | |
|-------------|---|-----------|
| 1. Morgen | = | Besok |
| 2. Vrij | = | Libur |
| 3. Gaan | = | Pergi |
| 4. Leren | = | Belajar |
| 5. Open | = | Buka |
| 6. Dicht | = | Tutup |
| 7. Dat | = | Itu |
| 8. Tijd | = | Waktu |
| 9. Gisteren | = | Kemarin |
| 10. Mensen | = | Orang |
| 11. Alle | = | Semua |
| 12. Naar | = | Ke |
| 13. Dan | = | Maka |
| 14. Drie | = | Tiga |
| 15. Winkels | = | Toko-toko |

Figuur 8, woordenlijst versie 1

Woordenlijst 2

1. Lang	=	Lama
2. Van	=	Dari
3. Dingen	=	Aktivitas
4. Boodschappen	=	Belanja
5. Dag	=	Hari
6. Scholen	=	Sekolah
7. Maandag	=	Senin
8. Moeder	=	Ibu
9. Waarom	=	Kenapa
10. Werken	=	Kerja
11. Goed	=	Bagus
12. Groep	=	Grup
13. Deze	=	Ini
14. Wanneer	=	Kapan
15. Die	=	Yang

Figuur 9 - woordenlijst versie 2

Woordenlijst 1

1. Tijd	=
2. Vrij	=
3. Mensen	=
4. Dat	=
5. Dicht	=
6. Gisteren	=
7. Morgen	=
8. Winkels	=
9. Gaan	=
10. Naar	=
11. Open	=
12. Leren	=
13. Drie	=
14. Alle	=
15. Dan	=

Figuur 11 - toets versie 1

Woordenlijst 3

1. Leeftijd	=	Usia
2. Woensdag	=	Rabu
3. Soms	=	Kadang
4. Cursus	=	Kursus
5. Engeland	=	Inggris
6. Geboren	=	Lahir
7. Huis	=	Rumah
8. We	=	Kami
9. Moeilijk	=	Sulit
10. Veel	=	Banyak
11. Man	=	Suami
12. Adres	=	Alamat
13. Voor	=	Untuk
14. Keer	=	Kali
15. Teksten	=	Teks-Teks

Figuur 10 - woordenlijst versie 3

Woordenlijst 2

1. Goed	=
2. Lang	=
3. Dag	=
4. Waarom	=
5. Die	=
6. Maandag	=
7. Van	=
8. Groep	=
9. Boodschappen	=
10. Wanneer	=
11. Scholen	=
12. Werken	=
13. Moeder	=
14. Deze	=
15. Dingen	=

Figuur 12 - toets versie 2

Woordenlijst 3

1. Teksten	=
2. Adres	=
3. Woensdag	=
4. Leeftijd	=
5. We	=
6. Huis	=
7. Geboren	=
8. Keer	=
9. Voor	=
10. Man	=
11. Cursus	=
12. Veel	=
13. Engeland	=
14. Moeilijk	=
15. Soms	=

Figuur 13 - toets versie 3

9. Tabellen

Tabel 1 - verdeling kleuren en woordenlijsten

	Klas A	Klas B	Klas C
Week 1	R1	G2	W3
Week 2	W2	R3	G1
Week 3	G3	W1	R2

Tabel 2 - gemiddeld aantal goede woorden per kleur

Kleur	Groen	Rood	Wit
Gemiddeld aantal goede antwoorden	5,75	4,82	5,52



UNIVERSITY OF TWENTE.