



**UHASSELT**

KNOWLEDGE IN ACTION

## **School voor Mobiliteitswetenschappen**

master in de mobiliteitswetenschappen

### **Masterthesis**

#### **Maximale wachttijden van de zachte weggebruiker aan lichtgerregelde kruispunten**

#### **Jeroen Beuls**

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de mobiliteitswetenschappen

#### **PROMOTOR :**

Prof. dr. Tom BRIJS

#### **BEGELEIDER :**

Mevrouw Helene DIRIX



**UHASSELT**

KNOWLEDGE IN ACTION

[www.uhasselt.be](http://www.uhasselt.be)  
Universiteit Hasselt  
Campus Hasselt:  
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt  
Campus Diepenbeek:  
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

**2021**  
**2022**



# **School voor Mobiliteitswetenschappen**

master in de mobiliteitswetenschappen

## ***Masterthesis***

### ***Maximale wachttijden van de zachte weggebruiker aan lichtgeregelde kruispunten***

#### **Jeroen Beuls**

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de mobiliteitswetenschappen

#### **PROMOTOR :**

Prof. dr. Tom BRIJS

#### **BEGELEIDER :**

Mevrouw Helene DIRIX



## Voorwoord

Dit document omvat het onderzoek voor de masterproef ‘Maximale wachttijden van de zachte weggebruiker aan lichtgeregelde kruispunten’. Het onderzoek is uitgevoerd door Jeroen Beuls (student 2<sup>de</sup> master Mobiliteitswetenschappen), onder begeleiding van Prof. dr. Tom Brijs (Gewoon Hoogleraar).

‘Masterproef’ is een opleidingsonderdeel van de richting Mobiliteitswetenschappen voor de 2de masters. Aan de hand van dit eindwerk moet de student een verkeerskundig vraagstuk onderzoeken, en hiervoor bijhorende oplossingen uitwerken die bijdragen tot een duurzame mobiliteitsontwikkeling. Tijdens het maken van dit onderzoek is er gebruikgemaakt van verscheidene platformen, zoals Microsoft Word, Microsoft PowerPoint, Blackboard, Google OneDrive, Google Agenda, Facebook, LinkedIn, SteamVR, Microsoft Outlook, SPSS en Qualtrics.

Ik (de student) kijk tevreden terug naar het verloop van de masterproef. Door een positieve ingesteldheid en een proactieve aanpak heb ik tijdig een geslaagd onderzoek kunnen uitvoeren en kunnen afleveren. Al wil dit niet zeggen dat er geen moeilijkheden waren doorheen het proces. Zo waren de virtuele realiteitssituaties niet volledig en later dan gepland geprogrammeerd. Hierdoor is er afgeweken van de oorspronkelijke onderzoeksopzet. Dit zorgde voor stress en dit zorgde ervoor dat het onderzoek anders is verlopen dan verwacht. Enerzijds is dit jammer. Anderzijds is dit iets wat kan gebeuren, en is dit iets wat ik moet leren om mee om te kunnen gaan.

Enkele personen worden nog graag bedankt voor hun inbreng en steun bij het maken van het onderzoek. Prof. dr. Tom Brijs voor zijn advies, promotie en ondersteuning. Meneer Thomas Stieglitz voor het creëren van de virtuele realiteitssituaties en zijn visie op het onderzoek. Verder wordt het Instituut voor Mobiliteit (IMOB) bedankt voor het uitlenen van het VR-materiaal, en het ter beschikking stellen van de onderzoeksruimte. Collega-student Twan Kerkhofs wordt ook bedankt voor de goede samenwerking tijdens het deel ‘Studio’. De personen, bedrijven en organisaties die deelnamen aan het onderzoek worden eveneens bedankt voor hun tijd en moeite. Tot slotte worden familieleden en medestudenten bedankt voor hun steun doorheen de gehele masterproefperiode.

Jeroen Beuls, 25 mei 2022

2<sup>de</sup> master Mobiliteitswetenschappen, UHasselt

## Samenvatting

Lichtgeregelde kruispunten worden in Vlaanderen, omwille van verkeersveiligheidsredenen, maximaal conflictvrij gemaakt. Een mogelijk nadeel van conflictvrije kruispunten is dat (zachte) weggebruikers langer moeten wachten aan het lichtgeregeld kruispunt. Een conflictvrij kruispunt beschikt namelijk meestal over meer lichtfases dan een niet-conflictvrij kruispunt. Dit kan leiden tot frustraties bij (zachte) weggebruikers, en deze kunnen op hun manier leiden tot verkeersonveilige situaties. Zo zal roodlichtnegatie bij fietsers en voetgangers sneller voorkomen bij langere wachttijden. 21 procent van de voetgangers in België doet nu al aan roodlichtnegatie. Om kruispunten conflictvrij te maken in Vlaanderen is het dus belangrijk om rekening te houden met de maximale wachttijden van de voetganger en de fietser. De huidige gebruikte maximale wachttijden zijn overgenomen van het 'Vademecum Voetgangersvoorzieningen'. Hieruit blijkt dat de maximale wachttijd binnen de bebouwde kom in een kerngebied 70 seconden is, de maximale wachttijd binnen de bebouwde kom buiten een kerngebied gelijk is aan 90 seconden en de maximale wachttijd buiten de bebouwde kom 110 seconden is. Het vademecum is ondertussen 19 jaar oud. Een vraag die dus gesteld kan worden is of dat deze maximale wachttijden nog relevant en acceptabel zijn in een snel veranderende maatschappij.

Om onderzoek te doen naar de maximale wachttijden en de wachttijdacceptatie van de zachte weggebruiker bij lichtgeregelde kruispunten, wordt er gebruik gemaakt van een *Head-Mounted Immersive virtual reality*-experiment. Het onderzoek kan zo in een gecontroleerde en geprogrammeerde omgeving plaatsvinden, waardoor specifieke tijdstippen en factoren onderzocht kunnen worden. Een aanvullende vragenlijst zorgt ervoor dat bijkomende vragen gesteld kunnen worden.

Het experiment telt 57 deelnemers, die werden gerekruteerd via sociale media. De deelnemers worden geclusterd in enerzijds de groep 'binnen de bebouwde kom' of anderzijds in de groep 'buiten de bebouwde kom'. De cluster 'binnen de bebouwde kom' telt 31 deelnemers en de cluster 'buiten de bebouwde kom' telt 26 deelnemers. Binnen deze cluster beoordeelt elke deelnemer, als voetganger, de wachttijd van drie kruispuntsituaties. In willekeurige volgorde beoordeelt men een 'baseline' kruispuntsituatie, een 'minder verkeer' kruispuntsituatie en een 'sociale druk' kruispuntsituatie. Het 'minder verkeer' kruispunt heeft de helft minder verkeer dan de 'baseline' kruispuntsituatie. De 'sociale druk' kruispuntsituatie beschikt over een virtuele persoon die mee staat te wachten bij de oversteekplaats. De deelnemers geven voor de drie kruispuntsituaties aan wanneer men het wachten 'vervelend', 'onaangenaam' en 'ondraaglijk' vindt. De deelnemers moeten hiervoor op een virtuele drukknop drukken. De eigen ingestelde maximale wachttijd in de virtuele omgeving is 110 seconden binnen de bebouwde kom en 150 seconden buiten de bebouwde kom.

Het onderzoek ondervindt dat er een significant verschil is tussen de aanvaardbare maximale wachttijden van de drie kruispuntsituaties. De 'minder verkeer' kruispuntsituatie heeft de kortste aanvaardbare maximale wachttijd, en de 'sociale druk' kruispuntsituatie heeft de langste aanvaardbare maximale wachttijd. Binnen de bebouwde kom is de gemiddelde aanvaardbare maximale wachttijd 59, 77 en 82 seconden voor respectievelijk de kruispuntsituaties 'minder verkeer', 'baseline' en 'sociale druk'. Buiten de bebouwde kom is de gemiddelde aanvaardbare maximale wachttijd 91, 106 en 109 seconden voor respectievelijk de kruispuntsituaties 'minder verkeer', 'baseline' en 'sociale druk'. Dit volgt de verwachtingen en de resultaten van de wetenschappelijke literatuur.

Verder is er een significant verschil tussen de gemiddelde aanvaardbare maximale wachttijd binnen de bebouwde kom en de gemiddelde aanvaardbare maximale wachttijd buiten de bebouwde kom. M.a.w. er is een significant verschil tot het tijdstip dat het wachten gemiddeld ondraaglijk wordt bevonden.

Deze komen overeen met 72 seconden wachten binnen de bebouwde kom en 110 seconden wachten buiten de bebouwde kom. Verder vindt de helft van de deelnemers het wachten binnen de bebouwde kom onaangenaam na 60 seconden en vervelend na 39 seconden. Buiten de bebouwde kom vindt men het gemiddeld onaangenaam na 80 seconden en gemiddeld vervelend na 49 seconden. De wachttijd wordt dus binnen de bebouwde kom minder geaccepteerd dan buiten de bebouwde kom.

Er wordt aanbevolen om de huidige maximale wachttijden van de voetganger (en de fietser) in te korten. Er wordt voorgesteld om de maximale wachttijden in een kerngebied BIBEKO met 10 seconden te verkorten. Verder wordt er voorgesteld om de maximale wachttijd buiten een kerngebied BIBEKO en de maximale wachttijd BUBEKO met 30 seconden te reduceren. De maximale wachttijd BIBEKO is dan 60 seconden en de maximale wachttijd BUBEKO is dan 80 seconden. Deze komen dan overeen met het tijdstip dat men het wachten gemiddeld 'onaangenaam' vindt.

Daarnaast gebruikt het Vlaams Gewest deze maximale wachttijden ook voor fietsers. Dit terwijl er niet onderzocht is of dat deze wachttijden ook geschikt zijn voor fietsers. Het eigen onderzoek heeft deze doelgroep niet onderzocht. Toch is het belangrijk om te weten of dat fietsers de maximale wachttijden van de voetgangers ook accepteren. Als fietsers kortere maximale wachttijden verwachten, zouden de maximale wachttijden van de zachte weggebruiker best bepaald worden op basis van de maximale wachttijden van de fietser en niet op basis van de maximale wachttijden van de voetganger. Hier moet dus verder onderzoek naar gebeuren.

## Inhoudsopgave

Voorwoord .....	1
Samenvatting .....	2
Inhoudsopgave.....	4
Figurenlijst .....	6
Tabellenlijst .....	8
Begrippen- en afkortingenlijst.....	9
1 Inleiding .....	10
2 Probleemstelling .....	13
3 Doelstelling .....	16
4 Onderzoeksvragen .....	17
5 Onderzoeksmethode .....	18
6 Literatuuronderzoek .....	19
6.1 Wachten.....	19
6.1.1 Wat is wachten?.....	19
6.1.2 Wachtijdperceptie.....	20
6.1.3 Wachten en wachtijdperceptie in het verkeer.....	21
6.2 Roodlichtnegatie.....	23
6.2.1 Omgevingsfactoren.....	23
6.2.2 Persoonsfactoren .....	31
6.2.3 Samenvatting .....	35
6.3 Maximale wachttijden .....	36
6.3.1 Vlaanderen.....	36
6.3.2 Andere landen.....	37
6.4 Virtuele realiteit.....	39
6.4.1 Kenmerken van virtuele realiteit .....	39
6.4.2 Onderzoeken met virtuele realiteit .....	40
7 Onderzoeksopzet .....	44
7.1 Onderzoeksfactoren.....	44
7.2 Experiment .....	45
7.2.1 Verwelkoming & uitleg.....	45
7.2.2 Trainingssessie .....	48
7.2.3 VR-experiment .....	48
7.2.4 Vragenlijst .....	54
7.2.5 Afronding .....	55

7.3 Gegevensverwerking .....	56
7.3.1 Cox regressie .....	56
7.3.2 (Repeated measures) ANOVA .....	56
7.3.3 Beschrijvende analyses.....	58
8 Onderzoekshypothesen.....	59
9 Onderzoeksproces .....	60
9.1 Rekrutering.....	60
9.2 Representativiteit.....	61
9.3 Validiteit.....	63
10 Onderzoeksresultaten .....	67
10.1 Cox regressie .....	67
10.1.1 Assumptietest .....	67
10.1.2 Roodlichtnegatie.....	67
10.1.3 Wachtfases.....	71
10.2 Variantieanalyses.....	73
10.2.1 Repeated measures ANOVA.....	73
10.2.2 ANOVA.....	74
10.3 Beschrijvende analyses.....	75
10.3.1 Wachttijden .....	75
10.3.2 Andere between-subjects factoren.....	76
10.3.3 Wachtijdperceptie.....	78
10.3.4 Wachttijden voetgangers en fietsers .....	78
11 Discussie.....	80
12 Aanbevelingen.....	83
12.1 Theoretische aanbevelingen .....	83
12.2 Praktische aanbevelingen .....	83
13 Conclusie .....	85
Limitaties.....	86
Vervolgonderzoek .....	87
Literatuurlijst .....	88
Bijlagen .....	97
ICF.....	97
Geometrie VR-kruispunten .....	99
Vragenlijst .....	100
Hazard ratios.....	104
Repeated measures ANOVA.....	106



## Figurenlijst

Figuur 1: L: Mogelijke deelconflicten met gemotoriseerd verkeer onderling; R: Mogelijke deelconflicten met de zachte weggebruiker (Eigen figuur, 2021) .....	11
Figuur 2: Beslissingsboom/afwegingskader deelconflicten op Vlaamse gewestwegen (Eigen figuur, 2021).....	12
Figuur 3: Verdeling geregistreerde ongevalsfactoren bij fietsongevallen in 2019, met onderscheid naar de partij waarbij de fout ligt (Van Raemdonck & Lammar, 2021) .....	14
Figuur 4: Redenen om het roodlicht te negeren (Ren et al., 2011).....	19
Figuur 5: Effecten op de perceptie van wachttijden (Baker & Cameron, 1996) .....	20
Figuur 6: Level Of Service op basis van de eigenlijke wachttijd (s) aan een lichtgeregeld kruispunt (Othayoth & Krishna Rao, 2020) .....	22
Figuur 7: Wachttijd van voetgangers gelinkt met gevaarlijk oversteekgedrag en geduld (Guo et al., 2011) .....	24
Figuur 8: Gemiddelde verhoudingen van verschillende soorten oversteken/overtredingen, op basis van de aanwezigheid van een voetgangerslicht en de lengte van de maximale wachttijd (MWT) (Brosseau et al., 2013).....	24
Figuur 9: Wachttijd van (elektrische) fietsers gelinkt met geduld (Yang et al., 2015) .....	25
Figuur 10: Het aantal roodlichtnegaties per roodlichtinterval voor kruispunten zonder aftelklok (PC1) en met aftelklok (PC2) (Lipovac et al., 2013) .....	25
Figuur 11: Verdeling van fietsers die het rode licht overtreden naar fietstype en deciel van de roodtijd (Bai & Sze, 2020).....	26
Figuur 12: Geduld bij verschillende soorten landgebruik (Guo et al., 2011) .....	28
Figuur 13: Aandeel van overtredingen als functie van het aantal wachtende voetgangers op de hoek en groepsgrootte (Brosseau et al., 2013) .....	30
Figuur 14: Link tussen leeftijd en het relatieve risico op gevaar (RHR – Relative Hazard Ratio) aan een oversteek bij een lichtgeregeld kruispunt (Guo et al., 2018).....	32
Figuur 15: Risicorendementspercentage op basis van het veiligheidsrisicogevoel en de persoonlijke wachttijd (Zhu et al., 2021b) .....	33
Figuur 16: LOS van de gemiddelde wachttijd (s) van voetgangers aan lichtgeregelde kruispunten (Ni, 2010).....	38
Figuur 17: Misery scale (Bos, 2015) .....	41
Figuur 18: Versie 3 van de Virtual Reality Presence Questionnaire (Witmer et al., 2005) .....	42
Figuur 19: Verloop van het experiment (Eigen figuur, 2022).....	45
Figuur 20: De ‘HTC Vive Pro Eye’ VR-bril met bijhorende controllers (Eigen foto, 2022).....	46
Figuur 21: Betekenis van de drukmomenten tijdens het wachten bij het experiment (Eigen figuur, 2022) .....	47
Figuur 22: Onderzoeksontwerp (Eigen figuur, 2022) .....	48
Figuur 23: Kruispunt R70 x Kempische Steenweg (N74) in Hasselt; N→ (L: Google Earth, 2020a; R: Google Maps, 2021a) .....	50
Figuur 24: Schets van de BIBEKO-situatie; N→ (Eigen figuur ,2022).....	50
Figuur 25: De virtuele BIBEKO-situatie (Eigen foto, 2022) .....	51
Figuur 26: Kruispunt N750 x Fletersdel in Genk; L: N→, R: N↑ (L: Google Earth, 2020b; R: Google Maps, 2021b).....	51
Figuur 27: Schets van de BUBEKO-situatie; N→ (Eigen figuur ,2022) .....	52
Figuur 28: De virtuele BUBEKO-situatie (Eigen foto, 2022).....	52

Figuur 29: De onderzoeker in de onderzoeksruimte van het Instituut voor Mobiliteit (Eigen foto, 2022)	61
Figuur 30: Tijdsdruk van de deelnemers tijdens het experiment (Eigen figuur, 2022)	65
Figuur 31: Survival function BIBEKO – BUBEKO (Eigen figuur, 2022)	68
Figuur 32: Survival function leeftijdsgroepen (Eigen figuur, 2022)	69
Figuur 33: Survival function gender (Eigen figuur, 2022)	69
Figuur 34: Survival function van de kruispuntsituaties (Eigen figuur, 2022)	70
Figuur 35: Hazard function kruispuntsituaties (Eigen figuur, 2022)	71
Figuur 36: Survival function wachtfases (Eigen figuur, 2022)	72
Figuur 37: Survival function wachtfases per kruispuntsituatie (Eigen figuur, 2022)	72
Figuur 38: Gemiddelde maximale wachttijd (s) van de verschillende kruispuntsituaties ingedeeld in BIBEKO en 2022)	74
Figuur 39: Gemiddelde maximale wachttijd (s) van het eerste kruispunt, van de verschillende kruispuntsituaties ingedeeld in BIBEKO en BUBEKO (Eigen figuur, 2022)	75
Figuur 40: Gemiddelde wachttijd per wachtfase (Eigen figuur, 2022)	76
Figuur 41: Redenen waarom men het roodlicht al dan niet negeert (Eigen figuur, 2022)	76
Figuur 42: Relatie belang van verkeersveiligheid met de wachttijdacceptatie (Eigen figuur, 2022)	77
Figuur 43: Relatie hoogst behaalde diploma met de wachttijdacceptatie (Eigen figuur, 2022)	78
Figuur 44: Redenen om de wachttijd van de fietser en de voetganger (niet) te verkorten (Eigen figuur, 2022)	79

## Tabellenlijst

Tabel 1: Kerncijfers m.b.t. verkeersdoden en letselongevallen volgens kruispunttype in 2019 (Van Raemdonck & Lammar, 2021).....	13
Tabel 2: Wachtijdacceptatie van voetgangers bij ongeregelde en lichtgeregelde kruispunten (Brijs & Van Der Waerden, 2017).....	22
Tabel 3: Omgevings- en persoonsfactoren (Eigen tabel, 2022) .....	35
Tabel 4: Maximale wachttijden voor zachte weggebruikers bij lichtgeregelde kruispunten op gewestwegen (Bossuyt, 2003).....	37
Tabel 5: Ordegrootte van gemiddelde wachttijd voor fietsers (Peeters, 2021) .....	37
Tabel 6: Voorgestelde maximale wachttijden voor fietsers aan lichtgeregelde kruispunten (Fietsberaad Vlaanderen, 2020b) .....	37
Tabel 7: Maximale wachttijden in Leidschendam-Voorburg (van Os, 2019).....	38
Tabel 8: Onderzochte within-subjects factoren en between-subjects factoren (Eigen tabel, 2022) .....	45
Tabel 9: Kruispuntvolgordes (Eigen tabel, 2022) .....	49
Tabel 10: MISC (Eigen tabel, 2022) .....	54
Tabel 11: Hypothesen van de gemiddelde tijdstippen van de verschillende wachtervaringen (Eigen tabel, 2022).....	59
Tabel 12: Indeling van de deelnemers naar gender, leeftijdscategorie en BIBEKO-BUBEKO-situatie	61
Tabel 13: Chikwadraattoets gender (steekproef t.o.v. populatie) (Statbel, 2021) .....	62
Tabel 14: Chikwadraattoets leeftijdsgroep (steekproef t.o.v. populatie) (Statbel, 2021) .....	62
Tabel 15: Chikwadraattoets provincie (steekproef t.o.v. populatie) (Statbel, 2021) .....	63
Tabel 16: Aantal en percentage deelnemers naargelang de kruispuntvolgorde (Eigen tabel, 2022).....	63
Tabel 17: Chikwadraattoets kruispuntvolgorde (steekproef t.o.v. verwachte gelijke verdeling) (Eigen tabel, 2022).....	64
Tabel 18: MISC-scores van de deelnemers (Eigen tabel, 2022) .....	64
Tabel 19: Ecologische validiteit (Eigen figuur, 2022) .....	66
Tabel 20: Assumptietest van de Cox regressie (Eigen tabel, 2022) .....	67
Tabel 21: Repeated measures ANOVA, de Test of Between-Subjects factoren (Eigen tabel, 2022) ...	73
Tabel 22: Beschrijvende statistieken wachtfasen (Eigen tabel, 2022).....	75
Tabel 23: Verschil tussen de eigen maximale wachttijd en de percipieerde maximale wachttijd (Eigen tabel, 2022).....	78
Tabel 24: Afmetingen en informatie over de VR-kruispunten.....	99
Tabel 25: Hazard ratios (Exp(B)) van de between-subjects factoren (Eigen tabel, 2022) .....	104
Tabel 26: Repeated measures ANOVA, de Test of Within-Subjects factoren (Eigen tabel, 2022) ....	106

## Begrippen- en afkortingenlijst

- AFTG: Alle fietsers tegelijkertijd groen; Een benaming van een verkeerslichtenregeling waarbij alle fietsrichtingen tegelijkertijd groenlicht krijgen.
- AI: *Artificial intelligence*; Een software(-methodiek) om producten/toestellen over een betere vorm van intelligentie te laten beschikken.
- ANOVA: *Analysis of variance*; Een statistische analysemethodiek om na te gaan of twee gemiddelden significant van elkaar verschillen.
- AWT: *Actual waiting time*; De eigenlijke wachttijd, de tijd dat een persoon gewacht heeft (aan een lichtgeregeld kruispunt).
- AWV: Agentschap Wegen & Verkeer; De Vlaamse wegbeheerder van de gewestwegen.
- BFF: Bovenlokaal Functioneel Fietsroutenetwerk; Een netwerk van fietspaden die gebruikt worden voor middellange- en lange afstanden. In de praktijk vaak de fietspaden langs de gewestwegen.
- BIBEKO: Binnen de bebouwde kom; Een gebied dat gekenmerkt wordt door meerdere bestemmingslocaties, en beschikt over stedelijke kenmerken. De normale maximumsnelheid is vijftig kilometer per uur.
- BS: *Boredom Susceptibility*; Een score die aangeeft hoe snel iemand zich verveelt, en daardoor gevaarlijkere beslissingen neemt.
- BUBEKO: Buiten de bebouwde kom; Een gebied dat gekenmerkt wordt door weinig tot geen bestemmingslocaties, en beschikt over landelijke kenmerken. De normale maximumsnelheid is zeventig kilometer per uur.
- CI: *Confidence interval*; Geeft de mogelijke ondergrens en de mogelijke bovengrens weer voor een parameter.
- DV3: Duurzaam Veilig 3; Een *Safe Systems*-principe in Nederland waarbij de homogeniteit van snelheid, richting, massa en mate van bescherming centraal staat, met het doel om de verkeersveiligheid te verbeteren.
- HMD: *Head-mounted display*; Een apparaat dat op het hoofd wordt gezet zodat de virtuele omgeving zichtbaar is voor de persoon.
- HR: *Hazard Ratio*; Een ratio dat het relatief risico tot een bepaald event in de tijd aangeeft. Een HR van één geeft aan dat er geen verschil is in gevaar oftewel het optreden van het event.
- ICF: *Informed consent form*; Een formulier dat gelezen en ondertekend moet worden door elke deelnemer van een onderzoek. Waarmee de deelnemer aangeeft dat hij/zij duidelijkheid heeft over de rechten waarover hij/zij beschikt, en hierbij ook akkoord gaat met de gegevensverwerking.
- LOS: *Level of service*; Een kwalitatieve beschrijving van de verkeersomstandigheden op een rijbaan. Waarbij een LOS A een goede doorstroming/snelheid/wachttijd aangeeft en een LOS F een zeer slechte doorstroming/snelheid/wachttijd aangeeft.
- M & SD: *Mean & Standard deviation*; Het gemiddelde en de standaarddeviatie.
- MISC: *Misery scale*; Een schaal waarop personen aangeven hoe ze zich fysiek en mentaal voelen na een wetenschappelijk onderzoek.
- MWT: *Maximum waiting time*; De maximale wachttijd (aan een lichtgeregeld kruispunt).
- PWT: *Perceived waiting time*; De gepercipieerde wachttijd, de tijd dat een persoon denkt gewacht te hebben (aan een lichtgeregeld kruispunt).
- TAS: *Thrill and Adventure Seeking*; Een score die aangeeft hoe fel iemand de behoefte heeft om avontuur en gevaar mee te maken.
- VR: Virtuele realiteit; Een door een computer gecreëerde artificiële omgeving waarin een persoon ondergedompeld wordt, waarbij het lijkt dat hij/zij er echt in aanwezig is.
- VRPQ: *Virtual Reality Presence Questionnaire*; Een bevraging die de ecologische validiteit van een VR-onderzoek nagaat.

## 1 Inleiding

Het stimuleren van verplaatsingen te voet en met de fiets is een belangrijk onderdeel om de klimaatdoelstelling van de EU, namelijk om Co<sub>2</sub>-neutraal te zijn tegen 2050, te behalen (Ponsaerts, 2019). Verplaatsingen te voet en verplaatsingen met de (traditionele) fiets zijn immers erg duurzame vormen van mobiliteit (Bossuyt, 2003; Duurzaamnieuws, 2016). In een wereld met een urgentie naar oplossingen voor de klimaatsverandering, wordt er dus best meer rekening gehouden met deze modi. Zo stoten verplaatsingen te voet en verplaatsingen met de fiets geen Co<sub>2</sub> uit, en aan de andere kant kan een goed voetgangers- en fietsbeleid vele autoverplaatsingen omzetten in verplaatsingen te voet en in fietsverplaatsingen.

Een ander voordeel van deze twee modi is het sociale- en gezondheidsgegeven (Bossuyt, 2003; Duurzaamnieuws, 2016). In onze geïndividualiseerde maatschappij wordt dit steeds belangrijker. Door de tragere verplaatsingssnelheid komen voetgangers en fietsers meer in contact met andere mensen. Daarnaast zorgt beweging voor een grotere aanmaak van serotonine en endorfine, oftewel gelukshormonen (Duurzaamnieuws, 2016). Deze verplaatsingen kunnen dus helpen tegen de stijging in het aantal burn-outs in Vlaanderen (Aerts, 2019). In België valt daarnaast ook een stijging te zien in het aantal inwoners met overgewicht. Volgens Statistiek Vlaanderen (2019) heeft 45 procent van de bevolking overgewicht. Het meer bewegen, en dus wandelen en fietsen, kan voor een daling zorgen in het aantal inwoners met overgewicht. Om zo ook voor een daling in de gezondheidskosten te zorgen (CM, z.d.).

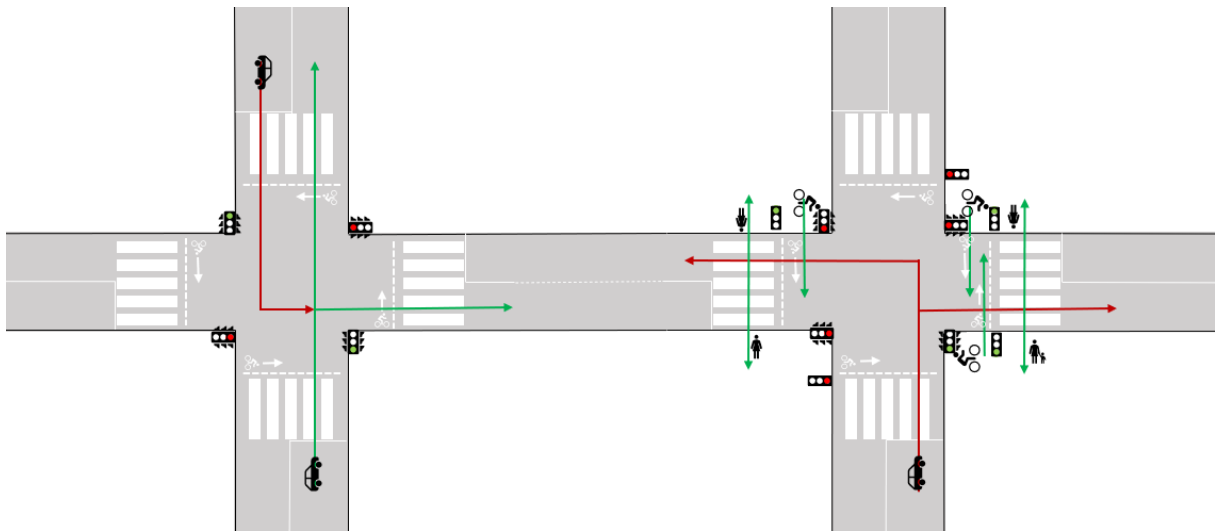
Bovenstaande laat inzien dat verplaatsingen te voet en met de fiets zo goed als mogelijk ondersteund en aangemoedigd moeten worden. Een manier om dit te doen is om voetgangers en fietsers veilig, snel en aangenaam te laten oversteken bij lichtgeregelde kruispunten. Deze drie aspecten kunnen als drie dominanten gezien worden die elkaar beïnvloeden. Als een oversteek(-beweging) niet aangenaam is, wil men minder lang wachten (Baker & Cameron, 1996). Als men minder lang wil wachten, zal roodlichtnegatie sneller voorkomen en komt de verkeersveiligheid in gedrang (Mulder, z.d.). Onderstaande bekende citaat (Goodreads, z.d.) uit het theaterstuk ‘*Waiting for Godot*’ vat het probleem van wachten aan een lichtgeregeld kruispunt in één simpele korte zin samen.

“*Nothing happens. Nobody comes, nobody goes. It’s awful.*”  
— Samuel Beckett, *Waiting for Godot*

Om het wandelen en het fietsen aan te moedigen wordt de wachttijd aan lichtgeregelde kruispunten dus best zo laag mogelijk gehouden. Een andere manier om verplaatsingen te voet en met de fiets aan te moedigen is om de verkeersveiligheid te verbeteren (Schepers et al., 2014). Verkeersveiligheid verbeteren is sowieso al een doel op zich. Om de verkeersveiligheid aan lichtgeregelde kruispunten te verbeteren, probeert men deelconflicten tussen voetgangers en fietsers met het gemotoriseerd verkeer zoveel mogelijk te vermijden. In het deel studio lag de focus op de verkeersveiligheid bij de zachte weggebruiker aan lichtgeregelde kruispunten. Enkel de belangrijkste conclusies en bevindingen van het deel studio (Beuls & Kerkhofs, 2022), die relevant zijn voor deze masterproef, worden in de volgende alinea’s van dit deel beschreven.

Figuur 1 geeft de mogelijke deelconflicten op lichtgeregelde kruispunten in Vlaanderen weer. Wanneer er niet aan de voorop gelegde kwaliteitseisen wordt voldaan, worden volgens het afwegingskader (Zie Figuur 2) deelconflicten toegelaten. De kwaliteitseisen zijn de verzadigingsgraad en de wachttijd van de

zachte weggebruiker (Casters, 2020). De verzadigingsgraad geeft een beeld over hoe goed het verkeer per rijstrook (intensiteit) verwerkt kan worden. Rekening houdende met de beschikbare groentijd in de cyclus en de beschikbare ruimte (capaciteit). Vanaf 85 procent worden er afwikkelingsproblemen verwacht op die rijstrook/richting. De wachttijd van de zachte weggebruiker mag maximaal 70 seconden zijn in een kerngebied, 90 seconden binnen de bebouwde kom (buiten kerngebied) en 110 seconden buiten de bebouwde kom. Door één of meerdere deelconflicten toe te voegen, krijgen meerdere verkeersstromen tegelijk groen, waardoor tijd wordt gespaard. Deze gewonnen tijd kan bijvoorbeeld gebruikt worden om de verkeersstroom met de doorstromingsproblematiek langer groentijd te geven.



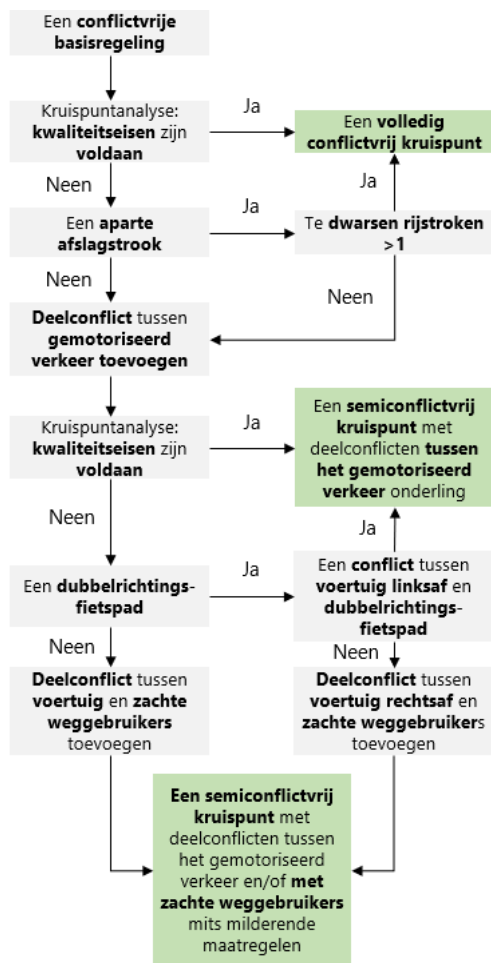
Figuur 1: L: Mogelijke deelconflicten met gemotoriseerd verkeer onderling; R: Mogelijke deelconflicten met de zachte weggebruiker (Eigen figuur, 2021)

Verder zijn er deelconflicten die behoren tot de veiligheidsondergrens. Deze deelconflicten mogen nooit plaatsvinden op Vlaamse (gewest-)wegen. De verkeersveiligheid primeert hier normaal gezien altijd boven de verkeersdoorstroming. Enkel met een goede motivering en bij een unaniem akkoord van de actoren, kan er afgeweken worden van de veiligheidsondergrens. Het betreft de volgende deelconflicten:

- Links afslaande bewegingen waarbij twee of meerdere rijstroken (recht doorgaand of rechts afslaand) gedwarst moeten worden;
- Links- of rechts afslaande bewegingen met twee of meerdere rijstroken;
- Links afslaande bewegingen met een dubbelrichtingsfietspad;
- Afslaande bewegingen met (recht doorgaande) trams op eigen bedding;
- Afslaande bewegingen van trams in conflict met andere verkeersdeelnemers;
- Deelconflicten die niet in de huidige regeling aanwezig zijn worden niet toegevoegd, tenzij een gevaarlijk(er) deelconflict verwijderd kan worden door een ongevaarlijk(er) toe te voegen.

Het afwegingskader (Zie Figuur 2) laat zien dat Vlaanderen eerst deelconflicten toevoegt tussen het gemotoriseerd verkeer, alvorens ze deelconflicten met de zachte weggebruikers toelaat. Wanneer de ontwerper een deelconflict toevoegt, worden eerst de minst onveilige deelconflicten overwogen. De beoordeling hiervan gebeurt op basis van de lokale situatie door bijvoorbeeld te kijken naar de configuratie van het kruispunt, de hoeveelheid afslaand gemotoriseerd verkeer en op basis van ongevalgegevens. Wanneer een conflictvrije regeling niet mogelijk is, oftewel wanneer er deelconflicten gewenst zijn volgens het afwegingskader, is het belangrijk om rekening te houden met enkele milderende maatregelen. Deze milderende maatregelen moeten ervoor zorgen dat ernstige

ongevallen met zachte weggebruikers vermeden worden bij de toegelaten deelconflicten. Een voorstart in ruimte en/of tijd is zo een belangrijke milderende maatregel. Een voorstart in ruimte wordt standaard uitgevoerd in Vlaanderen. Een voorstart in tijd is echter moeilijk, aangezien dit tot verliestijd zorgt voor het overig verkeer. Een voorstart in tijd/ruimte is erg nuttig voor fietsers en voetgangers die alreeds tijdens de roodfase aan het kruispunt staan te wachten. Voor zachte weggebruikers die tijdens de groenfase arriveren, is dit geen oplossing. Andere milderende maatregelen voor deelconflicten met zachte weggebruikers zijn het plaatsen van een oranje-gele knipperlicht of het plaatsen een waarschuwingslicht/waarschuwingbord. Deze lichten en borden waarschuwen het gemotoriseerd verkeer voor mogelijke overstekende fietsers en voetgangers.



Figuur 2: Beslissingsboom/afwegingskader deelconflicten op Vlaamse gewestwegen (Eigen figuur, 2021)

Om meer Vlamingen aan te moedigen om zich te voet of met de fiets te verplaatsen kan de wachttijd enerzijds zoveel als mogelijk beperkt worden. Anderzijds kan de verkeersveiligheid verbeterd worden door conflictvrije kruispunten zoveel als mogelijk toe te passen. Naast deze verbeteringen bij lichtgeregelde kruispunten zijn er natuurlijk nog veel mogelijkheden om de duurzame modi aan te moedigen, maar deze liggen niet in de scope van deze masterproef. Uit volgend deel (Zie Probleemstelling) blijkt ook dat lichtgeregelde kruispunten een groot en belangrijk probleem zijn, waar gefocust op moet worden.



## 2 Probleemstelling

Uit Tabel 1 van het Jaarrapport Verkeersveiligheid 2019 van Van Raemdonck & Lammar (2021) kan gelezen worden dat 35.1 procent van de letselgevallen en 21.3 procent van de verkeersdoden in Vlaanderen gebeuren op kruispunten. Dit zijn relatieve hoge percentages, aangezien kruispunten maar erg beperkt voorkomen in het volledige wegennet. Zo komen wegsecties veel meer voor dan kruispunten. Specifiek gekeken naar lichtgeregelde kruispunten dan gebeuren hier 7.4 procent van de letselgevallen en 4.4 procent van de verkeersdoden. Hier moet ook dezelfde bovenstaande kanttekening gemaakt worden. Gekeken naar de verkeersveiligheid, zijn lichtgeregelde kruispunten een groter probleem dan op het eerste gezicht lijkt.

Tabel 1: Kerncijfers m.b.t. verkeersdoden en letselgevallen volgens kruispunttype in 2019 (Van Raemdonck & Lammar, 2021)

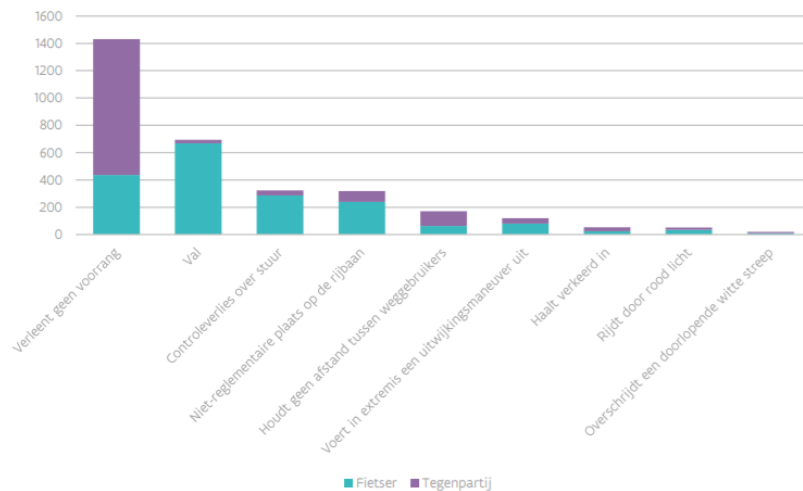
	Letselgevallen		Verkeersdoden		Ernst
	#	%	#	%	
<b>Op kruispunt (totaal)</b>	<b>8.105</b>	<b>35,1</b>	<b>67</b>	<b>21,3</b>	<b>8</b>
Verkeersagent	10	0,0	0	0,0	0
Driekleurige verkeerslichten in werking	1.715	7,4	14	4,4	8
Voorrangsborden B1 of B5	3.839	16,6	38	12,1	10
Voorrang van rechts	1.858	8,1	10	3,2	5
Onbekend	683	3,0	5	1,6	7
<b>Op rotonde (totaal)</b>	<b>606</b>	<b>2,6</b>	<b>6</b>	<b>1,9</b>	<b>10</b>
Verkeersagent	1	0,0	0	0,0	0
Driekleurige verkeerslichten in werking	2	0,0	0	0,0	0
Voorrangsborden B1 of B5	347	1,5	4	1,3	12
Voorrang van rechts	27	0,1	0	0,0	0
Onbekend	229	1,0	2	0,6	9
<b>Buiten kruispunt</b>	<b>14.356</b>	<b>62,2</b>	<b>241</b>	<b>76,5</b>	<b>17</b>
<b>Onbekend</b>	<b>1</b>	<b>0,0</b>	<b>1</b>	<b>0,3</b>	

Uit een onderzoek van Polders en collega's (2015) blijkt dat ongevallen met zachte weggebruikers één van de meest voorkomende ongevallen zijn op lichtgeregelde kruispunten. Het gaat hier voornamelijk over ongevallen tussen afslaand gemotoriseerd verkeer en overstekende zachte weggebruikers. Over het algemeen besteden bestuurders bij het uitvoeren van de rijtaak meer aandacht aan andere gemotoriseerde weggebruikers dan aan zachte weggebruikers. Daarnaast komen niet-conflictvrije kruispunten, waarbij er conflicten zijn tussen de zachte weggebruiker en het gemotoriseerd verkeer, nog steeds vaak voor. Uit het onderzoek van Polders en collega's (2015) blijkt het dat de kans op een verkeersongeval met zachte weggebruikers op conflictvrije kruispunten tot 40 procent lager ligt, ten opzichte van niet-conflictvrije kruispunten.

Op Figuur 3 van het rapport van Van Raemdonck en Lammar (2021) kan gelezen worden dat de voornaamste ongevalsfactor bij fietsongevallen het niet verlenen van de voorrang is. Een ongevalsfactor



dat voorkomt bij kruisingen en dus ook lichtgeregelde kruispunten. Een ander interessant gegeven is dat deze soort ongevallen merendeels veroorzaakt worden door de tegenpartij, en dus niet de fietser zelf. Een problematiek die overeenkomt met kruispunten die niet conflictvrij zijn voor zachte weggebruikers. Uit het Statistisch Rapport 2020 van Slootmans (2020) blijkt dat de ernst van de ongevallen met zachte weggebruikers op kruispunten ook hoog ligt. Liefst 42 procent van alle dodelijke slachtoffers op een kruispunt zijn zachte weggebruikers. Dit is een gevolg van het gebrek aan bescherming waarover de zachte weggebruiker beschikt. Daarnaast zorgt het verschil in massa en snelheid ook voor een verhoging van de letselernst. Het is daarom belangrijk dat zachte weggebruikers zoveel mogelijk conflictvrij kunnen oversteken op lichtgeregelde kruispunten.



Figuur 3: Verdeling geregistreerde ongevalsfactoren bij fietsongevallen in 2019, met onderscheid naar de partij waarbij de fout ligt (Van Raemdonck & Lammar, 2021)

In Nederland is zich men hiervan bewust en voert daarom een beleid uit gericht op de zachte weggebruiker (SWOV, 2019). In ‘Duurzaam Veilig 3’ staat de homogeniteit van snelheid, richting, massa en mate van bescherming centraal. DV3 is een uitvoering van het *Safe Systems*-principe dat wereldwijd aandacht krijgt. Dit terwijl recente ongevallen in Gent (Dekaezemaker, 2021), in Antwerpen (Snick, 2021), in Hasselt (Jacobs et al., 2021) en in Bree (Jacobs et al., 2021) aantonen dat niet-conflictvrije kruispunten nog een groot probleem zijn in Vlaanderen. Met een stijgend aandeel fietsers van 16 procent t.o.v. 2017 (Fietsberaad Vlaanderen, 2020) en de doelstelling *Vision Zero* tegen 2050 van de Vlaamse regering, moet dit probleem opgelost geraken. Op dit moment is 16 procent van de lichtgeregelde kruispunten op gewestwegen conflictvrij. Tussen 2016 en 2021 zijn het aantal conflictvrije kruispunten op de Vlaamse gewestwegen met 0.6 procent gestegen (Belga, 2021). De ambitie van de Vlaamse minister van Mobiliteit om alle kruispunten maximaal conflictvrij te maken ligt nog ver weg.

Uit enkele interviews van het deel ‘Studio’ (de Schepper, 2021; Goethals, 2021; Huijbregts, 2021; Venken, 2021) blijkt dat lichtgeregelde kruispunten in het beheer van steden en gemeenten ook maximaal conflictvrij worden geregeld. De steden en gemeenten zijn vaak proactiever dan het gewest om de zachte weggebruiker conflictvrij te regelen. De steden en de gemeenten hebben wel vaak te kampen met een ruimtelijk probleem. Zo is er vaak te weinig ruimte om aparte afslagstroken te voorzien, waardoor conflictvrij regelen moeilijker en vaak zelfs niet haalbaar is.

Conflictvrij regelen lijkt dus de heilige graal te zijn om de zachte weggebruiker veilig te laten oversteken. Het is echter belangrijk om ook het nadeel van conflictvrije kruispunten te belichten. Bij

conflictvrije kruispunten zijn er meer fases nodig in één lichtcyclus. Zo kan het enerzijds zijn dat de zachte weggebruikers een eigen aparte fase krijgen. Bijvoorbeeld bij AFTG (het vierkant groen principe). Anderzijds kan het gemotoriseerd verkeer in meerdere fases ingedeeld worden. Zo kan er bijvoorbeeld een fase zijn voor het recht doorgaand gemotoriseerd verkeer (samen met de zachte weggebruikers uit die richting) en een aparte fase zijn voor het afslaand gemotoriseerd verkeer. Eveneens betekent dit dat er meer tussengroentijd nodig is. Dit is de tijd tussen de groenfases die ‘verloren’ gaat om het verkeer te ontruimen, en dus veilig te laten afwikkelen. De totale cyclustijd kan hierdoor langer worden, of de fases kunnen over minder groentijd beschikken binnen de oorspronkelijke cyclustijd. (Zachte) weggebruikers moeten hierdoor langer wachten tot dat hun fase aan de beurt is, om zich vervolgens verder te kunnen verplaatsen. M.a.w. conflictvrije kruispunten zorgen voor langere wachttijden voor de (zachte) weggebruikers (Wilson, 2014; Casters, 2020).

Dit kan leiden tot frustraties bij weggebruikers. Deze wachtrijen en frustraties kunnen op hun manier leiden tot verkeersonveilige situaties. Zo zal roodlichtnegatie sneller voorkomen bij langere wachttijden voor fietsers en voetgangers (Brosseau et al., 2013). Roodlichtnegatie is nu ook al een groot probleem. Diependaele (2015) ondervond dat gemiddeld 21 procent van de voetgangers in België aan roodlichtnegatie doet. Uit een Nederlands onderzoek (Tertoolen & Ruijs, 2015) blijkt dat roodlichtnegatie 5.3 procent van de dodelijke ongevallen veroorzaakt en 3.7 procent van de ongevallen met zwaargewonden veroorzaakt. Conflictvrije kruispunten kunnen dus ook een negatief effect hebben op de verkeersveiligheid van de zachte weggebruikers. Conflictvrije kruispunten moeten dus zeker gepromoot worden, al mag dit niet gepaard gaan met een (te) hoge wachttijd. Anders zal de verkeersveiligheidsverbetering, door het conflictvrij maken van lichtgeregelde kruispunten, ten niet gedaan worden door een verkeersveiligheidsvermindering door een toename aan roodlichtnegatieongevallen.

Nederland kent dit probleem minder, dit doordat Nederland voornamelijk werkt met voertuigafhankelijke lichtgeregelde kruispunten. Dit zijn kruispunten waarbij weggebruikers, dus ook fietsers, worden gedetecteerd. Dit enkele tientallen meters voor het kruispunt, als aan het kruispunt zelf. In Nederland is het dus mogelijk dat fietsers (en ook voetgangers) meerdere keren groen krijgen in de cyclus voor een (erg) korte periode. Fietsers kunnen namelijk op aanvraag een groenlicht krijgen wanneer men het kruispunt nadert. Dit zorgt ervoor dat fietsers nauwelijks tot niet moeten wachten aan kruispunten. Daarnaast zorgt de voertuigafhankelijke regeling er ook voor dat er minder tijd verloren zal gaan, aangezien men flexibeler/dynamischer kan regelen. Dit zorgt ervoor dat conflictvrij regelen sneller toegepast kan worden (Huijbregts, 2021). In Vlaanderen wordt het voertuigafhankelijk regelen niet toegepast voor fietsers, met uitzondering van de verkeerslichten in Antwerpen die gemonitord worden door het VerkeersLichtenCoördinatieCentrale (VLCC) (Antwerpen.be, 2021).

Om kruispunten conflictvrij te maken in Vlaanderen is het dus belangrijk om rekening te houden met de maximale wachttijden voor de voetganger en de fietser. De huidige gebruikte maximale wachttijden zijn overgenomen van het ‘Vademecum Voetgangersvoorzieningen’ (Bossuyt, 2003). Het vademecum is ondertussen 19 jaar oud, een vraag die dus gesteld kan worden is of dat deze maximale wachttijden nog relevant en acceptabel zijn in een snel veranderende maatschappij. Daarnaast gebruikt het ‘Handboek Ontwerp Verkeerslichtenregelingen 2020’ deze wachttijden voor voetgangers, ook voor fietsers (Casters, 2020). Dit terwijl er niet onderzocht is of dat deze wachttijden ook geschikt zijn voor fietsers. Fietsberaad Vlaanderen (2020b) heeft hier onderzoek naar gedaan. Fietsberaad Vlaanderen stelt in dit onderzoek vast dat er geen sterke wetenschappelijke basis is voor het vastleggen van de maximale wachttijd voor fietsers. Fietsberaad Vlaanderen heeft op basis van enkele terreinbezoeken in Nederland een voorstel gedaan voor de maximale wachttijden van fietsers.

### 3 Doelstelling

Het is belangrijk om te onderzoeken of voetgangers en fietsers op vlak van wachttijden een ander verwachtingspatroon hebben dan de huidige gebruikte normen. Dit enerzijds omdat verplaatsingen te voet en met de fiets maximaal aangemoedigd moeten worden, om bijvoorbeeld klimaatdoelstellingen te halen. Anderzijds is het ook vanuit een verkeersveiligheid oogpunt belangrijk om de verwachte maximale wachttijden af te stemmen op de huidige maximale wachttijden. Wanneer een zachte weggebruiker de regeling niet meer geloofwaardig vindt, zal een zachte weggebruiker eerder aan roodlichtnegatie doen.

De doelstelling van de masterproef is om de maximale wachttijden van voetgangers en fietsers te weten te komen aan verschillende soorten lichtgeregelde kruispunten. Op deze manier kan er gekeken worden of dat de huidige normen nog geschikt zijn. De indirecte doelstellingen zijn dus om de duurzame modi aan te moedigen en de verkeersveiligheid bij lichtgeregelde kruispunten te verbeteren/te garanderen.

Als uit de masterproef blijkt dat men in enkele onderzochte situaties minder lang wil wachten dan de huidige maximale wachttijden. Is het aangeraden om de wachttijden in deze situaties te verkorten. Dit om roodlichtnegatie te voorkomen, aangezien zachte weggebruikers de regeling niet geloofwaardig vinden. In dit gegeven is het dus wel moeilijker om een lichtgeregeld kruispunt conflictvrij te maken, zonder dat de doorstroming van het gemotoriseerd verkeer erop achteruitgaat.

Als uit de masterproef blijkt dat men in enkele onderzochte situaties langer wil wachten dan de huidige maximale wachttijden. Is het in deze situaties makkelijker om het lichtgeregeld kruispunt conflictvrij te gaan regelen. De zachte weggebruiker wil namelijk langer wachten om dan veilig te kunnen oversteken. Een aparte fase voor de zachte weggebruiker is dan aangeraden, aangezien het niet meteen tot roodlichtnegatie gaat leiden. De mogelijkheid om meer AFTG, zoals vierkant groen, te installeren kan dan eveneens bekeken worden.

## 4 Onderzoeksvragen

Uit de probleem- en doelstelling staat de volgende hoofdonderzoeksvraag centraal in het onderzoek:

Zijn de huidige maximale wachttijden voor voetgangers en fietsers aan lichtgeregelde kruispunten acceptabel?

Onderstaande deelonderzoeksvragen zijn geformuleerd die kaderen binnen de hoofdonderzoeksvraag.

- Welke omgevingsfactoren beïnvloeden roodlichtnegatie?

Er wordt onderzoek gedaan naar de omgevingsfactoren die roodlichtnegatie aan- of ontmoedigen, en dus ook de wachttijd beïnvloeden. Deze factoren kunnen dan gebruikt worden om de aanvaardbare wachttijd bij verschillende situaties te onderzoeken.

- Welke persoonsfactoren beïnvloeden roodlichtnegatie?

Er wordt onderzoek gedaan naar de persoonsfactoren die roodlichtnegatie aan- of ontmoedigen, en dus ook de wachttijd beïnvloeden. Het is belangrijk om deze factoren in het achterhoofd te houden. Dit aangezien ook psychologische en sociale factoren, die moeilijk te veranderen te zijn, invloed hebben op de aanvaardbare wachttijd.

- Wat zijn de huidige maximale wachttijden voor voetgangers en fietsers?

Om de aanvaardbare wachttijden te kunnen vergelijken, moet de huidige norm omtrent maximale wachttijden eerst geweten zijn. De huidige maximale wachttijden van Vlaanderen en andere landen worden onderzocht.

- Welke wachttijden vinden voetgangers en fietsers acceptabel?

Er wordt onderzoek gedaan naar de aanvaardbare wachttijd op verschillende lichtgeregelde kruispunten voor voetgangers en fietsers. Op deze manier kan er gekeken worden of dat deze wachttijden significant verschillen met de huidige wachttijden.

- Hoeveel verschillen de aanvaardbare wachttijden voor voetgangers en voor fietsers?

De aanvaardbare wachttijden van zowel voetgangers als fietsers worden onderzocht. Vlaanderen stelt momenteel de maximale wachttijden voor beide gelijk. Het is interessant om te onderzoeken of deze inderdaad gelijkgesteld kunnen worden of dat deze significant verschillend zijn.

- Hoeveel verschilt de eigenlijke wachttijd met de gepercipieerde wachttijd aan lichtgeregelde kruispunten?

Er wordt bevestigd hoelang men denkt gemiddeld gewacht te hebben aan de lichtgeregelde kruispunten. Zo wordt er inzicht verkregen in de gepercipieerde wachttijd. Door de gepercipieerde wachttijd te vergelijken met de onderzochte eigenlijke wachttijd, kan er gekeken worden of dat men de eigenlijke wachttijd positief (korter gepercipieerd) of negatief (langer gepercipieerd) beschouwd.

## 5 Onderzoeksmethode

Aan de hand van een literatuuronderzoek wordt er onderzocht welke persoons- en omgevingsfactoren de wachttijdacceptatie en de hoeveelheid roodlichtnegaties beïnvloeden. Bij een literatuuronderzoek worden verschillende wetenschappelijk literaire bronnen opgezocht. Eerst zullen er enkele wetenschappelijke bronnen opgezocht worden via wetenschappelijke websites (Universiteitsbibliotheek UHasselt & Google Scholar). Om daarna via het sneeuwbaaleffect andere nuttige wetenschappelijke bronnen te vinden. Aan de hand van de gevonden bronnen, en de daarbijhorende perspectieven, kan er gekeken worden welke factoren meermaals terugkomen. Deze factoren kunnen dan als ‘belangrijk’ aanschouwd worden voor het onderzoek.

Om de aanvaardbare maximale wachttijden van voetgangers te onderzoeken wordt er een experiment opgesteld. Het experiment maakt gebruik van virtuele realiteit via de software ‘Unity’. Via de ‘HTC Vive Pro Eye’ VR-bril en bijhorende *controllers* worden deelnemers ondergedompeld in een virtuele omgeving. Verder zorgen twee ‘SteamVR base stations’ voor de *motion capture* en de *head tracking*. Het onderzoek zal dus in een gecontroleerde en geprogrammeerde omgeving plaatsvinden. Er kan gesproken worden van een experimenteel experiment. De oorzaak, de verschillende wachtsituaties, worden namelijk door de onderzoeker geïntroduceerd. Er wordt dan gekeken naar het effect op de wachttijdacceptatie en de hoeveelheid roodlichtnegaties aan het lichtgeregelde kruispunt. Het experiment is een *before-and-after* onderzoeksopzet. De deelnemers zullen drie wachtsituaties moeten beoordelen. Eén daarvan is een *baseline* situatie (*before*), waar twee gemanipuleerde situaties (*after*) mee vergeleken kunnen worden. Zo kunnen enkele omgevingsfactoren onderzocht worden.

De deelnemers van het experiment zullen ook een korte enquête, oftewel een vragenlijst, invullen. De vragenlijst bestaat uit meerdere delen. Ten eerste worden socio-demografische vragen gesteld. Zo kunnen persoonsfactoren onderzocht worden die de wachttijdacceptatie beïnvloeden. Ten tweede worden er enkele vragen gesteld over het experiment. Hierdoor kan er enerzijds met meer zekerheid gevraagd worden waarom men in welke situatie eerder of later het wachten beu is, en waarom men aan roodlichtnegatie doet. Er zal anderzijds ook andere onderzoek gerelateerde vragen gesteld worden. Zo wordt er bevraagd of dat deelnemers vinden dat voetgangers en fietsers over gelijke of verschillende maximale wachttijden moeten beschikken. Daarnaast wordt er ook bevraagd hoelang men denkt gemiddeld gewacht te hebben aan de lichtgeregelde kruispunten. Ten slotte wordt er via enkele stellingen bevraagd om de virtuele realiteitsomgeving te scoren op vlak van validiteit en realisme.

Het literatuuronderzoek focust zich verder ook over de psychologie achter wachten en de huidige gebruikte maximale wachttijden in verschillende landen. Ten slotte wordt er aan de hand van eerdere onderzoeken gekeken hoe een virtueel realiteitsexperiment het best uitgevoerd kan worden.

In deel ‘Onderzoeksopzet’ wordt er verder uitgelegd hoe het experiment en de vragenlijst eruitzien.

## 6 Literatuuronderzoek

### 6.1 Wachten

#### 6.1.1 Wat is wachten?

Uit Van Dale (z.d.) wordt ‘wachten’ als volgt omschreven: “*Blijven op een plaats tot iemand of iets komt*”. In het geval van deze masterproef is ‘iemand of iets’ het groenlicht. Schweizer (2008) maakt in het boek ‘On waiting’ duidelijk dat niemand wachten leuk vindt. Vaak kunnen vervelende situaties gemeden worden, maar wachten moet iedereen dagelijks ondergaan. Wachten wordt ook niet als een ‘ongelegen vertraging’ gezien, maar eerder als een verlies van een opportuniteit en/of van geld. Wachten zorgt ook nog eens voor een verkeerde perceptie. Het zorgt er namelijk voor dat tijd trager lijkt te verlopen dan in de realiteit (Zie deel 6.1.2). Wachtende personen denken hierdoor ook een grotere opportuniteit of geldsom te missen dan het in de werkelijkheid is. Uit een onderzoek (Lam & Small, 2001) blijkt dat de *value of time* van één uur wachten overeenkomt met ongeveer 20 euro (oftewel ongeveer 28 euro in 2022). Abrantes en Wardman (2011) ondervonden daarnaast dat één minuut wachttijd hetzelfde nadeel heeft in de perceptie van mensen als twee à vier minuten extra verplaatsingstijd (door bijvoorbeeld een omweg). Wachten kan dus gezien worden als een belangrijk nadeel voor mensen.

Zeker in de huidige consumptiemaatschappij waarbij alles meteen geleverd en geconsumeerd moet worden, is wachten steeds een moeilijker gegeven voor mensen. Eveneens in het verkeer valt dit op. Figuur 4 (Ren et al., 2011) laat zien dat tijd besparen de voornaamste reden is om aan roodlichtnegatie te doen. 30.25 procent van de ondervraagden geeft immers aan dat dit de reden is waarom men het roodlicht heeft genegeerd. Deel 6.2 gaat verder in op de oorzaken van roodlichtnegatie. Het gevoel van wachten probeert de mens zoveel mogelijk te mijden (Schweizer, 2008). Elk moment moet als aangenaam of zelfs als nuttig worden ervaren. Zo lezen we een magazine in de wachtruimte, zijn we met onze smartphone bezig als we wachten op een kennis of luisteren we muziek terwijl we wachten op de bus. Zo wordt ook het wachten aan het roodlicht aangenamer gemaakt, zodat het gevoel van (te lang) wachten voor voetgangers en fietsers verminderd wordt. Lichtgeregelde kruispunten worden zo steeds meer uitgerust met een aftelklok om het wachten aangenamer en voorspelbaarder te maken. Aanleunbeugels voor fietsers is ook een voorbeeld waarbij het wachten aangenamer wordt gemaakt.

Reason Type	Reason	Number of Respondents	Percent
Psychology	To save time and convenience	181	30.25
	Because other people do this	74	12.39
	No accident will happen if I do this one or two times	31	5.18
Road and traffic	Light or no traffic on the road	118	19.73
	Crossing facility design is not reasonable	89	14.88
Management	No traffic police	51	8.53
Other	Did not see the signal	29	4.85
	Other	25	4.19
Total		598	100.00

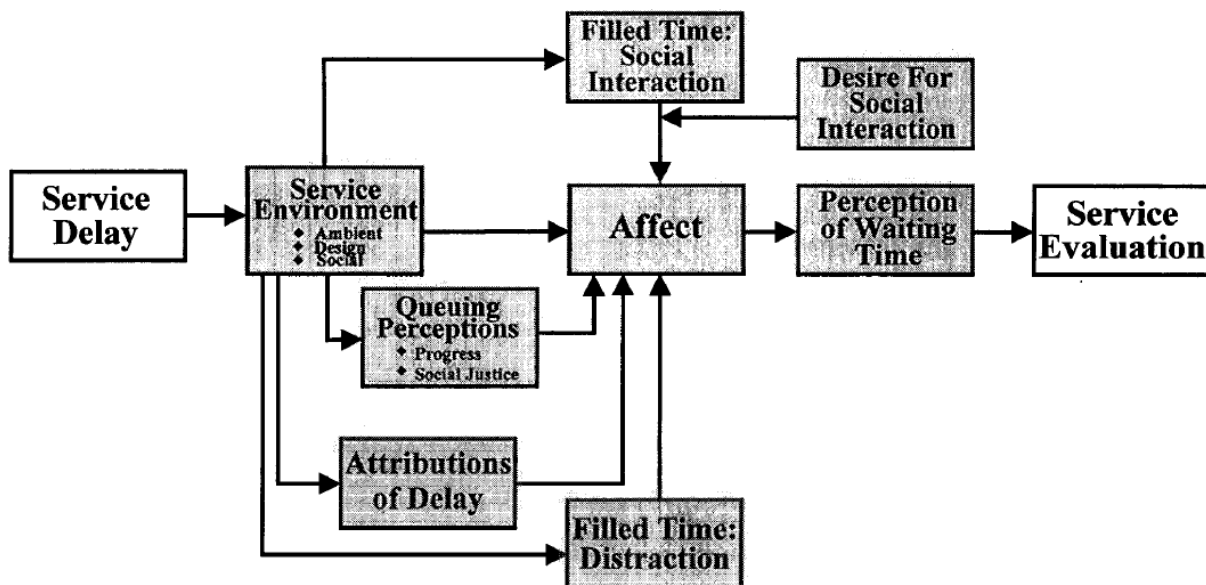
Figuur 4: Redenen om het roodlicht te negeren (Ren et al., 2011)

Hersenswetenschapper Tonny Mulder (z.d.) geeft aan dat een spannende activiteit, een leuke activiteit is. Wachten is geen activiteit dat spannend is, waardoor er frustraties en negatieve gevoelens optreden. Deze gevoelens wil een mens vermijden aangezien het zich ongelukkig maakt. De mens zal daarom ook

het wachten proberen te doorbreken. Het is de prefrontale cortex van de hersenen die bewust kiest om iets te doen of om iets niet te doen. Dit hersendeel zal dus ook beslissen over wachten of niet wachten. Als de prefrontale cortex actief is stijgt de bloeddruk en de hartslag, waardoor we ons ongerust, gestresseerd en gespannen voelen (Suck & Holling, 1997). Hierdoor zullen we sneller beslissen om iets te doen (Bv. roodlichtnegatie), om deze gevoelens te vermijden. Als de prefrontale cortex in rust is, zullen we sneller beslissen om iets niet te doen en dus beslissen om te blijven wachten. Elementen die het wachten transparanter en aangener maken (Bv. aftelklok, muziek...) zorgen ervoor dat de prefrontale cortex rustiger is, waardoor personen het wachten beter accepteren (Mulder, z.d.).

### 6.1.2 Wachtijdperceptie

Zoals Schweizer (2008) reeds beschreef is de perceptie van de wachttijd belangrijker dan de effectieve wachttijd. De wachttijdperceptie wordt beïnvloed door de gemoedstoestand van de persoon. Hornik onderzocht in 1992 dat een positieve gemoedstoestand ervoor zorgt dat de tijd sneller lijkt voorbij te gaan. Bij een negatieve gemoedstoestand lijkt de tijd trager voorbij te gaan, de tijd wordt hier dus overschat. Baker en Cameron (1996) onderzochten welke aspecten invloed hadden op de gemoedstoestand en uiteindelijk de wachttijdperceptie. Figuur 5 (Baker & Cameron, 1996) geeft weer dat de gemoedstoestand van een persoon op verschillende manieren beïnvloed wordt. De gemoedstoestand tijdens het wachten wordt beïnvloed door de omgeving, sociale interacties, afleiding, de wachtrij en kenmerken van de vertraging. Onder de figuur wordt er verder ingegaan op deze aspecten.



Figuur 5: Effecten op de perceptie van wachttijden (Baker & Cameron, 1996)

De omgeving wordt beïnvloed door drie elementen. Ten eerste niet visuele omgevings-elementen zoals de temperatuur, de verlichting en muziek. Naarmate de temperatuur extremer (kouder en warmer) wordt des te langer de perceptie van tijd. Personen zijn dus bij onaangename temperaturen het wachten sneller moe. Daarnaast overschatten we de tijd naarmate de hoeveelheid licht stijgt. Personen wachten liever in een normaal verlichte ruimte, dan een overbelichte ruimte. Aangename, eigen muziek zorgt ervoor dat personen langer willen wachten, dan geen of vervelende muziek. Eveneens zorgt een aangenaam geluidsniveau ervoor dat personen bereid zijn om langer te wachten. Uit deze theorie zouden voetgangers en fietsers die eigen muziek aan het luisteren zijn, een langere wachttijd accepteren.



Ten tweede spelen visuele objecten in de omgeving een rol. Objecten die een warmere kleur hebben zouden ervoor zorgen dat personen minder lang willen wachten. In deze masterproef is deze vaststelling minder van belang. Wat wel van belang is, is het comfort van objecten. Des te groter het comfort des te langer personen willen wachten. Een comfortabel fiets- en voetpad en aanleunbeugels zouden dus de wachttijdperceptie moeten doen dalen.

Ten derde spelen sociale aspecten in de omgeving een rol. Wanneer meer personen ook moeten wachten, zal het wachten sneller geaccepteerd worden. Tijdens het wachten kunnen sociale interacties ervoor zorgen dat we de tijd zullen onderschatten. De perceptie van tijd is dus kleiner door sociale interactie. Dit effect zal groter zijn bij socialere personen dan bij asocialere personen. Aan de andere kant zullen opdringerige en onaangename personen ervoor zorgen dat de tijdperceptie groter wordt.

Sociale interacties zorgen er dus voor dat de wachttijd opgevuld geraakt, waardoor het wachten minder belangrijk en erg is. Eveneens zorgen afleidende situaties en objecten voor dit effect. Personen die afgeleid zijn door iets of iemand percipiëren de tijd immers minder lang. Verder is het ook belangrijk dat er voortuitgang te zien is in de wachtrij. Wanneer personen na een bepaalde tijd geen voortuitgang zien in het wachten en het uiteindelijk niet meer geloofwaardig of rechtvaardig vinden, zullen deze personen in een negatievere gemoedstoestand komen. Deze personen zullen een langere tijdsperceptie hebben en het moeilijker hebben om te blijven wachten.

Uiteindelijk zijn kenmerken van de vertraging ook belangrijk in de wachttijdperceptie. De ruimtelijke ordening speelt hier een rol. Voetgangers en fietsers zullen een langere wachttijdperceptie hebben wanneer men veel moet vertragen en wachten, door bijvoorbeeld veel lichtgeregelde kruispunten achterelkaar. Een niet geloofwaardige ruimtelijke opstelling en ordening is nadelig voor de wachttijdperceptie. Verder zorgt het transparanter maken van de wachttijd ook voor een betere wachttijdperceptie. Een aftelklok blijkt dus een positieve invloed te hebben op de wachttijdperceptie, wat de theorie van Mulder (z.d.) en Schweizer (2008) ook al aangaven.

### 6.1.3 Wachten en wachttijdperceptie in het verkeer

Friman (2010) onderzocht hoe aangenaam openbaar vervoergebruikers het vinden om te wachten op een bus. Een negatieve wachtervaring, zoals onverwacht een bus missen, zorgt ervoor dat negatieve gevoelens naar bovenkomen. Gevoelens als ontevredenheid, gespannenheid en angst staan dan centraal. Terwijl wachten op de bus die op tijd komt, waarbij je je nuttig bezighoudt, voor positieve gevoelens zorgt. Het wachten aan een verkeerslicht op een lichtgeregeld kruispunt is voor voetgangers en fietsers ook een negatieve wachtervaring. Er moet gewacht worden tijdens de verplaatsing, wat voor een langere verplaatsingstijd zorgt. Het kan verwacht worden dat dezelfde negatieve gevoelens naar bovenkomen als bij de busgebruikers, waardoor het wachten minder geaccepteerd wordt. Stradling en collega's (2004) geven ook aan dat wachten op de bus een belangrijke reden is waarom mensen de bus niet nemen. Het verbeteren van de wachttijd en de wachtervaring kan de attractiviteit van de bus doen toenemen. Het lijkt dus ook belangrijk te zijn om de wachttijd en wachtervaring op de fiets te verbeteren, zodat de fiets aan attractiviteit toeneemt.

Uit onderzoek van Mishra en collega's (2015) blijkt dat een wachtervaring bij voetgangers, fietsers en openbaar vervoergebruikers wel positiever wordt ervaren dan bij automobilisten. Automobilisten zullen sneller negatieve gevoelens ervaren. Zeker wanneer het gaat over verwachte vertragingen tijdens de verplaatsing ervaren voetgangers, fietsers en openbaar vervoergebruikers dit minder erg dan automobilisten. Deze weggebruikers geven wel aan dat ze beter uitgerust willen zijn voor mogelijke



wachtperiodes. Het gaat bijvoorbeeld over betere of warmere kleren, het beluisteren van muziek... Othayoth en Krishna Rao (2020) hebben onderzoek gedaan naar de gepercipieerde (PWT) en de eigenlijke (AWT) wachttijd van het gemotoriseerd verkeer aan lichtgeregelde kruispunten. Daaruit blijkt dat de PWT aan lichtgeregelde kruispunten gelijk is aan 1.8 keer de AWT. Men overschat over het algemeen dus ook de wachttijd aan lichtgeregelde kruispunten. Verder zijn de AWT in dit onderzoek gekoppeld met een LOS-niveau (Zie Figuur 6). Een AWT van 40 seconden en kleiner (LOS-niveaus A en B) blijkt een goede eigenlijke wachttijd te zijn. Het moet echter bekeken worden of dat deze AWT van het gemotoriseerd verkeer in India ook toepasbaar is voor voetgangers en fietsers in Vlaanderen.

LOS	Actual waiting time (seconds)
A	<20
B	20-40
C	40-65
D	65-95
E	95-130
F	>130

Figuur 6: Level Of Service op basis van de eigenlijke wachttijd (s) aan een lichtgeregeld kruispunt (Othayoth & Krishna Rao, 2020)

De gegevens van Tabel 2 zijn dan meer betrouwbaar en bruikbaar voor de Vlaamse context. Aan de hand van een kwalitatieve beschrijving wordt de wachttijd ook hier ingedeeld in meerdere LOS. Tabel 2 laat inzien dat Figuur 6 minder bruikbaar is voor voetgangers (en fietsers). De wachttijd wordt namelijk minder snel geaccepteerd in Tabel 2 dan in Figuur 6. Uit Tabel 2 valt ook op dat voetgangers een grotere wachttijd accepteren bij een lichtgeregeld kruispunt dan bij een ongeregeld kruispunt. Zo is de wachttijd bij een ongeregeld kruispunt 'slecht' vanaf een wachttijd van 15 seconden en bij een lichtgeregeld kruispunt is dit vanaf 32 seconden. Dit valt te verklaren doordat voetgangers weten dat men uiteindelijk een groenlicht zal krijgen bij een lichtgeregeld kruispunt. Bij een ongeregeld kruispunt hebben voetgangers deze zekerheid niet, waardoor ze automatisch in een meer negatieve *state of mind* zitten.

Tabel 2: Wachttijdacceptatie van voetgangers bij ongeregelde en lichtgeregelde kruispunten (Brijs & Van Der Waerden, 2017)

Oversteekbaarheid	Ongeregeld		Lichtgeregeld	
	Wachttijd (s)	Intensiteit (pae/uur)	Wachttijd (s)	Cyclustijd (s)
Goed	2	400	19	50
Redelijk	2-8	400-1200	19-25	50-60
Matig	8-15	1200-1700	25-32	60-75
Slecht	15-30	1700-2500	32-50	75-110
Zeer slecht	>30	>2500	>50	>110

Een Italiaans onderzoek (Rupi et al., 2020) ondervond dat fietsers gemiddeld 144.5 seconden wachten tijdens hun verplaatsing. Het onderzoek concludeert dat 15.6 procent van de verplaatsingstijd wachttijd is. 29 procent van deze wachttijd komt door een oponthoud aan een lichtgeregeld kruispunt. Om de fiets (en verplaatsingen te voet) aantrekkelijker te maken zouden deze percentages best lager liggen. Börjesson en Eliasson (2012) onderzochten de *value of time* om te wachten aan een verkeerslicht als fietser. De waarde van de wachttijd aan een lichtgeregeld kruispunt komt overeen met ongeveer drie minuten fietsen, oftewel met 0.82 euro. Fietsers vinden de gemiddelde wachttijd aan een lichtgeregeld even erg of nuttig als drie minuten fietsen, en zouden 0.82 euro geven per lichtgeregeld kruispunt om niet te moeten wachten. Het onderzoek geeft ook aan dat deze waarden gelijkaardig zijn als deze voor het openbaar vervoer. Reizigers met de fiets of met het openbaar vervoer waarderen wachten dus als

even erg. De eerdere conclusies uit de onderzoeken van Stradling en collega's (2004) en Friman (2010) omtrent openbaar vervoergebruikers, zullen dus hoogstwaarschijnlijk ook gelden voor fietsers (en voetgangers).

## 6.2 Roodlichtnegatie

In dit deel wordt er onderzoek gedaan naar de factoren die roodlichtnegatie aan een lichtgeregeld kruispunt beïnvloeden. In deze masterproef wordt er gekeken wat de invloed is van de maximale wachttijden voor voetgangers en fietsers op de hoeveelheid roodlichtnegatie. Roodlichtnegatie ontstaat echter niet alleen door een te lange wachttijd, ook andere factoren kunnen invloed hebben op het al dan niet negeren van het roodlicht. Kennis over deze factoren is dan ook cruciaal om bij het eigen onderzoek enerzijds stil te staan dat deelnemers ook omwille van deze factoren het roodlicht kunnen negeren. Anderzijds kunnen deze factoren gebruikt worden om voorstellen te doen van maximale wachttijden bij verschillende situaties. Uit de literatuur kan er een onderscheid gemaakt worden tussen omgevingsfactoren en persoonsfactoren die invloed hebben op de hoeveelheid roodlichtnegaties.

### 6.2.1 Omgevingsfactoren

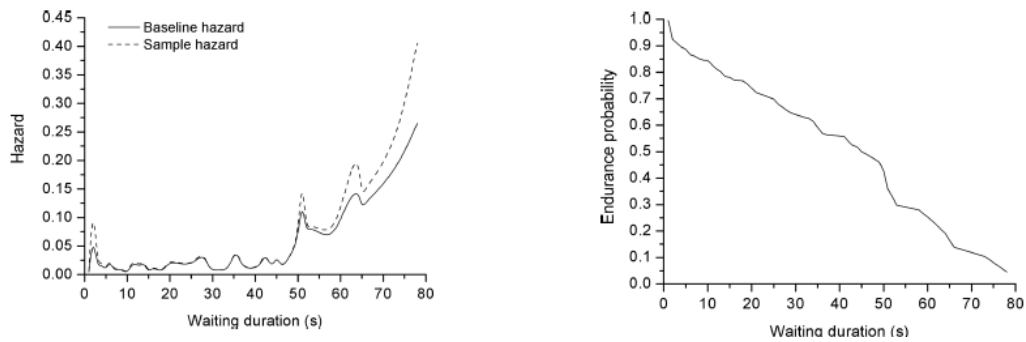
#### *Wachttijd*

In deze masterproef is de factor 'wachttijd' de belangrijkste factor. Er wordt namelijk onderzoek gedaan naar het effect van de wachttijd/roodtijd op het aantal roodlichtnegaties. Ren en collega's (2011) en Yang en Sun (2013) concludeerden dat de roodtijd/wachttijd de cruciaalste factor is om roodlichtnegatie te voorspellen. Als de roodtijd te lang is, wordt er niet meer voldaan aan de verwachtingen van de voetgangers en de fietsers. Met het gevolg dat men het roodlicht gaat negeren.

Uit onderzoek van Raoniar en Maurya (2022) kwam eveneens naar boven dat voetgangers hun geduld verliezen, en aan roodlichtnegatie gaan doen, wanneer de wachttijd te groot is. De kans op roodlichtnegatie stijgt met 18.3 procent wanneer de wachttijd tussen de 21 en 40 seconden ligt vergeleken met een wachttijd kleiner of gelijk aan 20 seconden. Wanneer de wachttijd hoger ligt dan 40 seconden stijgt de kans op roodlichtnegatie met 28.4 procent vergeleken met een wachttijd kleiner of gelijk aan 20 seconden. Uit het onderzoek van Zhu en Sze (2021) stijgt deze kans met 17.1 procent. Het risico op roodlichtnegatie bij een wachttijd onder de 20 seconden ligt in dit onderzoek namelijk op 18.7 procent en bij een wachttijd van meer dan 40 seconden ligt dit op 35.8 procent. Zhu en Sze (2021) concluderen ook dat een stijging van één procent (tien procent) van de maximale wachttijd voor een stijging van 0.45 procent (4.5 procent) zorgt in het aantal roodlichtnegaties. Een ander onderzoek van Zhu en collega's (2021b) ondervonden dat er een stijging is van 8.7 procent in het aantal roodlichtnegaties, wanneer de verwachte wachttijd met tien procent stijgt. Wang en collega's (2011) toonden ook aan dat wachttijden gelijk aan of hoger dan 40 seconden nefast was voor het geduld en het aantal roodlichtnegaties van voetgangers. Het onderzoek beval dan ook aan om de roodtijd van de voetgangers onder de 40 seconden te houden.

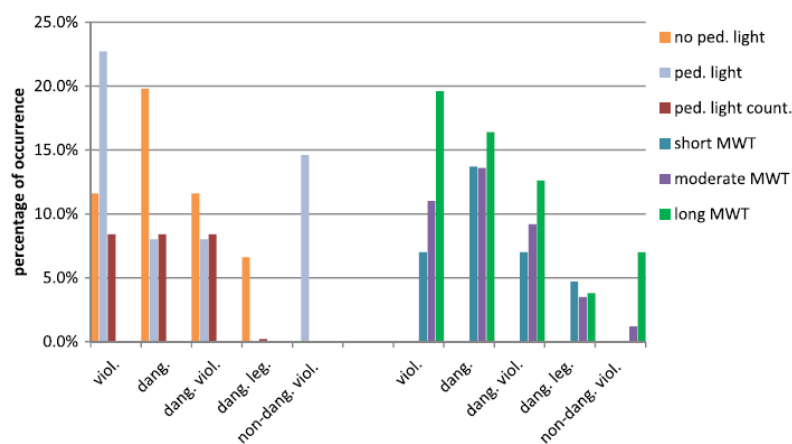
Zhang en collega's (2016) hebben onderzoek gedaan naar aanvaardbare wachttijden. 28.5 procent van de ondervraagde personen zijn maximaal 40 seconden bereid om te wachten. 86.7 procent van deze personen zouden dan ook het roodlicht effectief negeren moest de wachttijd langer dan 40 seconden zijn. De meeste ondervraagden accepteren een wachttijd tussen de 41 en 60 seconden. Verder accepteren 13.8 procent van de ondervraagden een wachttijd tussen de 61 en 90 seconden en 8.4 procent van de ondervraagden een wachttijd hoger dan 91 seconden.

Guo en collega's (2011) onderzochten het effect van wachttijd aan lichtgeregelde kruispunten op gevaarlijke oversteekbewegingen en het geduld van voetgangers. In dit onderzoek blijkt ook dat 40 à 50 seconden een kantelpunt is. Wanneer de wachttijd hoger is dan 40-50 seconden dan stijgt de kans op gevaarlijke oversteekbewegingen enorm. Eveneens is het geduld bij wachtende personen al serieus op de proef gesteld. Zo is het geduld van de voetganger nog maar de helft vergeleken met wanneer hij begon te wachten.



Figuur 7: Wachttijd van voetgangers gelinkt met gevaarlijk oversteekgedrag en geduld (Guo et al., 2011)

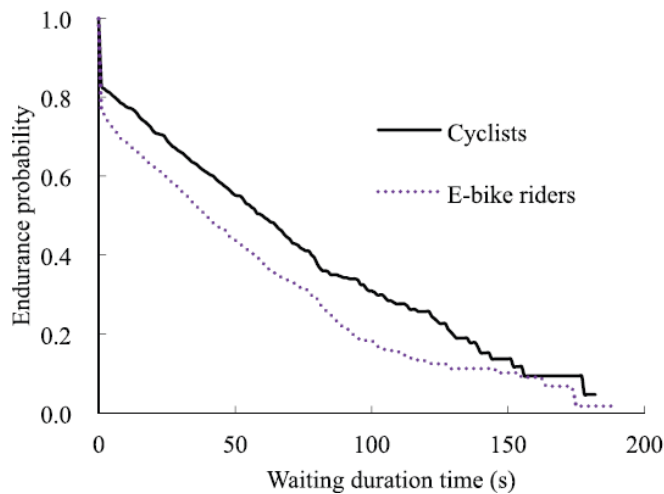
Brosseau en collega's (2013) ondervonden ook dat er meer roodlichtnegaties plaatsvinden naarmate de wachttijd langer wordt. Figuur 8 geeft weer dat naarmate de wachttijd langer is aan een kruispunt, er zowel meer overtredingen plaatsvinden als meer gevaarlijke oversteekbewegingen. Enkel bij legale maar gevaarlijke oversteekbewegingen is dit effect niet te zien. Dit zijn oversteekbewegingen die starten tijdens de groenfases, maar geëindigd zijn in de roodfase. Deze vinden bij korte wachttijden meer plaats, aangezien deze ook vaak een kortere groentijd hebben. Bij een lange wachttijd (hoger dan 56 seconden wachten) ligt het aantal roodlichtnegatie overtredingen acht procent hoger dan bij een gemiddelde wachttijd (tussen de 46 en 55 seconden wachten) en 12 procent hoger dan bij een korte wachttijd (tussen de 40 en 45 seconden wachten). Over het algemeen concluderen Brosseau en collega's (2013) dat een stijging van tien procent van de maximale wachttijd zorgt voor een stijging van 7.9 procent in het aantal roodlichtnegaties en een stijging van 2.1 procent in het aantal gevaarlijke roodlichtnegaties. Wat in de lijn ligt met de onderzoeken van Zhu en Sze (2021) en Zhu en collega's (2021b).



Figuur 8: Gemiddelde verhoudingen van verschillende soorten oversteken/overtredingen, op basis van de aanwezigheid van een voetgangerslicht en de lengte van de maximale wachttijd (MWT) (Brosseau et al., 2013)

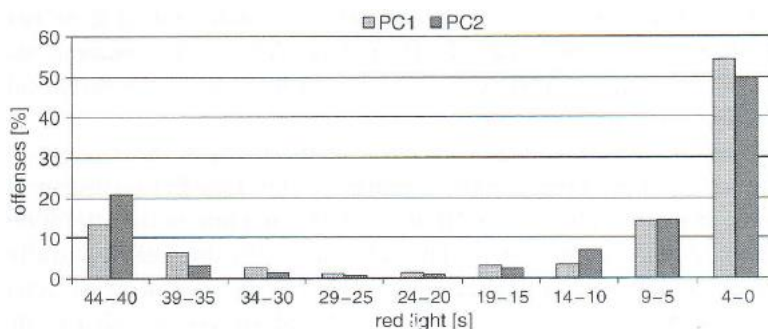
Yang en collega's (2015) bekeken de gewenste wachttijd van (elektrische) fietsers bij lichtgeregelde kruispunten. Figuur 9 geeft weer dat elektrische fietsers minder geduldig zijn dan conventionele fietsers. 39 seconden wachten is de wachttijd waarbij het geduld van de helft van de elektrische fietsers op is. Bij conventionele fietsers is dit 60 seconden wachttijd. Bij een wachttijd van ongeveer 100 seconden bij

de elektrische fietsers en 130 seconden bij de conventionele fietsers is nog maar slechts 20 procent bereid om geduldig te wachten.



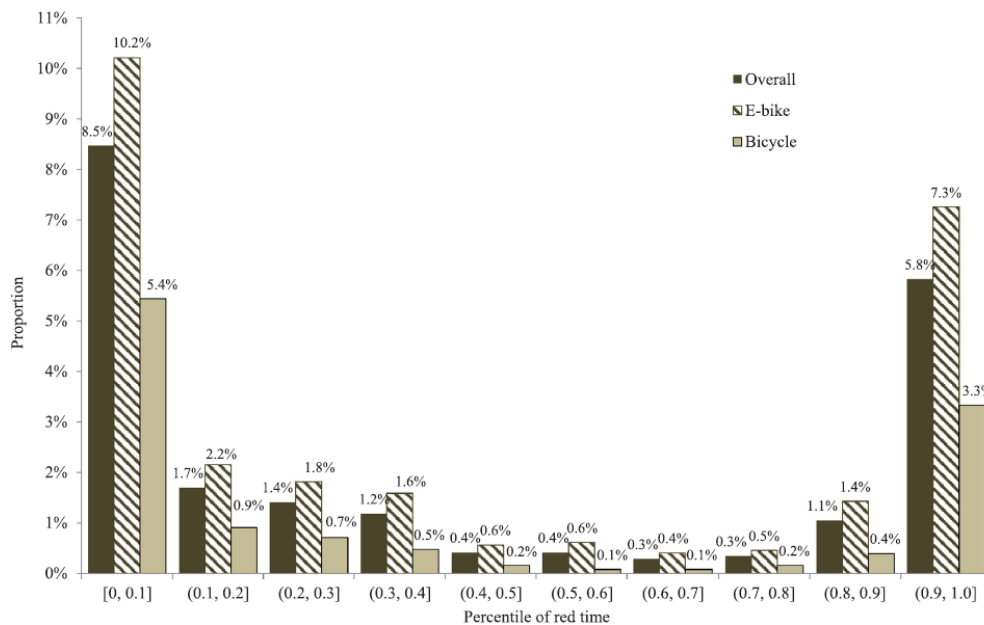
Figuur 9: Wachtijd van (elektrische) fietsers gelinkt met geduld (Yang et al., 2015)

Uit verscheidene onderzoeken komt de problematiek naar boven dat een te lange wachttijd voor meer roodlichtnegatie gaat zorgen. Al blijkt uit onderzoek dat niet alleen (te) lang wachten een problematiek is. Eveneens is er een duidelijk gegeven dat (aankomende) voetgangers op het begin van de roodfase het roodlicht negeren. In de literatuur (Brosseau et al., 2013; Li, 2013; Lipovac et al., 2013) wordt dit de U-vorm van de roodfase genoemd. De meeste roodlichtnegaties gebeuren dus oftewel bij het begin van de roodfase oftewel op het einde van de roodfase. Figuur 10 van Lipovac en collega's (2013) laat zien dat ongeveer 15 procent van de voetgangers tijdens de eerste vier seconden van de roodtijd het roodlicht negeren. Tijdens de laatste vier seconden van de roodtijd is dit ongeveer 50 procent van het aantal overstekende voetgangers. De roodlichtnegaties op het einde van de roodfase kunnen twee oorzaken hebben. Ten eerste omwille van de geloofwaardigheid van de lichtenregeling, waarbij voetgangers gefrustreerd het roodlicht negeren. Ten tweede omwille van verkregen informatie, waardoor men weet dat het licht zo meteen op groen gaat springen. Personen anticiperen hierop en vertrekken zo al tijdens de roodfase. Dit geldt ook voor de roodlichtnegaties aan het begin van de roodfase waarbij voetgangers anticiperen op de ontruimingstijd. Hierdoor durft men nog over te steken alvorens een gemotoriseerd voertuig nadert. De verkregen informatie kan een aftelklok zijn waardoor voetgangers weten dat men zo meteen kan oversteken. Daarnaast kan het zicht op verkeerslichten van fietsers of van het gemotoriseerd verkeer informatie zijn, om het roodlicht te negeren. Dit bijvoorbeeld wanneer voetgangers zien dat fietsers nog groentijd hebben of wanneer het gemotoriseerd verkeer nog moet wachten omwille van de ontruimingstijd (Li, 2013; Lipovac et al., 2013).



Figuur 10: Het aantal roodlichtnegaties per roodlichtinterval voor kruispunten zonder aftelklok (PC1) en met aftelklok (PC2) (Lipovac et al., 2013)

Figuur 11 van Bai en Sze (2020) toont aan dat de U-vorm van de roodfase ook bij fietsers is terug te vinden. Op het begin van de roodfase (eerste deciel van de roodtijd) rijdt 8.5 procent van de fietsers door het rood. Op het einde van de roodtijd (laatste deciel van de roodtijd) rijdt 5.8 procent van de fietsers door het rood. Tussen de eerste en het laatste deciel ligt het gemiddeld percentage roodlichtnegaties op 0.85 procent. Dezelfde verklaringen als bij de voetgangers worden gegeven in dit onderzoek. Een andere opvallende conclusie die uit Figuur 11 getrokken kan worden is dat elektrische fietsers meer aan roodlichtnegatie doen dan conventionele fietsers. Gemiddeld negeert 26.5 procent van de elektrische fietsers en 11.7 procent van de conventionele fietsers het roodlicht. Uit Figuur 9 van Yang en collega's (2015) viel ook al op dat elektrische fietsers minder geduldig zijn dan conventionele fietsers. Bai en Sze (2020) verklaren dit door de grotere kracht en snelheid van de elektrische fiets, waardoor fietsers agressiever en gedurfter durven te zijn bij het oversteken van een weg.



Figuur 11: Verdeling van fietsers die het rode licht overtreden naar fietstype en deciel van de roodtijd (Bai & Sze, 2020)

Uit Figuur 8 en Figuur 10 valt ook het effect van een aftelklok voor voetgangers te zien. Over het algemeen kent een aftelklok een positief effect op het aantal roodlichtnegaties. Uit het onderzoek van Brosseau en collega's (2013) verlaagde een aftelklok het aantal overtredingen met 15 procent vergeleken met een lichtgeregeld kruispunt zonder aftelklok. Uit het onderzoek van Lipovac en collega's (2013) is er een kleiner positief effect zichtbaar. In de eerste vier seconden van de roodtijd zorgt een aftelklok voor voetgangers zelfs voor meer roodlichtnegaties. De lange aftelklok demotiveert hier dus voetgangers om te wachten op de volgende groentijd, al is dit effect dus maar erg kort. Diependaele (2019) geeft ook aan dat er minder roodlichtnegaties zijn wanneer er meer transparantie is omtrent de wachttijd, zoals bijvoorbeeld een aftelklok. Dit onderzoek haalt ook aan dat auditieve informatie het aantal roodlichtnegaties vermindert. Het onderzoek concludeert dat het aantal roodlichtnegaties kleiner wordt, naarmate er meer informatie (visueel en auditief) beschikbaar is over de wachttijd. De theorie van Baker en Cameron (1996) blijkt hier bevestigd te worden.

Tertoolen en Ruijs (2015) en Bai en Sze (2020) volgen de redenering van Lipovac en collega's (2013) dat het aantal roodlichtnegaties van fietsers stijgt door de aanwezigheid van een aftelklok. Uit hun onderzoek is er een stijging van 74 procent te zien in het aantal roodlichtnegaties bij oversteekplaatsen

met een aftelklok vergeleken met oversteekplaatsen zonder aftelklok. Het gaat hier vooral over fietsers die het roodlicht negeren aan het begin en het einde van de roodtijd, zoals de U-vorm ook aangeeft.

Het onderzoek van Diependaele (2019) onderzoekt ook het effect van de aanwezigheid van een drukknop om een oversteek aan te vragen. Uit het onderzoek blijkt dat een drukknop een negatief effect heeft op het aantal roodlichtnegaties. Het is niet de drukknop zelf die dit veroorzaakt. Drukknoppen worden meer geïnstalleerd op lichtgeregelde kruispunten waar er minder voetgangers zijn. Deze kruispunten worden dan ook vaak gekenmerkt door langere wachttijden en kortere groentijden, waardoor roodlichtnegatie sneller voorkomt. Een ander nadeel is dat een drukknop in België vaak niet gelinkt is met een aftelklok. Een drukknop zorgt dus niet voor meer transparantie over de nog te wachten tijd. Zoals al eerder vermeld zorgt minder transparantie immers voor meer roodlichtnegaties. Drukknoppen worden, volgens Diependaele (2019), momenteel vaak als ongeloofwaardig aanschouwd. Dit aangezien men geen effect ziet op de wachttijd door op de drukknop te drukken. Dit komt het aantal roodlichtnegaties niet ten goede.

#### *Sociale, economische en culturele omstandigheden*

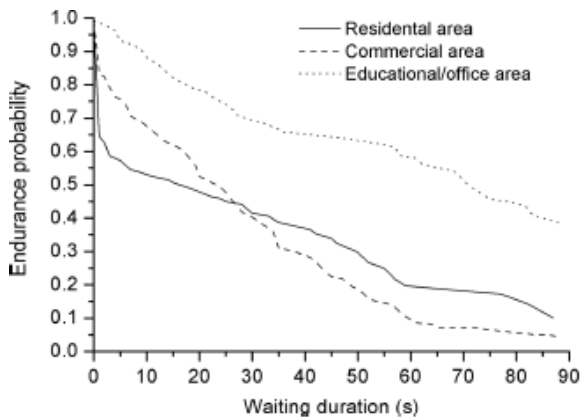
Een volgende factor die invloed heeft op de wachttijdacceptatie en het aantal roodlichtnegaties, is de ligging van het lichtgeregelde kruispunt met de daarbijhorende sociale, economische en culturele kenmerken. Onderzoek van Hamed (2001) toont aan dat weggebruikers de verkeersregels minder naleven in ontwikkelingslanden dan in (meer) ontwikkelde landen zoals België. Voetgangers (en fietsers) zullen in ontwikkelingslanden het roodlicht sneller negeren, waardoor de verkeersveiligheid in gedrang komt. Kim en Mateo-Babiano (2018) geven aan dat onduidelijke verkeersregels, te weinig handhaving en slechte infrastructuur aan kruispunten ervoor zorgen dat er meer gevaarlijke oversteekbewegingen zijn bij ontwikkelingslanden. Al zijn er ook variaties binnen de ontwikkelde landen. Zo onderzochten Pelé en collega's (2017) het oversteekgedrag in Japanse en Franse steden. In de Japanse steden worden de verkeersregels en het roodlicht beter nageleefd dan in de Franse steden. In de Japanse steden deed slechts 5.7 procent van de voetgangers aan roodlichtnegatie, terwijl dat in de Franse steden 76.3 procent is. Landen zoals Japan, waar het collectivisme belangrijker is dan het individualisme, worden gekenmerkt door minder personen die aan roodlichtnegatie doen. Vaak is dit gelinkt met een strenge handhaving van de verkeersregels. Rosenbloom (2009) merkt ook op dat gelovigen, die het collectivisme doorgaans belangrijker vinden, minder het roodlicht negeren dan ongelovigen. Sociale, economische en culturele kenmerken van een land of een regio spelen dus in op de prevalentie van roodlichtnegatie.

#### *Landgebruik*

De ligging is eerst bekeken vanuit een macroperspectief, al is het microperspectief ook bepalend voor de wachttijdacceptatie en het aantal roodlichtnegaties. Zo is het landgebruik in de buurt en rond de oversteekplaats ook van belang. Guo en collega's (2011) en Cinnamon en collega's (2011) ondervonden dat de aanwezigheid van commerciële bedrijven en woonwijken ervoor zorgen dat voetgangers minder lang willen wachten en dat roodlichtnegatie sneller voorkomt. Cinnamon en collega's (2011) leggen daarnaast ook de nadruk op de nabijheid van openbaar vervoer haltes, scholen en nachtwinkels. Bij openbaar vervoer haltes en scholen gebeuren er meer overtredingen, aangezien men op tijd moet zijn aan de halte of in de school. Bij nachtwinkels is de problematiek gelinkt met alcohol, waardoor voetgangers eerder overtredingen bewust en onbewust maken. Guo en collega's (2011) geven in tegenstelling tot het vorige onderzoek aan dat schoolomgevingen minder problematische omgevingen zijn. In dit onderzoek wordt er geconcludeerd dat voetgangers langer willen wachten om over te steken



bij werk- en schoolomgevingen (Zie Figuur 12). Dit leidt tot minder roodlichtnegaties in deze omgevingen.



Figuur 12: Geduld bij verschillende soorten landgebruik (Guo et al., 2011)

### Wegontwerp

De volgende factor is het wegontwerp. Uit onderzoeken van Cambon de Lavalette en collega's (2009) en Kumar en Ghosh (2022) blijkt dat het aantal rijstroken een invloed heeft op het oversteekgedrag. Bij de aanwezigheid van voetgangersverkeerslichten zullen voetgangers sneller het roodlicht negeren bij één rijstrook dan bij twee of meer rijstroken. Bij een toename in het aantal rijstroken, vergroot de oversteeklengte. Dit zorgt ervoor dat voetgangers de oversteek moeilijker kunnen inschatten. Dit onveiligheidsgevoel zorgt ervoor dat voetgangers bij meer(dere) rijstroken het roodlicht minder snel negeren. Vaak speelt hier de hoeveelheid verkeer en de snelheid van het verkeer ook een rol, hier wordt later nog op ingegaan. Verder blijkt uit het onderzoek dat de aanwezigheid van een middeneiland voor meer roodlichtnegatie zorgen. Een middeneiland zorgt namelijk voor een splitsing van de oversteekafstand, waardoor er per oversteek met minder verkeer rekening gehouden moet worden. Daarnaast zorgt een middeneiland ook voor meer bescherming, waardoor de voetganger zich veiliger voelt om illegaal over te steken. Diependaele (2019) ondervond ook dat roodlichtnegatie daalt naarmate er meer rijstroken overgestoken moeten worden. Diependaele (2019) legt dit uit aan de hand van de *gap acceptance* om te kunnen oversteken. Bij meer rijstroken (en vermoedelijk meer verkeer) is het voor een voetganger moeilijker om een veilig en acceptabel gat te vinden tussen te voertuigen om over te kunnen steken. Hierdoor krijgen voetgangers minder de kans om het roodlicht te negeren, en zullen ze wachten op het groenlicht. Eveneens is er minder roodlichtnegatie naarmate er meer rijrichtingen zijn (Cambon de Lavalette et al., 2009; Diependaele, 2019).

Guo en collega's (2018) hebben onderzocht wat de invloed is van het wegontwerp op de roodlichtnegatie bij fietsers. De oversteeklengte beïnvloed ook hier de hoeveelheid roodlichtnegaties negatief. Wanneer de wegbreedte met 1 procent stijgt zal de kans op een roodlichtnegatie met 2.13 procent dalen bij lichtgeregelde kruispunten. Hier geldt ook dat langere oversteekbewegingen voor een groter onveiligheidsgevoel zorgen, waardoor men minder snel het roodlicht gaat negeren. De aanwezigheid van een middeneiland zorgt ook hier voor meer roodlichtnegatie. De kans op roodlichtnegatie stijgt met ongeveer 20 procent als er een middeneiland aanwezig is. De afstand tussen het fietspad en de weg (Bv. aanliggend fietspad of vrijliggend fietspad) en de opstelruimte voor de fietsers om over te steken, hebben geen duidelijk significante invloed op de hoeveelheid overtreders (Guo et al., 2018). Uit het onderzoek van Richardson en Caulfield (2015) blijkt dat dit wel een invloed heeft op de hoeveelheid roodlichtnegaties. Uit hun onderzoek bleek dat vrijliggende fietspaden voor meer roodlichtnegatie

zorgen dan aanliggende fietspaden. Fietsers op vrijliggende fietspaden overtreden hier namelijk vijf keer meer het roodlicht dan fietsers op aanliggende fietspaden.

#### *Verkeerssituatie*

Zoals Diependaele (2019) al eerder meldde is de *gap acceptance* een belangrijk gegeven, die de hoeveelheid roodlichtnegaties meebepaald. De *gap acceptance* wordt eigenlijk voornamelijk bepaald door de hoeveelheid verkeer. Het verkeersvolume blijkt uit onderzoek dan ook een invloed te hebben op de hoeveelheid roodlichtnegaties bij lichtgeregelde kruispunten. Des te meer (zwaar) verkeer, des te minder roodlichtnegaties plaatsvinden. De hoeveelheid zwaar verkeer speelt dus ook een rol in de hoeveelheid overtredingen (Yagil, 2000; Yang et al., 2006; Cinnamon et al., 2011; Wang et al., 2011; Zhu & Sze, 2021). Uit onderzoek van Zhu en Sze (2021) blijkt dat de kans op roodlichtnegatie met 0.48 procent daalt als het verkeersvolume met één procent stijgt. Uit hetzelfde onderzoek blijkt ook dat wanneer de hoeveelheid zwaar verkeer met één procent stijgt, er een afname is in het aantal roodlichtnegaties met 0.49 procent. Eveneens heeft de snelheid van het verkeer invloed op de *gap acceptance* en dus ook de hoeveelheid roodlichtnegaties. Een hogere snelheid zal het aantal roodlichtnegaties doen afnemen (Lobjois et al., 2013; Zhu et al., 2022).

Het verkeersvolume heeft ook voor fietsers een impact op de hoeveelheid roodlichtnegaties. Hetzelfde effect is zichtbaar als bij de voetgangers. De kans op roodlichtnegatie daalt naarmate er meer verkeer op de weg is. Fietsers zullen immers minder geneigd zijn om het roodlicht te negeren, aangezien er een hoger risico is op een ongeval (Pai & Jou, 2014; Bai & Sze, 2020).

De aanwezigheid van geparkeerde voertuigen langs lichtgeregelde oversteekplaatsen blijkt volgens Granié en collega's (2014) en Dommès en collega's (2015) ook een effect te hebben op het naleven van het roodlicht. Geparkeerde voertuigen zorgen ervoor dat de kans op roodlichtnegatie bij voetgangers stijgt. Geparkeerde voertuigen kunnen zorgen voor een veiliger gevoel, aangezien de breedte van de te oversteken weg hierdoor kleiner is of kleiner lijkt. Voetgangers durven dan sneller het roodlicht te negeren.

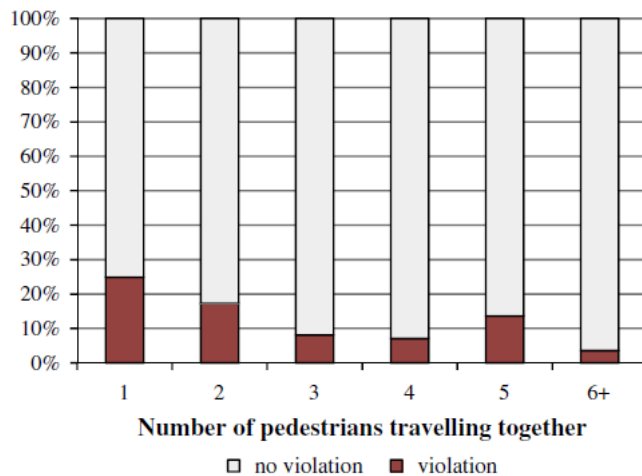
#### *Aanwezigheid van anderen*

Een volgende factor is de aanwezigheid van anderen aan de oversteekplaats. Deze factor zou zowel beschouwd kunnen worden als een omgevingsfactor als een persoonsfactor. Er is gekozen om deze bij het deel 'Omgevingsfactoren' te plaatsen, aangezien het hier gaat over andere personen in de omgeving. Het deel 'Persoonsfactoren' gaat enkel over de eigen persoon. Rosenbloom (2009) ondervond dat personen die alleen aan een oversteekplaats staan, eerder aan roodlichtnegatie doen. Het concept van 'sociale controle' beschreven in onder andere een publicatie van Hirschi (1969) speelt hier een belangrijke rol in, aldus Rosenbloom (2009). Het beschrijft het mechanisme achter gehoorzaam gedrag. Individuen hebben innerlijke gedachten en processen die voorkomen dat ze de wet overtreden. In groep moedigen we zo onszelf aan om ons 'volgens de wet' te gedragen, zodat anderen een goed beeld krijgen over onszelf. De sancties van de samenleving zijn namelijk onbewust vaak grotere afschrikmiddelen dan formele sancties dit zijn. Er ontstaat onbewust een vorm van maatschappelijke groepsdruk. Personen die alleen een oversteekplaats bereiken, als het licht op rood staat, houden zich minder bezig met sociale kritiek en overtreden dus sneller de wet. Terwijl degenen die worden omringd door andere voetgangers, die wachten op groenlicht, meer 'last' zullen ondervinden van sociale controle. Deze hebben daarom de neiging om zich aan de sociale normen te houden.



Onderzoeken van Brosseau en collega's (2013), Dommès en collega's (2015), Pelé en collega's (2017) en Raoniar en Maurya (2022) volgen deze redenering. Ze ondervonden ook dat voetgangers minder aan roodlichtnegatie doen als er meerdere voetgangers staan te wachten. Zhu en collega's (2021a) ondervonden dat wanneer het aantal voetgangers met één procent stijgt, de hoeveelheid roodlichtnegaties daalt met 0.94 procent. Figuur 13 uit het onderzoek van Brosseau en collega's (2013) geeft weer dat 25 procent van de alleengaande voetgangers het roodlicht negeren, dit daalt tot drie procent bij zes of meer overstekende personen.

Verder is er ook bewezen dat volwassenen zich meer aan de verkeersregels houden bij de aanwezigheid van kinderen. Volwassenen zullen dus ook minder aan roodlichtnegatie doen wanneer er kinderen staan te wachten. Dit omdat volwassenen een voorbeeldfunctie willen zijn voor kinderen (Pfeffer et al., 2010).



Figuur 13: Aandeel van overtredingen als functie van het aantal wachtende voetgangers op de hoek en groepsgrootte (Brosseau et al., 2013)

De aanwezigheid van anderen kunnen volgens Ren en collega's (2011) en Zhu en collega's (2021a) ook een averechts effect opleveren. Wanneer één persoon zich minder onderhevig voelt aan de sociale controle en hierdoor het roodlicht negeert, zullen anderen ook sneller het roodlicht negeren. Dit valt uit te leggen aan de hand van de 'sociale identiteitstheorie' van Tajfel en Turner (1979). De theorie wordt gekenmerkt door drie fases, die je bij het oversteken ook kan toepassen. De eerste fase is de 'sociale categorisatie'. In deze fase word je een onderdeel van een groep, oftewel een categorie, namelijk een groep wachtende personen aan een oversteekplaats. In de tweede fase 'sociale identificatie' gaan individuen na of ze zich identificeren met deze groep. Moest een persoon zich niet identificeren met deze groep, aangezien ze zich bijvoorbeeld belangrijker vinden, dan zal deze persoon het roodlicht gaan negeren. Een laatste fase komt dan op gang waarbij de groep wachtende personen zich gaat vergelijken met het individu die het roodlicht negeert. In deze fase van 'sociale vergelijking' zullen anderen zich gaan vergelijken met de overtreder. Indien er personen zijn die zich evenwaardig voelen als de overtreder, zullen deze dus ook het roodlicht gaan negeren.

Ren en collega's (2011) ondervonden ook dat de psychologie omtrent conformiteit een belangrijk gegeven is. Als iemand illegaal de weg oversteekt, en zich hierdoor sneller kan verplaatsen, zullen anderen niet wachten aan de oversteekplaats en hetzelfde voordeel willen hebben. Dit komt overeen met de derde fase van de 'sociale identiteitstheorie'. In deze situatie is het voordeel, tijds winst, zelfs één van de belangrijkste voordelen. Dit aangezien tijd heel kostbaar is voor een individu. Al geldt het conformisme principe ook andersom. Als iedereen wacht aan een oversteekplaats, zal een individu meer geneigd zijn om mee te wachten, zoals het onderzoek van Rosenbloom (2009) uitwees. Rosenbloom

(2009) spreekt zelfs de onderzoeken van Ren en collega's (2011) en Zhu en collega's (2021a) tegen. Rosenbloom (2009) ondervond met haar eigen onderzoek niet dat personen regelmatig een overtreder volgen. Ze concludeert dat de sociale controle van de wachtende groep meer impact heeft dan één illegaal overstekende persoon. Al verwacht ze wel dat het *safety in numbers* principe een rol kan spelen bij roodlichtnegatie. Individuen zullen zich namelijk veiliger voelen om in groep het roodlicht te negeren. Weggebruikers verwachten immers dat meerdere overstekende personen beter zichtbaar zijn voor het gemotoriseerd verkeer dan een individu. Al concludeert ze dat hier meer onderzoek naar moet gebeuren, om dit met meer zekerheid te kunnen bevestigen.

Wu en collega's (2012) en Bai en Sze (2020) volgen voor overstekende fietsers de redenering van Rosenbloom (2009) over het sociale controle concept. Naarmate er meer fietsers staan te wachten aan een roodlicht, des te minder roodlichtnegatie zal plaatsvinden. 33.2 procent van de solo wachtende fietsers doet aan roodlichtnegatie en dit daalt tot 9.3 procent wanneer er meer dan acht fietsers staan te wachten (Bai & Sze, 2020). Solo wachtende fietsers hebben namelijk minder schrik om van de sociale norm af te wijken. Fraboni en collega's (2018) kwamen op gelijkaardige cijfers uit. 32.1 procent van de solo wachtende fietsers doet aan roodlichtnegatie en dit daalt tot 5.9 procent bij meer dan vijf wachtende fietsers.

#### *Weersomstandigheden*

Uit een onderzoek van Toronto (Canada) (Li & Fernie, 2010) blijkt dat koude temperaturen (onder de 10°C) ervoor zorgen dat men het roodlicht meer negeert. Bij warmere temperaturen wacht 23 procent van de voetgangers in Toronto aan het roodlicht, bij koude temperaturen is dit slechts tien procent. Wanneer het sneeuwt ligt het nalevingspercentage op maar drie procent. Yagil (2000) ondervond ook dat regenweer voor meer roodlichtnegatie zorgt dan bij goed weer. Zhu en collega's (2021b) ondervonden net het omgekeerde. Zij zagen meer roodlichtnegaties bij goed weer dan bij regenweer. Er kan wel geconcludeerd worden dat donkerperiodes tot minder roodlichtnegatie leidt. Dit enerzijds doordat het subjectief onveiligheidsgevoel groter is in het donker, waardoor men minder het roodlicht durft te negeren. Anderzijds doordat er overdag meer belangrijke verplaatsingen worden gemaakt waar men op tijd wil zijn (Yagil, 2000; Zhang et al., 2016).

Pai en Jou (2014) ondervonden dat goed weer voor een toename in het aantal roodlichtnegaties zorgt bij fietsers. Het aantal roodlichtnegaties steeg met 9 procent vergeleken met slecht weer. Het onderzoek geeft aan dat dit misschien contra-intuïtief is, aangezien fietsers het slechte weer kunnen ontlopen door net dan meer het roodlicht te negeren. Mogelijks is dit voordeel niet groot genoeg ten opzichte van de onveiligere en moeilijker situatie om tijdens regenweer het roodlicht 'veilig' te kunnen negeren.

#### 6.2.2 Persoonsfactoren

##### *Geslacht*

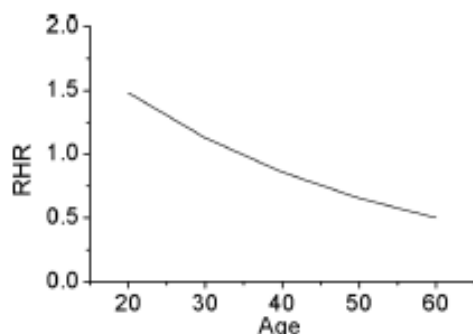
Uit onderzoek van Rosenbloom (2009) blijkt dat geslacht een invloed heeft op roodlichtnegatie. Mannen negeren het roodlicht significant meer als vrouwen. In het onderzoek gebeurde 63.2 procent van het aantal roodlichtnegaties door wandelende mannen. Guo en collega's (2018) ondervonden dat mannelijke fietsers sneller het roodlicht negeren dan vrouwelijke fietsers. De voornaamste uitleg van Guo en collega's (2018) is dat mannen sneller risico's durven en willen nemen dan vrouwen. Eveneens blijkt uit Bai en Sze (2020) dat de kans dat mannelijke fietsers het roodlicht negeren 66 procent hoger ligt dan bij vrouwelijke fietsers. In het onderzoek van Pai en Jou (2014) is de kans dat mannelijke fietsers het roodlicht negeren minder hoog dan bij Bai en Sze (2020). Zij ondervonden dat de kans 46 procent hoger ligt dat mannelijke fietsers het roodlicht negeren dan vrouwelijke fietsers. Richardson en Caulfield

(2015), Fraboni en collega's (2018) en Zhu en collega's (2021b) ondervonden ook dat mannelijke fietsers het roodlicht sneller negeren dan vrouwelijke fietsers.

Aan de andere kant zijn er de onderzoeken van Ren en collega's (2011), Dommes en collega's (2015) en Raoniar en Maurya (2022) die geen significant verschil zien in geslacht voor het aantal roodlichtnegaties bij lichtgeregelde kruispunten. Het effect van geslacht op roodlichtnegatie is dus niet eenduidig.

### Leeftijd

Guo en collega's (2018) ondervonden dat oudere personen een langere wachttijd accepteren dan jongere personen (Zie Figuur 14). Oudere personen vinden verkeersveiligheid namelijk belangrijker dan jongere personen, waardoor deze minder snel het roodlicht zullen negeren. Uit het onderzoek van Rosenbloom (2009) was er geen significant verschil op te merken in het aantal roodlichtnegaties tussen verschillende leeftijdsgroepen. Andere onderzoeken (Brosseau et al., 2013; Dommes et al., 2015; Zhu et al., 2021b; Kumar & Ghosh, 2022) volgen de vaststelling van Guo en collega's (2018). Er wordt dan ook geconcludeerd dat leeftijd weldegelijk een factor is die de wachttijd en het aantal roodlichtnegaties beïnvloed. Ouderen weten namelijk dat ze meer moeilijkheden hebben met hun motorieke en cognitieve vaardigheden, waardoor ze minder risico's nemen. Zo zullen ouderen bijvoorbeeld niet beginnen lopen om tijdens de roodfase 'veilig' te kunnen oversteken. Uit het onderzoek van Richardson en Caulfield (2015), Fraboni en collega's (2018) en Bai en Sze (2020) is ook gebleken dat jonge fietsers ook eerder het roodlicht negeren dan oudere fietsers. De kans op roodlichtnegatie ligt bij jeugdige fietsers (jonger dan 25 jaar) vier procent hoger dan bij volwassenen. De kans op roodlichtnegatie bij 'oude' fietsers (ouder dan 60 jaar) ligt twaalf procent lager dan bij volwassenen (Bai & Sze, 2020).



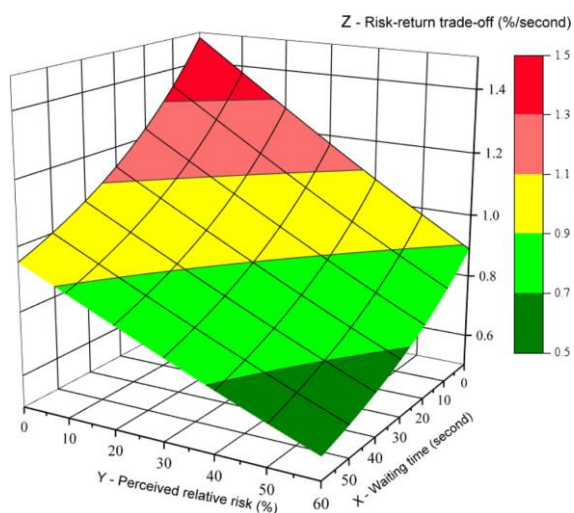
Figuur 14: Link tussen leeftijd en het relatieve risico op gevaar (RHR – Relative Hazard Ratio) aan een oversteek bij een lichtgeregeld kruispunt (Guo et al., 2018)

Ben-Moshe (2003) ondervond dat kinderen en adolescenten in een *peer* groep ook meer risico's nemen bij het oversteken van een straat, dan wanneer ze alleen zijn. Over het algemeen (Gardner & Steinberg, 2005; Reynolds et al., 2014) is het ook geweten dat jongeren meer onderhevig zijn aan *peer pressure*. In deze leeftijdsgroepen spelen sociale acceptatie en populariteit een belangrijke rol. Hierdoor treedt er meer risicogedrag op (bij oversteekplaatsen). Holm en collega's (2018) ondervonden ook dat kinderen en adolescenten vijf à zes keer meer risicogedrag vertonen, wanneer naast geen goed voorbeeld geven bij het oversteken van een weg. Verder tonen Pai en Jou (2014) aan dat een groep fietsende schoolgaande jongeren 79 procent meer onveilige oversteekbewegingen maakt dan andere leeftijdsgroepen. Deze situatie wijkt dus af van een eerdere conclusie, waarbij de aanwezigheid van anderen ervoor zorgt dat men meestal blijft wachten. Dit viel te verklaren door de sociale controle die aanwezig is (Rosenbloom, 2009).

### Sensatiezoekers

Rosenbloom en Wolf (2002a, 2002b) ondervonden een link tussen sensatiezoekers en gevaarlijke oversteekbewegingen. Aan de hand van *Thrill and Adventure Seeking* (TAS) en *Boredom Susceptibility* (BS) is sensatie zoeken gedefinieerd. TAS speelt in op de behoefte om avontuur en gevaar mee te maken. BS speelt in op hoe snel iemand zich verveelt, en daardoor mogelijks gevaarlijkere beslissingen neemt. Naarmate TAS en BS stijgen, stijgt de kans op een gevaarlijke oversteekbeweging. TAS en BS blijken uit bovenstaande onderzoeken gelinkt te zijn met de leeftijd en het geslacht van de persoon. Kinderen met een leeftijd rond de dertien jaar, kennen de hoogste BS-waarden. Kinderen zijn dus het snelst verveeld en afgeleid. Dat zorgt ervoor dat deze, al dan niet bewust, meer sensatie gaan opzoeken. Adolescenten met een leeftijd rond de 22 jaar, kennen de hoogste TAS-waarden. Over het algemeen kan gezegd worden dat zowel TAS als BS dalen vanaf een leeftijd van dertig jaar (Rosenbloom & Wolf, 2002b). Eveneens zijn de TAS-waarden en BS-waarden hoger bij mannen dan bij vrouwen. Jongemannen nemen dus het meeste risico bij oversteekbewegingen (Rosenbloom & Wolf, 2002a). Holm en collega's (2018) ondervonden ook dat 13-jarige jongens meer het roodlicht negeren dan 13-jarige meisjes. Dit volgt dus de algemene conclusies van de verkeerspsychologie dat sensatiezoekers meestal jongeren en mannen zijn.

Verder blijkt uit het onderzoek van Zhu en collega's (2021b) dat voetgangers die een hoog *perceived behavioral control* hebben meer aan roodlichtnegatie doen. Wanneer personen het gevoel hebben dat ze weten wat er gebeurt, oftewel weten hoe het lichtgeregeld kruispunt werkt, steekt men sneller en meer over tijdens de roodfase. Daarnaast onderzochten ze ook dat risiconemende en risiconeutrale personen meer aan roodlichtnegatie doen dan risicoaverse personen. Figuur 15 van Zhu en collega's (2021b) geeft een beeld over de *trade-off* tussen risico nemen en tijd winnen. Personen die meteen het roodlicht negeren en een klein risicogevoel hebben zullen een hogere *trade-off* kennen dan iemand die later het roodlicht negeert en die meer risicoavers is. De risiconemende personen vergroten hun risico maximaal met 1.5 procent voor 1 seconde minder lang te moeten wachten. Terwijl andere meer risicoaverse personen hun risico minimaal met 0.5 procent vergroten om voor 1 seconde minder lang te moeten wachten. Deze personen zullen namelijk pas na enkele overwegingen het roodlicht negeren. Anders gezegd zijn voetgangers bereid om hun risico tussen de 15 en 44 procent te laten stijgen voor een tijdswinst van 30 seconden.



Figuur 15: Risicorendementspercentage op basis van het veiligheidsrisicogevoel en de persoonlijke wachttijd (Zhu et al., 2021b)

Pai en Jou (2014) geven ook aan dat fietsers zonder helm meer aan roodlichtnegatie doen dan fietsers met helm. De kans op roodlichtnegatie van een fietser zonder helm ligt 76 procent hoger dan de kans op roodlichtnegatie van een fietser met helm.

#### *Tripkarakteristieken*

Uit Guo en collega's (2011) en Zhang en collega's (2016) blijkt dat personen die als bestemming werk of school hebben, een kortere wachttijd accepteren en hierdoor sneller aan roodlichtnegatie gaan doen. Zeker tijdens de spitsuren (8.00-9.00 uur en 17.00-18.00 uur) hebben personen haast, waardoor ze sneller het roodlicht negeren (Guo et al., 2011). De literatuur volgt deze conclusie niet altijd. Li en Fernie (2010) en Yan en collega's (2016) onderzochten dat voetgangers en fietsers uit de spitsperiodes meer aan roodlichtnegatie doen aan lichtgeregelde kruispunten dan tijdens de spitsperiodes. Yan en collega's (2016) onderzochten verder ook nog roodlichtnegaties bij week-, weekend- en feestdagen. Zowel voetgangers als fietsers negeren het roodlicht meer op feestdagen dan op andere dagen. 26 procent van de voetgangers en 24 procent van de fietsers negeren het roodlicht op feestdagen. Verder negeren fietsers meer het roodlicht op weekdays (23 procent) dan op weekenddagen (16 procent). Bij voetgangers ligt dit vrijwel gelijk op ongeveer 16 procent overtreders tijdens week- en weekenddagen. Yan en collega's geven geen mogelijke verklaring van deze cijfers. Pai en Jou (2014) volgen bovenstaande bevindingen. Uit hun onderzoek blijkt dat roodlichtnegatie bij fietsers 19 procent meer voorkomt buiten de spitsuren dan tijdens de spitsuren. Het onderzoek verklaart dit doordat er minder verkeer is op de weg en doordat er minder handhaving is buiten de spitsperiodes.

#### *Digitale afleiding*

Stravinos en collega's gaven in 2011 al aan dat overstekende voetgangers die gebruikmaken van hun gsm voor gevaarlijker verkeersgedrag zorgen. Voetgangers zijn door de gsm afgeleid, en zullen zo sneller oversteken zonder voldoende te hebben gezien of dit wel veilig kan. Voetgangers die digitaal afgeleid zijn kijken namelijk minder naar links of rechts om (veilig) te kunnen oversteken. Deze voetgangers blijken significant meer betrokken te zijn bij bijna-ongevallen en ongevallen tijdens het oversteken. Mukherjee en Mitra (2020) en Raoniar en Maurya (2022) ondervonden later ook dat digitaal afgeleide voetgangers meer illegale oversteken doen bij lichtgeregelde kruispunten. Eveneens hebben Wu en collega's (2021) ondervonden dat voetgangers die hun gsm gebruiken een positieve correlatie hebben met de hoeveelheid roodlichtnegaties.

Voor fietsers lijkt digitale afleiding een tegenovergesteld effect te hebben dan bij voetgangers. Fietsers die aan het bellen zijn of met hun smartphone bezig zijn, wachten de roodfase meer af dan fietsers zonder digitale afleiding. 36,4 procent van de fietsers die niet aan het bellen zijn of niet bezig zijn met hun smartphone wachten de volledige roodfase af. Bij smartphonegebruikers is dit 59,5 procent. Oortjes of een koptelefoon hebben geen significant effect op de hoeveelheid roodlichtnegaties bij fietsers. Hier blijft het aantal wachtende fietsers rond de 36 procent liggen (Fraboni et al., 2018).

#### *Gemoedstoestand*

Het onderzoek van Yagil (2000) toont aan dat de gemoedstoestand een factor is die het aantal roodlichtnegaties beïnvloed. Een negatieve gemoedstoestand wordt gerelateerd met agressie in het verkeer en verkeersovertredingen. De gemoedstoestand beïnvloedt dus het veiligheidsgedrag in het verkeer. Uit het onderzoek blijkt dat een positieve oftewel een goede gemoedstoestand voor veiliger oversteekgedrag zorgt en tot minder roodlichtnegaties leidt. Bij een negatieve gemoedstoestand valt er een onveilig oversteekgedrag op. Dit komt overeen met de psychologische bevindingen van Mulder (z.d.).

Uit onderzoek blijkt ook dat gehaaste personen het roodlicht meer negeren. Raoniar en Maurya (2022) merken op dat gehaaste personen 20 procent meer kans hebben om het roodlicht te negeren dan personen die niet gehaast zijn. Zhang en collega's (2016) ondervonden een grotere stijging van 27.9 procent in het aantal roodlichtnegaties. 87.1 procent van de personen die gehaast zijn, negeren het roodlicht. Terwijl dat bij niet gehaaste personen 59.2 procent is.

### Ervaring

Personen die tijdens het oversteken ervaringen hebben gehad met (bijna-)ongevallen zullen het roodlicht minder negeren. Dit geldt ook voor personen die moeilijkheden ervaren tijdens het oversteken. Dit zijn bijvoorbeeld mindervaliden of ouderen die trager oversteken. De personen met voorgaande ervaringen en moeilijkheden hebben twee keer zoveel kans om te kijken naar het oversteekverkeerslicht dan personen zonder deze ervaringen of moeilijkheden. Personen die ooit zijn gevallen tijdens het oversteken hebben zelfs drie keer zoveel kans om te kijken naar het oversteeklicht dan personen die nooit gevallen zijn. Deze personen kijken dus meer naar het oversteeklicht en zullen ook minder aan roodlichtnegatie doen (Avineri et al., 2012; Dommès et al., 2015).

Richardson en Caulfield (2015) tonen ook aan dat fietsers die al meerdere jaren fietsen en meermaals per week fietsen meer het roodlicht negeren dan personen met minder fietservaring. Fietservaring zorgt voor meer vertrouwen en beter inschattingsvermogen om het roodlicht 'veilig' te negeren. Fietsers die ooit betrokken zijn geraakt bij een ongeval negeren het roodlicht minder. Dit effect is het grootst wanneer het een fiets-auto ongeval was.

### 6.2.3 Samenvatting

Onderstaande tabel geeft een overzicht van alle factoren die invloed hebben op roodlichtnegatie en het wachten aan lichtgeregelde kruispunten.

Tabel 3: Omgevings- en persoonsfactoren (Eigen tabel, 2022)

Omgevingsfactoren	Persoonsfactoren
Wachttijd	Geslacht
Sociale, economische en culturele omstandigheden	Leeftijd
Landgebruik	Sensatiezoekers
Wegontwerp	Tripkarakteristieken
Verkeerssituatie	Digitale afleiding
Aanwezigheid van anderen	Gemoedstoestand
Weersomstandigheden	Ervaring

Veel voetgangers en fietsers blijken na een wachttijd van rond de 40 à 50 seconden het geduld te verliezen. Waardoor de hoeveelheid roodlichtnegaties ook begint toe te nemen. Verder valt het ook op dat voetgangers en fietsers bij de start van de roodfase het roodlicht vaak negeren. Zorgen voor transparantie over de wachttijd blijkt belangrijk te zijn. Zo kan een aftelklok helpen om roodlichtnegatie te voorkomen in het midden van de roodfase. Een aftelklok zorgt er wel voor dat meer fietsers het roodlicht negeren vlak voordat het fietsverkeerslicht op groen springt. Drukknoppen lijken eerder een negatief effect te hebben op de hoeveelheid roodlichtnegatie, dit doordat deze vaak niet geloofwaardig zijn voor de weggebruiker.



Onduidelijke verkeersregels, individualisme, (meer) ongelovigen, (te) weinig handhaving en slechte infrastructuur zorgen ervoor dat mensen minder lang willen wachten en eerder aan roodlichtnegatie gaan doen. Het effect van landgebruik rond de oversteekplaats is minder duidelijk. Een toename in het aantal roodlichtnegaties bij winkelgebieden en bij openbaar vervoer haltes lijkt wel een eenduidige vaststelling te zijn.

Wanneer de oversteeklengte groter is, is er minder roodlichtnegatie door voetgangers en fietsers. Er is ook minder roodlichtnegatie wanneer er meer (zwaar) verkeer is op rijbaan van de oversteek. Sneller verkeer zorgt ook voor minder roodlichtnegatie van voetgangers en fietsers. Een middeneiland, geparkeerde voertuigen en een vrijliggend fietspad zorgen ervoor dat het roodlicht meer genegeerd wordt. Er wordt geconcludeerd dat kenmerken die gelinkt zijn met lichtgeregelde kruispunten buiten de bebouwde kom voor minder roodlichtnegatie zorgen dat kenmerken binnen de bebouwde kom.

De aanwezigheid van meer wachtende personen zorgt ervoor dat meer mensen het roodlicht naleven. Het sociale controle principe is hier belangrijk. Als er toch iemand het roodlicht negeert, hebben andere sneller de neiging om deze persoon, en dus de overtreding, te volgen. Bij een groep jongeren lijkt het aantal roodlichtnegaties wel toe te nemen. De sociale controle lijkt hier van minder belang vergeleken met de sociale acceptatie binnen de groep. De weersomstandigheden hebben een minder eenduidig effect op de hoeveelheid roodlichtnegaties. Uit de literatuur blijkt wel dat er overdag meer overtredingen worden vastgesteld dan in de nacht of in het donker.

Over het algemeen kan er geconcludeerd worden dat mannen en jongeren meer het roodlicht negeren dan vrouwen, volwassenen en ouderen. Sensatiezoekers en risiconemende personen blijken ook eerder het roodlicht te negeren vergeleken met risicoaverse personen. Blijke en niet gehaaste voetgangers en fietsers doen minder aan roodlichtnegatie dan slechtgezinde en gehaaste personen.

Buiten de spitsuren gebeuren de meeste roodlichtnegatie-overtredingen. Voor fietsers kan er ook geconcludeerd worden dat een roodlicht sneller wordt genegeerd op wekdagen dan op weekenddagen. Feestdagen zorgen voor de meeste roodlichtnegaties voor zowel voetgangers als voor fietsers. Personen die op weg zijn naar hun werk of school doen ook meer aan roodlichtnegatie.

Het gebruik van de smartphone zorgt bij voetgangers voor meer roodlichtnegaties. Terwijl dit bij fietsers net de hoeveelheid overtredingen doet afnemen. Fietsers die meer ervaring hebben met fietsen negeren het roodlicht meer dan sporadische fietsers. Bij voetgangers blijkt dat personen die ervaringen hebben met een valpartij of een (bijna-)ongeval minder aan roodlichtnegatie doen dan personen zonder deze ervaring.

## 6.3 Maximale wachttijden

In dit deel wordt er gekeken welke maximale wachttijden momenteel worden gehanteerd in Vlaanderen en andere landen. Dit is namelijk nodig om de eigen onderzochte wachttijden te kunnen vergelijken met de huidige normen.

### 6.3.1 Vlaanderen

Eén van de kwaliteitseisen die gebruikt wordt om de werking en de veiligheid van lichtgeregelde kruispunten te beoordelen is de wachttijd van de zachte weggebruiker. Bij het opstellen van de lichtenregeling op gewestwegen moet er rekening gehouden worden met de maximale wachttijd van de voetganger en de fietser. Het 'Handboek Ontwerp Verkeerslichtenregelingen 2020' (Casters, 2020)

bepaald hoe lichtenregelingen op gewestwegen, en veelal ook op gemeentewegen (de Schepper, 2021; Goethals, 2021; Huijbregts, 2021; Venken, 2021), opgesteld moeten worden.

Tabel 4: Maximale wachttijden voor zachte weggebruikers bij lichtgeregelde kruispunten op gewestwegen (Bossuyt, 2003)

Gebied	Maximale wachttijd (s) lokale wegen	Maximale wachttijd (s) secundaire wegen
Kerngebied BIBEKO	50	70
Buiten kerngebied BIBEKO	70	90
BUBEKO	90	110

Het ‘Handboek Ontwerp Verkeerslichtenregelingen 2020’ (Casters, 2020) gebruikt de maximale wachttijd op secundaire wegen van Bossuyt (2003) (Zie Tabel 4) om de kwaliteitseis ‘wachttijd van de zachte weggebruiker’ te beoordelen. Deze wachttijden zijn overgenomen van het Vademecum Voetgangersvoorzieningen (Bossuyt, 2003). De wachttijden van de secundaire wegen uit dit vademecum worden niet alleen gebruikt voor de voetgangersverkeerslichten, maar ook voor de fietsverkeerslichten op gewestwegen. Uit onderzoek van Peeters (2021) blijkt dat de gemiddelde wachttijd voor fietsers 27 seconden is aan lichtgeregelde kruispunten. Tabel 5 geeft de gemiddelde wachttijden van de fietser weer voor de verschillende gedefinieerde gebieden.

Tabel 5: Ordegrootte van gemiddelde wachttijd voor fietsers (Peeters, 2021)

Gebied	Gemiddelde wachttijd (s)
Kerngebied BIBEKO	20-25
Buiten kerngebied BIBEKO	30-35
BUBEKO	40-45

In 2020 heeft Fietsberaad Vlaanderen onderzoek gedaan naar mogelijke nieuwe maximale wachttijden voor fietsers. Fietsberaad Vlaanderen (2020b) heeft op basis van enkele terreinbezoeken in Nederland een voorstel gedaan voor de maximale wachttijden van de fietser (Zie Tabel 6). Fietsberaad Vlaanderen (2020b) maakt naast een onderscheid in BIBEKO en BUBEKO, ook een onderscheid naargelang het fietsnetwerk. Zo is de maximale wachttijd op een fietssnelweg lager dan deze van het lokaal functioneel netwerk. De wachttijden uit dit voorstel van Fietsberaad Vlaanderen (2020b) liggen (veel) lager dan de huidige maximale wachttijden.

Tabel 6: Voorgestelde maximale wachttijden voor fietsers aan lichtgeregelde kruispunten (Fietsberaad Vlaanderen, 2020b)

Maximale wachttijd (s)			
Tijd	Fietsnetwerk	BIBEKO	BUBEKO
Buiten de spits	Fietssnelweg/fietsweg	35	40
	BFF/lokaal netwerk	40	50
In de spits	Fietssnelweg/fietsweg	45	60
	BFF/lokaal netwerk	60	70

### 6.3.2 Andere landen

Uit het Ministerie van Infrastructuur en Milieu in Nederland (’t Hoen et al., 2014) blijkt dat er in Nederland verschillende kwaliteitsniveaus op vlak van wachttijden aan lichtgeregelde kruispunten voor fietsers en voetgangers zijn. Een hoog niveau van kwaliteit heeft een maximale wachttijd van 30 seconden. Een matig niveau en laag niveau respectievelijk 60 seconden en 90 seconden wachttijd. Uit de Fietsersbond Nederland (z.d.) blijkt ook dat de maximale wachttijd 90 seconden is in Nederland. Na 90 seconden wachten wordt de wachttijd als vervelend aanschouwd. De huidige normen in Vlaanderen



overschrijden deze 90 seconden buiten de bebouwde kom op gewestwegen. Nederland heeft dus strengere oftewel betere normen dan Vlaanderen. Nederland gebruikt daarnaast ook veel meer voertuigafhankelijke regelingen, waarbij de fietser tijdig gedetecteerd wordt, waardoor de wachttijden minimaal zijn.

Leidschendam-Voorburg, nabij Den Haag, heeft zijn eigen maximale wachttijden opgesteld (van Os, 2019). Fietsberaad Vlaanderen gebruikt deze wachttijden als referentiepunt voor Vlaanderen. De voorgestelde wachttijden van Fietsberaad Vlaanderen (2020b) in Tabel 6 zijn dan ook gelijkaardig aan deze maximale wachttijden (Zie Tabel 7).

Tabel 7: Maximale wachttijden in Leidschendam-Voorburg (van Os, 2019)

Tijd	Fietsnetwerk	Maximale wachttijd (s)
Buiten de spits	Fietssnelweg/snelfietsroute	25
	BFF/regionaal netwerk	35
	Lokaal netwerk	40
In de spits	Fietssnelweg/snelfietsroute	45
	BFF/regionaal netwerk	60
	Lokaal netwerk	75

Uit Speisser en collega's (2018) blijkt dat de nagestreefde maximale wachttijd in Duitsland 60 seconden is voor voetgangers en fietsers. Deze 60 seconden is dan misschien niet bindend, maar laat wel zien dat Duitsland strikt is in de maximum wachttijd voor de zachte weggebruiker. In Frankrijk zijn er minder strenge normen dan in Vlaanderen. Alle weggebruikers kennen in Frankrijk een maximum wachttijd van twee minuten. Uit dit onderzoek blijkt echter dat 64 procent van de voetgangers in Frankrijk bij een wachttijd van 40 seconden het roodlicht negeert. Bij een lange(re) wachttijd van 90 seconden en hoger, overtreedt 80 procent van de voetgangers het roodlicht. Speisser en collega's (2018) concluderen dan ook dat een maximale wachttijd van twee minuten te hoog is, en bevelen een maximum aan van 90 seconden.

Figuur 16 (Ni, 2010) geeft de LOS weer van de gemiddelde wachttijd van voetgangers bij lichtgeregelde kruispunten in de U.S., Duitsland en China. Belangrijk om te melden is dat de figuur dus gaat over de gemiddelde wachttijd, en dus niet over de maximale wachttijd zoals de vorige alinea. Uit Figuur 16 (Ni, 2010) valt af te leiden dat de Duitse gemiddelde wachttijden lager liggen dan Amerikaans en Chinese gemiddelde wachttijden. Het grote verschil tussen Duitsland en de andere twee landen is dat Duitsland veel sneller een LOS E en F heeft. Duitsland beoordeeld langere wachttijden dus sneller als 'slecht'. Om minimaal een LOS C te hebben mag de gemiddelde wachttijd van voetgangers aan lichtgeregelde kruispunten in Duitsland niet hoger zijn dan 25 seconden. In de U.S. en China is dit respectievelijk 30 seconden. Het Chinese onderzoek van Ni (2010) geeft ook aan dat de maximale wachttijd niet hoger mag zijn dan 60 seconden, zodat gevaarlijke oversteekbewegingen gemeden worden.

LOS	HCM (2000) in the U.S.	HBS(2001) in Germany	Recommended value in China
A	≤ 10	≤ 15 (20)	≤ 15
B	≤ 20	≤ 20 (25)	≤ 20
C	≤ 30	≤ 25 (30)	≤ 30
D	≤ 40	≤ 30 (35)	≤ 40
E	≤ 60	≤ 35 (40)	≤ 60
F	>60	>35 (40)	>60

Figuur 16: LOS van de gemiddelde wachttijd (s) van voetgangers aan lichtgeregelde kruispunten (Ni, 2010)

## 6.4 Virtuele realiteit

### 6.4.1 Kenmerken van virtuele realiteit

Onderzoeken naar oversteekgedrag, wachttijden en roodlichtnegatie hebben met verschillende onderzoeksmethodes reeds plaatsgevonden. De meest voorkomende onderzoeksmethodes zijn enerzijds (video) observaties (Brosseau et al., 2013; Fraboni et al., 2018; Diependaele, 2019; Bai & Sze, 2020; Zhu et al., 2021;...) en anderzijds een *stated preference* (Ren et al., 2011; Lipovac et al., 2013; Zhang et al., 2016; Holm et al., 2018; Mukherjee & Mitra, 2020;...). Beide methodes hebben hun limitaties.

Bij (video) observaties kunnen de bepalende factoren die het oversteekgedrag beïnvloeden niet gecontroleerd worden. Elke observatie kan een resultaat zijn van een samenloop van verschillende factoren en omstandigheden, waardoor conclusies trekken voor één factor moeilijk is. In een virtuele realiteit kunnen identieke situaties opgesteld worden, zodat de onderzoeker zelf de bepalende factor(en) kan kiezen. In dit geval kan het effect van de wachttijd beter ingeschat worden. Eveneens kunnen meerdere of alle deelnemers dezelfde situaties krijgen, waardoor conclusies getrokken kunnen worden over meerdere deelnemers (Meir et al., 2013; Fraboni et al., 2018). Verder kost het ook veel tijd en mankracht om (video) observaties te doen (Fraboni et al., 2018). De masterproef wordt individueel in één semester uitgevoerd, waardoor tijd en mankracht beperkt is. Aan de hand van een experiment kan er veel gerichter en sneller gewerkt worden dan via (video) observaties. Bij (video) observaties kunnen ten slotte ook persoonlijke factoren en achterliggende gedachten niet of moeilijk waarneembaar zijn (Hermans, 2021).

Bij *stated preference* is er meer subjectiviteit in de antwoorden van de respondenten dan in andere onderzoeken. Waardoor het eigenlijke effect vertekend kan worden. In een *stated preference* zijn respondenten ook sneller geneigd om niet akkoord te gaan met de gegevensverwerkingsvoorwaarden en/of zijn niet verplicht om alle vragen te beantwoorden. Hierdoor kan niet alle nodige informatie verkregen worden (Holm et al., 2018).

In dit onderzoek wordt het dan ook over een andere boeg gegooid. Zo wordt er gebruikgemaakt van een virtueel realiteitsexperiment om de maximale wachttijden bij verschillende lichtgeregelde kruispunten te weten te komen. In het onderzoek van Meir en collega's (2013) wordt virtuele realiteit (VR) als volgt omschreven: “*Een door een computer gegenereerde omgeving, ontworpen om situaties in de echte wereld na te bootsen. Hierdoor wordt een gebruiker ondergedompeld in een weergegeven virtuele wereld met realistische graphics en realistisch geluid en waarbij er de mogelijkheid is om te communiceren met de virtuele wereld*”. Uit Clemenson en collega's (2020) en Hejtmanek en collega's (2020) blijkt dat ruimtelijke informatie op betrouwbare wijze kan worden overgedragen tussen echte en virtuele omgevingen. Zeker wanneer de virtuele omgeving gemodelleerd wordt op basis van een echte omgeving. Bovenstaande onderzoeken melden ook dat reistijd beter onderzocht wordt aan de hand van proprioceptie. *Immersive virtual reality* via een virtuele realiteitsbril waardoor de positiezin van jezelf waargenomen kan worden is zo een voorbeeld. Virtuele realiteit aan de hand van een computer is minder geschikt. De resultaten kunnen immers afhangen van de ervaring en de proprioceptieve feedback van de omgeving. Neo en collega's (2021) onderzochten dat ‘aanwezigheid’ en ‘onderdompeling’ voor een groter gevoel van realisme zorgen. In *Head-Mounted Immersive virtual reality* zorgt de proprioceptieve feedback en het detailniveau voor meer realisme, waardoor deelnemers meer ondergedompeld worden in het onderzoek dan bij andere onderzoeksmethodes. Het is hiervoor wel belangrijk dat de bewegingen van de deelnemer zo min mogelijk *mismatches* kent met de geprojecteerde bewegingen in de virtuele omgeving. Wanneer deze niet overeenkomen of een vertraging kennen, zal het onderzoek minder realistisch zijn (Shi et al., 2019).

Neo en collega's (2021) onderzochten verder enkele belangrijke aspecten waarbij rekening gehouden moet worden bij het opstellen van virtuele realiteitssituaties. Het eerste aspect is het detailniveau. De virtuele omgeving moet belangrijke kenmerken en details van het onderzoek bevatten. Dit is belangrijk om het onderzoek geloofwaardig en valide te maken. Dickinson en collega's (2020) halen wel aan dat een virtuele omgeving niet te gedetailleerd mag zijn. Te veel detail kan ervoor zorgen dat andere factoren invloed kunnen hebben op het resultaat en het onderzoek. De relatie tussen de onderzochte factor en het resultaat kan zo ongewild beïnvloed worden. Ten tweede is de ruimtelijke en tijdscontext belangrijk. Wanneer deelnemers een gevoel krijgen van de weersomstandigheden, de tijd, de snelheid, bewegingen... zal de ervaring en de resultaten beter en correcter zijn. De bewegingen die gemaakt moeten worden in het onderzoek moeten ook haalbaar zijn in de realiteit. Een ruime plek is nodig zodat deelnemers niet beperkt worden in hun bewegingen.

Ten derde zijn sociale aspecten belangrijk. Virtuele avatars moeten zo realistisch mogelijk geprogrammeerd worden. Hier geldt ook dat avatars best gemeden worden wanneer deze onnodig zijn, zodat er geen afleiding is van het onderzoeksdoel (Dickinson et al., 2020). Ten vierde is de eigen avatar belangrijk. Uit Fox en Bailenson (2010) blijkt dat deelnemers het virtuele experiment realistischer ervaren wanneer ze een eigen avatar hebben, en wanneer virtuele avatars reageren op de eigen avatar. De eigen avatar wordt ook best aangepast aan de kenmerken van de deelnemer. Zo wordt bijvoorbeeld het geslacht van de avatar aangepast op basis van het geslacht van de deelnemer. Ten vijfde is niet-visuele informatie belangrijk. Het gaat over objecten die gevoeld moeten worden, als dit van noodzaak is voor het experiment. Daarnaast is audio-informatie ook belangrijk. Audio-informatie moet overeenkomen met de visuele informatie. Geluiden zoals wind, regen, voorbijrijdende auto's, personen... zijn belangrijk om het onderzoek realistischer te maken.

Om de virtuele realiteit zo realistisch mogelijk te maken, moet er dus rekening gehouden worden met de bovenstaande vijf aspecten. Aangezien zulke experimenten niet gebeuren in de echte realiteit, is het belangrijk dat deze zo realistisch als mogelijk worden opgesteld. Enkel zo mogen er conclusies uit de virtuele realiteit getrokken worden voor de echte realiteit. Het voordeel van een experiment in een gecontroleerde omgeving, is dat de deelnemers weinig tot geen risico lopen (Kalatian et al., 2020).

#### 6.4.2 Onderzoeken met virtuele realiteit

In dit deel wordt er gekeken naar enkele voorgaande experimenten die gebruikmaken van virtuele realiteit, om te weten te komen hoe dit soort onderzoek het best aangepakt kan worden.

Kalatian en collega's (2020) hebben onderzoek gedaan naar digitale afleiding tijdens het oversteken op niet-lichtgeregelde oversteekplaatsen aan de hand van een *head-mounted display* (HMD). Het onderzoek kende 42 deelnemers die elk 30 simulaties ondergingen, namelijk 10 willekeurige situaties per afleidingconditie. Deelnemers kregen ook eerst de tijd om kennis te maken met de technologie via een oefensessie. De deelnemers kregen maximaal 60 seconden om een veilige oversteekbeweging te maken. Het onderzoek maakte gebruik van een *car-following model* en een *social force model* om het gedrag van de voertuigen en personen te simuleren. Kalatian en collega's (2020) gebruiken het *Cox proportional-hazards model* om het effect van de verschillende factoren op de wachttijd te onderzoeken. Het model is een regressiemodel dat voornamelijk gebruikt wordt in de medische wereld om de relatie te weten te komen tussen de overlevingstijd van een patiënt en meerdere voorspellende variabelen. Het *Cox proportional-hazards model* wordt gebruikt om te weten te komen welk en hoe groot het effect is van enkele factoren tot het optreden van een bepaald event in de tijd. Kalatian en collega's (2020) geven

aan dat dit model een veel voorkomende methode is om de wachttijd bij een oversteekbeweging te onderzoeken. Aan de hand van dit model kan er namelijk onderzocht worden wat de invloed is van andere factoren (buiten de eigenlijke wachttijd) op het oversteken en/of de roodlichtnegatie. Het onderzoek van Sun en collega's (2011) maakte zo ook gebruik van het *Cox proportional-hazards model*.

Gelijkaardig onderzoek van Sobhani en Farooq (2018) laat ook zien dat een oefensessie aan te raden valt. Op deze manier weten de deelnemers wat ze moeten doen en zijn de deelnemers minder afgeleid door de omgeving tijdens de experimentssessies. Het onderzoek gebruikt ook twee *gaps* van vijf en zeven seconden waar deelnemers veilig kunnen oversteken bij een maximumsnelheid van 50 kilometer per uur. De deelnemers zouden tijdens deze *gaps* moeten oversteken zodat er geen ongeval plaatsvindt.

Kooijman en collega's (2019) onderzochten welke informatie op de buitenkant van zelfrijdende auto's het duidelijkst is voor overstekende voetgangers, om te weten of dat de zelfrijdende auto gaat stoppen of niet. Het onderzoek maakte gebruik van een *HMD*. In het onderzoek namen 24 deelnemers deel, die elk 18 simulaties ondergingen. Elke simulatie heeft een andere combinatie van de onderzochte factoren, en de volgorde van de simulaties is willekeurig per deelnemer. In dit onderzoek werden de deelnemers eerst geïnformeerd over het onderzoeksdoel en de gegevensverwerking. Na goedkeuring van de deelnemer kon het onderzoek van start. De deelnemers vulde eerst een bevraging die socio-demografische vragen en stellingen over voetgangers in het verkeer bevatte. Na een testsessie begon het eigenlijke onderzoek. Na elke simulatie geven de deelnemers aan hoe goed men zich voelt via de *miserie scale* (MISC) (Bos, 2015). Bij een score van vier of hoger werd het onderzoek gepauzeerd en indien nodig gestopt. Bos (2015) gebruikt zelf een score van zeven of hoger om het onderzoek te stoppen. Enerzijds omwille van de gezondheidsredenen van de deelnemer en anderzijds omdat de resultaten niet meer betrouwbaar en bruikbaar zijn (Howarth & Costello, 1997).

Symptoms		MISC
No problems		0
Some discomfort, but no specific symptoms		1
Dizziness, cold/warm, headache, stomach/throat awareness, sweating, blurred vision, yawning, burping, tiredness, salivation, . . . but no nausea	Vague	2
	Little	3
	Rather	4
	Severe	5
	Little	6
Nausea	Rather	7
	Severe	8
	Retching	9
Vomiting		10

Figuur 17: Misery scale (Bos, 2015)

Op het einde van het onderzoek (Kooijman et al., 2019) moesten de deelnemers een *Virtual Reality Presence Questionnaire* (VRPQ) invullen (Witmer et al., 2005). Dit is een bevraging die de ecologische validiteit van het onderzoek nagaat, door het gevoel van aanwezigheid te bevragen. M.a.w. er wordt nagegaan in welke mate deelnemers zich aanwezig voelen in de virtuele wereld. In de VRPQ wordt de aanwezigheid bevraagd via vier componenten. De eerste component is 'betrokkenheid'. Betrokkenheid gaat over het aandacht geven aan zinvolle activiteiten of evenementen. De betrokkenheid zal groter zijn wanneer deelnemers meer taken uitvoeren, en dus deelnemers cognitief, emotioneel of fysiek uitgedaagd worden. Vragen 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 14, 17, 18 en 29 van Figuur 18 (Witmer et al., 2005) gaan over de betrokkenheid van het onderzoek. De tweede component is 'zintuiglijke getrouwheid'. Het gaat hierover de visuele, auditieve en haptische kenmerken van het onderzoek. Er wordt bevraagd hoe overtuigend en

realistisch deze kenmerken zijn. Vragen 5, 11, 12, 13, 15 en 16 van Figuur 18 (Witmer et al., 2005) gaan over de zintuigelijke getrouwheid van het onderzoek.

De derde component is ‘onderdompeling’. ‘Onderdompeling’ gaat over zichzelf opgenomen zien worden in een virtuele omgeving met interacties. Externe factoren (geluiden, objecten...) kunnen er bijvoorbeeld voor zorgen dat deelnemers afgeleid zijn, en zich minder ondergedompeld voelen in de virtuele omgeving. Vragen 9, 20, 21, 24, 25, 30, 31 en 32 van Figuur 18 (Witmer et al., 2005) gaan over de mate van onderdompeling van het onderzoek. De vierde component is ‘interfacekwaliteit’. Het gaat over de kwaliteit van de bedieningsapparaten en de weergaveapparaten. Als de kwaliteit slecht is, zullen deelnemers zich minder goed kunnen concentreren op de uit te voeren taak. Vragen 19, 22 en 23 van Figuur 18 (Witmer et al., 2005) gaan over de interfacekwaliteit van het onderzoek. Drie vragen (26, 27 en 28) van de VRPQ worden in het onderzoek van Witmer en collega’s (2005) niet verder aanbevolen. Deze vragen zorgden namelijk voor een mindere betrouwbaarheid van de VRPQ. De andere 29 vragen worden beantwoord door een score te geven tussen 0 (zeer slecht) en 10 (zeer goed).

- 
1. How much were you able to control events?
  2. How responsive was the environment to actions that you initiated (or performed)?
  3. How natural did your interactions with the environment seem?
  4. How much did the visual aspects of the environment involve you?
  5. How much did the auditory aspects of the environment involve you?
  6. How natural was the mechanism which controlled movement through the environment?
  7. How compelling was your sense of objects moving through space?
  8. How much did your experiences in the virtual environment seem consistent with your real world experiences?
  9. Were you able to anticipate what would happen next in response to the actions that you performed?
  10. How completely were you able to actively survey or search the environment using vision?
  11. How well could you identify sounds?
  12. How well could you localize sounds?
  13. How well could you actively survey or search the virtual environment using touch?
  14. How compelling was your sense of moving around inside the virtual environment?
  15. How closely were you able to examine objects?
  16. How well could you examine objects from multiple viewpoints?
  17. How well could you move or manipulate objects in the virtual environment?
  18. How involved were you in the virtual environment experience?
  19. How much delay did you experience between your actions and expected outcomes?
  20. How quickly did you adjust to the virtual environment experience?
  21. How proficient in moving and interacting with the virtual environment did you feel at the end of the experience?
  22. How much did the visual display quality interfere or distract you from performing assigned tasks or required activities?
  23. How much did the control devices interfere with the performance of assigned tasks or with other activities?
  24. How well could you concentrate on the assigned tasks or required activities rather than on the mechanisms used to perform those tasks or activities?
  25. How completely were your senses engaged in this experience?
  26. To what extent did events occurring outside the virtual environment distract from your experience in the virtual environment?
  27. Overall, how much did you focus on using the display and control devices instead of the virtual experience and experimental tasks?
  28. Were you involved in the experimental task to the extent that you lost track of time?
  29. How easy was it to identify objects through physical interaction, like touching an object, walking over a surface, or bumping into a wall or object?
  30. Were there moments during the virtual environment experience when you felt completely focused on the task or environment?
  31. How easily did you adjust to the control devices used to interact with the virtual environment?
  32. Was the information provided through different senses in the virtual environment (e.g., vision, hearing, touch) consistent?
- 

*Figuur 18: Versie 3 van de Virtual Reality Presence Questionnaire (Witmer et al., 2005)*

Navarro en collega's (2013) gebruikten bijvoorbeeld ook een VRPQ, die afgeleid is van de versie van Witmer en collega's (2005). Navarro en collega's (2013) gebruikten acht vragen en een vijfpunten Likertschaal om na te gaan hoe betrouwbaar het onderzoek is. Een gemiddelde score van acht geeft dus een zeer slechte validiteit weer en een gemiddelde score van 40 geeft een uitstekende validiteit weer.

Het onderzoek van Meir en collega's (2013) maakt gebruik van een *dome projection facility*. Bij dit 180° grote scherm werd er onderzoek gedaan naar de risicoperceptie van kinderen tijdens het oversteken. Er werd gebruikgemaakt van een *head-mounted eye tracking system*. De kinderen en hun ouders moesten op voorhand goedkeuring geven om deel te nemen aan het onderzoek. Bij de start van het onderzoek moesten de kinderen een socio-demografische enquête invullen en moesten de kinderen twee testscenario's uitvoeren. De kinderen kregen vervolgens 18 scenario's waarbij men op een knop moest drukken op het moment dat men het veilig vindt om over te steken. Na elk scenario werd gevraagd waarom men heeft gekozen om op dat moment over te steken, of waarom men helemaal niet heeft overgestoken. Op deze manier kan er nagegaan worden of dat de reden van oversteken overeenkomt met de conclusies uit de cijfergegevens van de software.

Tot slot wordt er nog ingegaan op de tijdsperceptie bij VR-onderzoeken. Bruder en Steinicke (2014) onderzochten de tijdsperceptie tijdens het wandelen in een VR-omgeving. Ze ondervonden dat personen de tijd overschatten tijdens een VR-onderzoek. Tijdens het VR-onderzoek overschat men namelijk de tijd gemiddeld met 6.5 procent. Uit dit onderzoek (Bruder & Steinicke, 2014) ondervond men ook dat de tijd met 2.3 procent wordt overschat in een echte situatie. Uit het onderzoek bleek dit tijdsperceptieverschil significant te zijn. Sanders en Cairns (2010) geven een verklaring voor de tijdsperceptie bij (VR-)onderzoeken. Zij geven aan dat veel en complexe taken voor een kortere tijdsperceptie zorgen en dat weinig en makkelijke taken voor een langere tijdsperceptie zorgen. Met deze redenering kan er geconcludeerd worden dat de tijd in het onderzoek van Bruder en Steinicke (2014) wordt overschat, aangezien 'wandelen' geen moeilijke taak is. Aan de andere kant geven de onderzoeken van Schneider en Kisby (2011), van der Ham en collega's (2019) en Landeck en collega's (2020) aan dat de tijd korter wordt gepercipieerd, wanneer er gebruik wordt gemaakt van VR. Dit zijn voornamelijk medische onderzoeken waarbij patiënten tijdens operaties door een virtuele omgeving worden afgeleid. Schneider en Kisby (2011) ondervonden dat de tijd gemiddeld 13 minuten korter wordt gepercipieerd tijdens verschillende soorten operaties.



## 7 Onderzoeksopzet

### 7.1 Onderzoeksfactoren

De gevonden factoren uit de literatuur zullen omwille van praktische redenen of onderzoeksredenen niet allemaal worden opgenomen in het VR-experiment. In dit deel wordt er een verklaring gegeven waarom welke factor (niet) opgenomen wordt in het verdere verloop van het onderzoek. Aangezien de korte tijdsperiode van de masterproef, is er gekozen om enkel de maximale wachttijd van de voetganger via het experiment te onderzoeken. De fietser wordt in het verdere verloop minder diepgaand onderzocht. In de vragenlijst wordt er zo wel nog bevraagd naar de maximale wachttijd van de fietser, vergeleken met die van de voetganger. Aangezien het onderzoek gaat over de maximale aanvaardbare wachttijden zit de factor ‘wachttijd’ zeker in het experiment. ‘Wachttijd’ kan gezien worden als de afhankelijke factor.

Factoren ‘wegontwerp’ en ‘verkeerssituatie’ worden eveneens opgenomen in het experiment. Dit is immers noodzakelijk om de huidige maximale wachttijden van voetgangers te vergelijken met de eigen gevonden aanvaardbare maximale wachttijden. De huidige normen zijn gedefinieerd voor BIBEKO en BUBEKO (Zie Tabel 4), op deze manier kan er een vergelijking en een voorstel gedaan worden voor de verschillende huidige maximale wachttijden. Een BIBEKO-situatie kent namelijk een kleiner wegontwerp, met kleinere snelheden en minder verkeer vergeleken met een BUBEKO-situatie. Verder zal de factor ‘verkeerssituatie’ ook diepgaander worden onderzocht. Uit de literatuur blijkt namelijk dat het verkeersvolume, naast de wachttijd, een belangrijke factor is om al dan niet het roodlicht te negeren.

De factor ‘aanwezigheid van anderen’ wordt ook opgenomen in het VR-experiment. Of dat de aanwezigheid van anderen roodlichtnegatie positief of negatief beïnvloeden is uit de literatuur niet altijd eenduidig. Over het algemeen wordt er uit het literatuuronderzoek geconcludeerd dat de aanwezigheid van anderen voor minder roodlichtnegatie zorgt (Rosenbloom, 2009; Brosseau et al., 2013; Dommes et al., 2015; Pelé et al., 2017; Raoniar & Maurya, 2022). Als één persoon het roodlicht toch negeert, zijn anderen ook sneller geneigd om dit gedrag te volgen (Ren et al., 2011; Zhu et al., 2021a).

Ten slotte worden de factoren ‘geslacht’ en ‘leeftijd’ onderzocht. Deze factoren zijn eenvoudig te onderzoeken en lijken een meerwaarde te zijn voor het onderzoek. Het is namelijk belangrijk om de Vlaamse bevolking zo goed mogelijk te vertegenwoordigen en de maximale aanvaardbare wachttijden van verschillende soorten personen te onderzoeken.

De factoren ‘landgebruik’, ‘sensatiezoekers’ en ‘gemoedstoestand’ worden indirect opgenomen in het onderzoek. Doordat er gebruikt wordt gemaakt van BIBEKO- en BUBEKO-situaties zal het landgebruik ook verschillend zijn. Specifieke effecten omwille van een verschillend landgebruik worden niet onderzocht, om de breedte van het onderzoek te beperken. De factor ‘sensatiezoekers’ heeft een duidelijke link met het geslacht en de leeftijd, en zal hierdoor indirect mee opgenomen worden. In de vragenlijst (Zie bijlage ‘Vragenlijst’) wordt er ook gevraagd in welke mate de deelnemer verkeersveiligheid belangrijk acht. Op deze manier wordt deze factor ook opgenomen, maar de focus ligt niet op deze factor. Het effect van ‘gemoedstoestand’ zal in een virtuele omgeving moeilijk te onderzoeken zijn. Zo zal men in de echte wereld sneller geïrriteerd en agressief zijn dan in een virtuele omgeving. Deelnemers zullen wel meekrijgen dat ze zich moeten haasten om nog op tijd op de werkplaats of schoolplaats aan te komen. De gemoedstoestand zal zo beïnvloed worden.

Bovenstaande geeft aan dat de trip altijd een woon-werk of woon-schoolverplaatsing is. Het effect van de factor ‘tripkarakteristieken’ wordt dan ook niet onderzocht in het experiment. De factor ‘sociale,

culturele en economische omstandigheden' valt moeilijk tot niet te programmeren. Daarnaast wordt de maximale aanvaardbare wachttijd voor Vlaanderen onderzocht, en zijn geen andere sociale, culturele of economische omstandigheden interessant voor het onderzoek. Het onderzoeken van de factor 'weersomstandigheden' lijkt geen evidentie te zijn via een VR-experiment. Deelnemers zullen bijvoorbeeld niet echt nat worden, waardoor de virtuele weersomstandigheden weinig of geen effect zullen hebben op het gedrag van de deelnemers. 'Digitale afleiding' is niet opgenomen in het experiment aangezien er al enkele VR-experimenten plaatsgevonden hebben die dit onderzocht hebben (Sobhani & Farooq, 2018; Kalatian et al., 2020). Tot slotte is er gekozen om de factor 'ervaring' ook niet op te nemen in het experiment, om de breedte van het onderzoek te beperken.

Het is ook belangrijk om te vermelden dat er een ongewilde factor zal optreden in het onderzoek. Deelnemers zullen drie kruispunten moeten oversteken (Zie deel 7.2.3). Uit het schema van Baker en Cameron (1996) (Zie Figuur 5) blijkt de wachttijdperceptie beïnvloed te worden door de ruimtelijke ordening. Voetgangers hebben een langere wachttijdperceptie wanneer men aan meerdere lichtgeregelde kruispunten achterelkaar moeten wachten. Deelnemers zullen dus de wachttijd bij het eerste lichtgeregeld kruispunt beter accepteren dan bij het tweede en derde lichtgeregeld kruispunt. Dit is een limitatie van het onderzoek, dat ook als een regressie effect beschouwd kan worden. Deelnemers zullen immers anders reageren bij het tweede en derde kruispunt, doordat men weet dat de wachttijd bij het eerste kruispunt erg lang is.

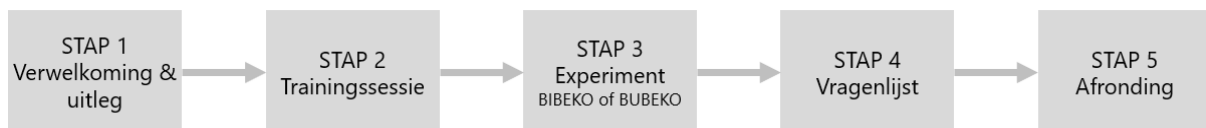
Onderstaande tabel geeft weer welke *within-subjects* factoren en welke *between-subjects* factoren worden opgenomen in het experiment.

Tabel 8: Onderzochte *within-subjects* factoren en *between-subjects* factoren (Eigen tabel, 2022)

Within-subjects factoren	Between-subjects factoren	
Verkeerssituatie	Wegontwerp	BIBEKO of BUBEKO
Aanwezigheid van anderen	Verkeerssituatie	
	Geslacht	
	Leeftijd	

## 7.2 Experiment

Het experiment bevat vijf stappen, oftewel onderdelen, zoals te zien op Figuur 19. In wat volgt wordt elke stap beschreven.



Figuur 19: Verloop van het experiment (Eigen figuur, 2022)

### 7.2.1 Verwelkoming & uitleg

Op het begin van het experiment wordt de deelnemer verwelkomt door de onderzoeker en wordt er kennisgemaakt met elkaar. De onderzoeker zal de deelnemer laten kennismaken met het verloop van het experiment en de 'HTC Vive Pro Eye' VR-bril met bijhorende *controllers*. Zo wordt er geprobeerd om een gemoedelijke en geruststellende sfeer te creëren.





Figuur 20: De 'HTC Vive Pro Eye' VR-bril met bijhorende controllers (Eigen foto, 2022)

Verder krijgt de deelnemer ook uitleg over het (zagezegde) onderzoeksdoel en de activiteiten die hij moet uitvoeren tijdens het experiment. De deelnemer zal geen diepgaande informatie krijgen over het onderzoeksdoel, om een zo realistisch mogelijk gedrag te kunnen observeren. De deelnemer zal bij de rekrutering zelfs een ander onderzoeksdoel meekrijgen. Zo wordt er vermeld dat er onderzoek gedaan wordt om te kijken in welke mate VR gebruikt kan worden om aan verkeersonderzoek te doen. Pas tijdens de uitleg en tijdens het experiment zal de deelnemer informatie verkrijgen, die hem/haar kan doen vermoeden dat het onderzoeksdoel over wachttijden gaat. De deelnemer krijgt zo te horen dat hij/zij gehaast naar de werkplaats of schoolplaats aan het wandelen is, en hiervoor drie conflictvrije lichtgeregelde kruispunten rechtdoor moet oversteken.

Er is gekozen om tegen de deelnemer te zeggen dat men zich moet haasten om nog op tijd aan te komen. Hierdoor is er een bepaalde tijdsdruk tijdens het experiment. In realiteit hebben vele personen te voet namelijk ook een bepaalde tijdsdruk om ergens op tijd te komen. Door deze tijdsdruk zullen deelnemers minder geneigd zijn om onrealistisch gedrag te vertonen door bijvoorbeeld de hele lichtcyclus rustig af te wachten. De kans op roodlichtnegatie zal hierdoor stijgen, waar naar het onderzoek op zoek naar is. Op deze manier wordt er een *mindset* gecreëerd bij de deelnemer dat hij/zij niet te lang kan wachten. Andere onderzoeken (Gelau et al., 2011; Rendon-Velez et al., 2016; Pawar et al., 2020) die verkeersgedrag onderzoeken via tijdsdruk geven hun deelnemers ook een *mindset* mee alvorens men het experiment start. Bovenstaande onderzoeken bevragen de deelnemers na het experiment hoe fel men onderhevig was aan de tijdsdruk. Op deze manier komt men te weten of dat de gecreëerde *mindset* ook weldegelijk aanwezig was tijdens het onderzoek. Dit onderzoek zal de deelnemers hier ook achteraf over bevragen. Verder is de deelnemer ook op de hoogte gebracht dat de kruispunten conflictvrije kruispunten zijn.

De deelnemer krijgt ook te horen dat er bij elke oversteekbeweging vier keer op de drukknop van het voetgangersverkeerslicht gedrukt kan worden. De eerste keer drukken is verplicht, om namelijk het groenlicht aan te vragen aan het conflictvrij kruispunt. In het experiment zal dit echter niks in gang zetten, maar dit zorgt voor meer realisme. De tweede keer drukt de deelnemer de drukknop in wanneer het wachten als 'vervelend' wordt beschouwd. De derde keer wanneer het wachten wordt beschouwd als 'onaangenaam', waarbij de deelnemer aangeeft dat hij/zij zou willen oversteken. De vierde keer geeft aan wanneer de deelnemer het wachten echt helemaal moe is en ondraaglijk is geworden. Deze laatste drukbeweging wordt beschouwd als het punt dat men het roodlicht zou negeren. De deelnemers zijn hiervan op de hoogte, en krijgen ook te horen dat ze het roodlicht effectief mogen negeren. Op deze manier zullen deelnemers niet alleen het roodlicht negeren na vier keer drukken, maar eventueel ook

eerder als de omstandigheden ertoe leiden. Ter verduidelijking wordt Figuur 21 tijdens de uitleg getoond aan de deelnemer. De deelnemer krijgt dus duidelijk te horen dat hij niet per se vier keer moet drukken alvorens hij mag/kan oversteken. Er wordt vermeld dat het voetgangersverkeerslicht ook al eerder op groen kan springen (wat niet snel zal gebeuren) of dat men het roodlicht kan negeren als hij/zij dat in zijn werkelijk gedrag ook zou doen.

De vier wachtfasen zijn gebaseerd op enkele *satisfaction*-onderzoeken. Kato en collega's (2020) onderzochten zo de emoties van vrouwelijke studenten tijdens het wachten op een tekstantwoord via de gsm. De studenten mochten aangeven wanneer men tijdens het wachten de volgende emoties ondergingen/ondervonden: *sadness, anxiety, anger and guilt*. In het onderzoek van Borges en collega's (2015) wordt er een *satisfaction* index gebruikt. Deelnemers kunnen hier aangeven van één tot zeven hoe tevreden/aangenaam men het wachten in een wachtrij aan een kassa vindt. Waarbij één erg ontevreden is en zeven erg tevreden is. Tot slotte is er ook gekeken naar de Swedish Core Affect Scale van Västfjäll en collega's (2002). Dit is een schaal die aan de hand van 'opwinding' en enkele hedonistische waarden een score geeft hoe personen zich voelen. Voor dit onderzoek zijn de gebruikte hedonistische waarden voornamelijk interessant. De verschillende waarden die hiervoor gebruikt worden zijn: enthousiast, goed humeur, optimistisch, verveeld, moe en onmacht. Het onderzoek van Friman (2010) gebruikte deze schaal al om het wachtproces te beoordelen. Op basis van deze onderzoeken zijn de vier wachtfasen, oftewel emotiefases, gedefinieerd. De fasen zijn zo opgesteld dat ze logisch zijn voor het eigen onderzoek.



Figuur 21: Betekenis van de drukkmomenten tijdens het wachten bij het experiment (Eigen figuur, 2022)

De deelnemer zal in dit onderdeel ook gevraagd worden om een *informed consent* formulier (ICF) te ondertekenen (Zie bijlage 'ICF'). Het ICF zorgt voor duidelijkheid over de rechten waarover de deelnemer beschikt en zorgt voor de goedkeuring van de gegevensverwerking. De deelnemer kan bij onduidelijkheden ook vragen stellen aan de onderzoeker omtrent het experiment. Tot slot wordt er vermeld dat hoofdpijn of duizeligheid kan voorkomen doorheen het experiment. Er wordt wel gevraagd aan de deelnemer om tijdens het experiment aan te geven als men zich (te) misselijk voelt. Zo kan het experiment tijdig gestopt worden.

Nadat de deelnemer op de hoogte is van de activiteiten die hij moet/kan uitvoeren, wordt er overgegaan naar de technische uitleg. De onderzoeker geeft uitleg hoe de deelnemer zich moet voortbewegen in de virtuele wereld. Het voortbewegen in de virtuele omgeving gebeurt op basis van de *touchpads* op de *controllers*. De deelnemer blijft dus op een stoel zitten, om mogelijke ongevallen te voorkomen.

Eveneens wordt er vermeld dat de drukknop ingedrukt kan worden door een armbeweging te maken richting de drukknop op het verkeerslicht. De deelnemer wordt er ook aan herinnerd dat men het hoofd kan gebruiken om rond te kijken in de virtuele omgeving.

### 7.2.2 Trainingssessie

Alvorens de deelnemer begint aan het eigenlijke VR-experiment wordt er een trainingssessie doorlopen. De trainingssessie moet ervoor zorgen dat de deelnemer gekend wordt met het gebruik van de hardware en de virtuele omgeving. Hierdoor is er de kans kleiner dat een deelnemer tijdens het experiment verkeerde handelingen uitvoert, of niet weet wat hij moet doen. Tijdens de trainingssessie moet de deelnemer één kruispunt oversteken en minstens één keer op de drukknop van het voetgangersverkeerslicht drukken. Op deze manier leert de deelnemer om te lopen, te stoppen en te drukken. De trainingssessie beschikt ook over enkele voertuigen en afhankelijk van de situatie mogelijk ook virtuele personen. De deelnemer geraakt zo gekend met deze aspecten. Tijdens het echte experiment zullen deelnemers hierdoor minder afgeleid worden.

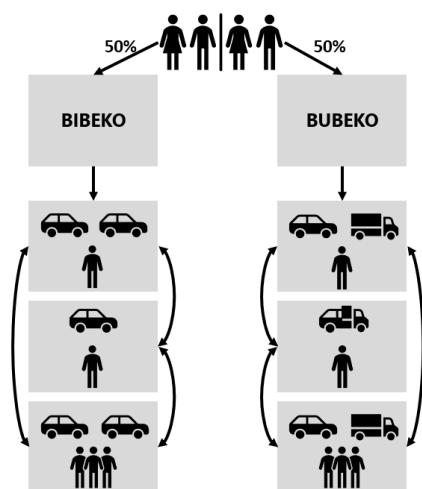
De trainingssessie is daarnaast ook handig om ervoor te zorgen dat de VR-bril op een goede en aangename manier op het hoofd van de deelnemer wordt bevestigd. Na de trainingssessie kan de deelnemer bijvoorbeeld aangeven of dat de VR-bril te los of te strak zat rond het hoofd.

In samenspraak met de deelnemer wordt er gekozen om de trainingssessie te stoppen en over te gaan naar het VR-experiment.

### 7.2.3 VR-experiment

#### Ontwerp

De deelnemers worden in twee groepen oftewel clusters ingedeeld. Bij één cluster moet er over drie lichtgeregelde kruispunten BIBEKO overgestoken worden en bij één cluster moet er over drie lichtgeregelde kruispunten BUBEKO overgestoken worden. Welke deelnemer in welke cluster zit maakt oorspronkelijk niet uit, en is dus willekeurig. Over een totale willekeur kan echter niet gesproken worden. Het is namelijk de bedoeling dat er evenveel vrouwen en evenveel mannen in de BIBEKO-cluster als in de BUBEKO-cluster zitten. De virtuele omgeving van de trainingssessie zal ook aangepast worden naargelang de ingedeelde cluster. Zo zullen BIBEKO-deelnemers een trainingssessie krijgen die een BIBEKO-situatie voorstelt, en dit idem voor de BUBEKO-deelnemers.



Figuur 22: Onderzoeksontwerp (Eigen figuur, 2022)

Elke deelnemer zal binnen zijn cluster drie kruispuntsituaties doorlopen. Elk lichtgeregeld kruispunt is één kruispuntsituatie. De volgende kruispuntsituaties worden doorlopen:

- *Baseline*: In deze kruispuntsituatie is er een normale verkeersintensiteit (BIBEKO: acht voertuigen; BUBEKO: twintig voertuigen) en steekt de deelnemer zonder een virtuele wachtende persoon over aan het lichtgeregeld kruispunt.
- *Minder verkeer*: In deze kruispuntsituatie is er een lagere verkeersintensiteit dan in de *baseline*-situatie. Zo is de intensiteit de helft dan in de *baseline*-situatie (BIBEKO: vier voertuigen; BUBEKO: tien voertuigen). De deelnemer steekt zonder een virtuele wachtende personen over aan het lichtgeregeld kruispunt.
- *Sociale druk*: In deze kruispuntsituatie is er een virtueel wachtende persoon aan de overkant van het zebrapad van het lichtgeregeld kruispunt. Er is een normale verkeersintensiteit zoals in de *baseline*-situatie.

Er wordt gebruikgemaakt van een *blockdesign* oftewel van een randomisatie van de kruispuntsituaties. Op deze manier zal de volgorde van de kruispuntsituaties verschillend zijn, waardoor het regressie-effect (Zie deel 7.1 Onderzoeksfactoren) verspreid wordt over de verschillende kruispuntsituaties. Het is de bedoeling dat elke kruispuntvolgorde (Zie Tabel 9) min of meer evenveel deelnemers kent. Verder zullen er in de BUBEKO-situatie naast auto's ook vrachtwagens aanwezig zijn. De kans is één op vijf dat er een vrachtwagen verschijnt in de BUBEKO-situatie. De kans op een auto is dus vier op vijf. Het verkeer in de BIBEKO-situatie bestaat enkel uit auto's.

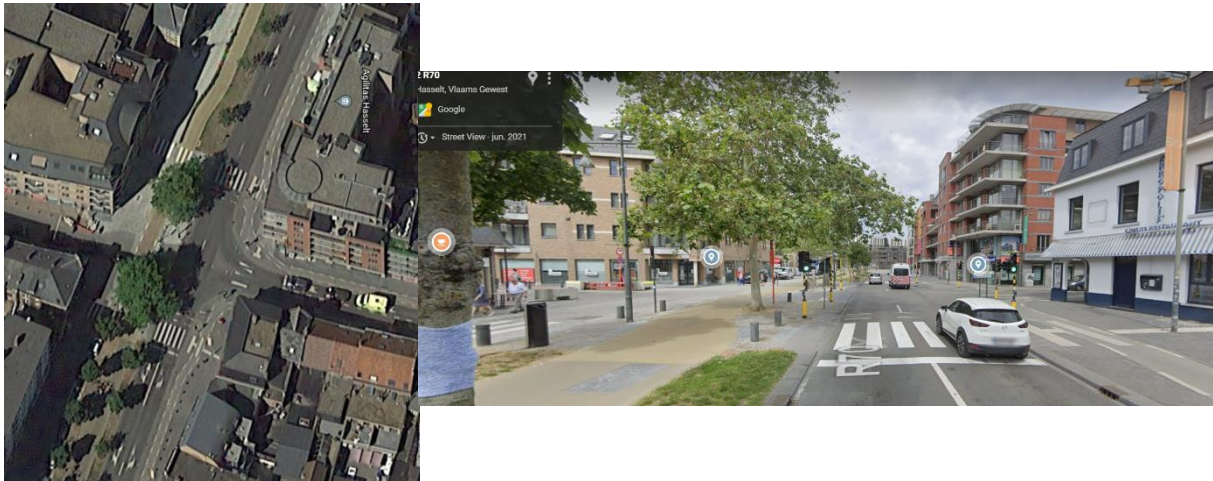
Tabel 9: Kruispuntvolgordes (Eigen tabel, 2022)

Volgordenummer	Kruispuntvolgorde
1	Baseline, minder verkeer, sociale druk
2	Minder verkeer, sociale druk, baseline
3	Sociale druk, baseline, minder verkeer
4	Baseline, sociale druk, minder verkeer
5	Minder verkeer, baseline, sociale druk
6	Sociale druk, minder verkeer, baseline

### Kruispunten

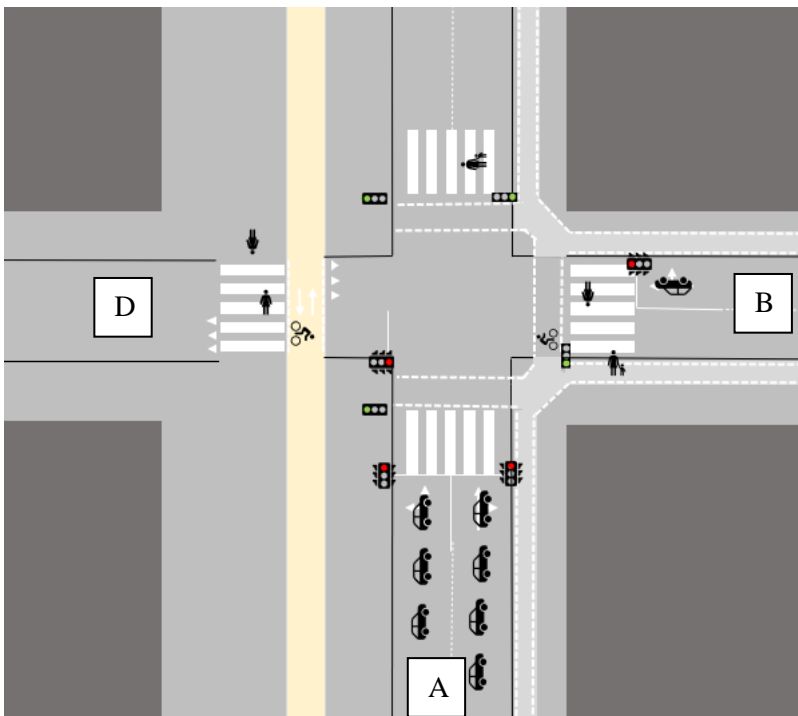
Figuur 23 en Figuur 24 geven een beeld weer van de BIBEKO-situatie. Deze situatie is gebaseerd op het kruispunt R70 (Gekend als de kleine ring van Hasselt) x Kempische Steenweg (N74) in het centrum van Hasselt. Dit conflictvrij lichtgeregeld kruispunt wordt gekenmerkt door een éénrichtingsstraat. Daarnaast maakt dit kruispunt ook gebruik van een AFTG-principe (Casters, 2019). De BIBEKO-deelnemers zullen drie kopieën van dit lichtgeregeld kruispunt rechtdoor moeten oversteken. Tussen de kruispunten moeten de deelnemers een geschatte virtuele afstand afleggen van 300 meter. De deelnemers zullen telkens het lichtgeregeld kruispunt van rechtsonder naar rechtsboven oversteken. In de realiteit is het ook mogelijk om op de kleine ring van Hasselt drie oversteekbewegingen op drie gelijkaardige kruispunten na elkaar te maken. Uit Clemenson en collega's (2020) en Hejtmanek en collega's (2020) bleek namelijk dat het belangrijk is om de virtuele realiteit te baseren op een bestaande situatie.

De omgeving van het echte BIBEKO-kruispunt bestaat voornamelijk uit aaneengesloten middelgrote bebouwing. De bebouwing is een mix van woningen en winkels. Verder staan langs beide kanten van het vrijliggend fietspad bomen. Het kruispunt beschikt over verkeerslichten, bebording en verlichtingspalen.



Figuur 23: Kruispunt R70 x Kempische Steenweg (N74) in Hasselt; N→ (L: Google Earth, 2020a; R: Google Maps, 2021a)

In de virtuele wereld (Zie Figuur 25) is er gekozen om aspecten zoals bebording, verlichting... tot het minimale te behouden. Dickinson en collega's (2020) en Neo en collega's (2021) gaven namelijk aan dat een bepaald niveau van detaillering nodig is om een realistische omgeving te hebben, al zorgt te veel detaillering voor te veel afleiding. De virtuele BIBEKO-omgeving beschikt ook niet over het dubbelrichtingsfietspad en de éénrichtingsstraat. Voor het onderzoek heeft dit geen effect. De deelnemer blijft namelijk aan de rechterkant van het kruispunt wandelen en op de evenwijdige as is er geen verkeer geprogrammeerd. Er zijn dus enkel voertuigen geprogrammeerd voor de kruisende as van de oversteek, namelijk richtingen B en D op Figuur 24.



Figuur 24: Schets van de BIBEKO-situatie; N→ (Eigen figuur, 2022)





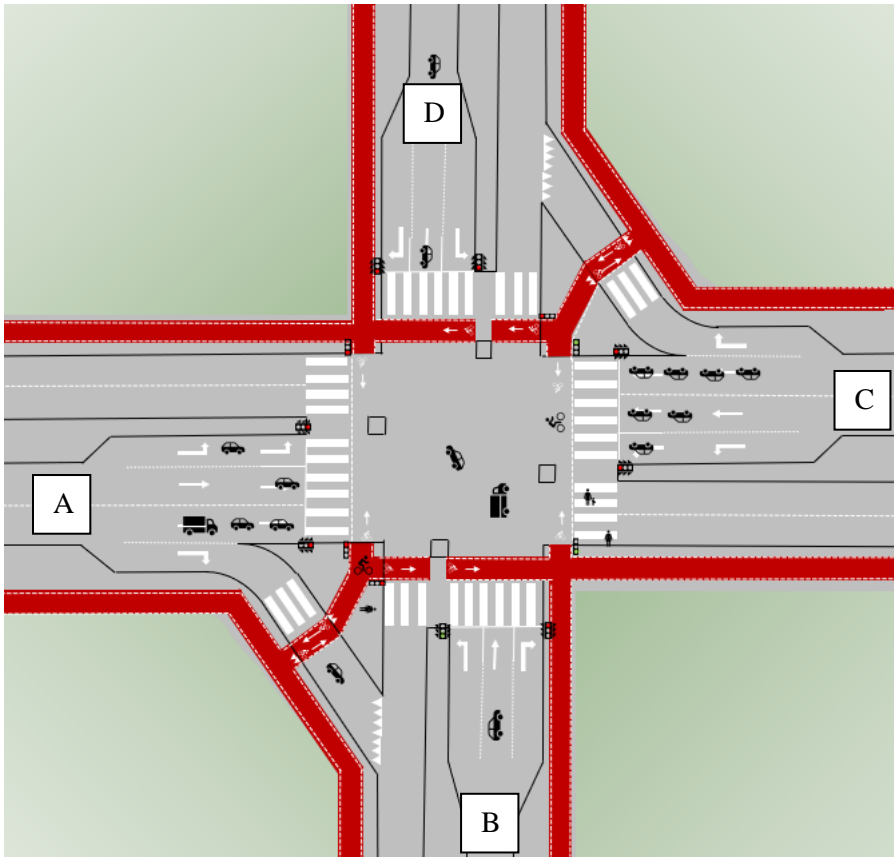
Figuur 25: De virtuele BIBEKO-situatie (Eigen foto, 2022)

Figuur 26 en Figuur 27 geven een beeld weer van de BUBEKO-situatie. Deze situatie is gebaseerd op het kruispunt N750 (gekend als: de Oosterring van Hasselt) x Fletersdel in Genk. In het VR-experiment zijn er zebrapaden over de Fletersdel toegevoegd. In de realiteit moeten de voetgangers hier over het fietspad oversteken. Aangezien de meeste lichtgeregelde kruispunten overal zebrapaden hebben, is er gekozen om deze toe te voegen in de virtuele realiteit. Het kruispunt zal zo vertrouwelijker overkomen voor de deelnemer. De BUBEKO-deelnemers zullen drie kopieën van dit lichtgeregelde kruispunt rechtdoor moeten oversteken. Tussen de kruispunten moeten de deelnemers geen afstand afleggen. Na de oversteekbeweging wordt het scherm van de deelnemer zwart, en wordt hij automatisch opnieuw gepositioneerd aan het volgende kruispunt. De deelnemers zullen telkens het lichtgeregelde kruispunt van rechtsonder naar rechtsboven oversteken.

De omgeving van het BUBEKO-kruispunt bestaat voornamelijk uit gras, struikgewas en bomen. In de verte zijn enkele alleenstaande woningen te zien. Het kruispunt beschikt over verkeerslichten, bebording en verlichtingspalen. De bijlage ‘Geometrie VR-kruispunten’ geeft verdere afmetingen en informatie weer over de twee kruispunten.



Figuur 26: Kruispunt N750 x Fletersdel in Genk; L: N→, R: N↑ (L: Google Earth, 2020b; R: Google Maps, 2021b)



Figuur 27: Schets van de BUBEKO-situatie; N→ (Eigen figuur, 2022)

Hier is er ook gekozen om in de virtuele wereld (Zie Figuur 28) om aspecten zoals bebording, verlichting... tot het minimale te behouden (Dickinson et al., 2020; Neo et al, 2021). De virtuele BUBEKO-omgeving beschikt enkel over voertuigen op de kruisende as van de oversteek, namelijk richtingen A en C op Figuur 27.



Figuur 28: De virtuele BUBEKO-situatie (Eigen foto, 2022)

### Verkeerslichtenregeling

Om te weten te komen hoelang een deelnemer wacht zal er gewerkt worden met een trigger. Als de deelnemer over de virtuele trigger stapt, zal het voetgangersverkeerslicht op rood springen. Deze (onzichtbare) trigger wordt daarom vlak voor het zebrapad gelegd ( $\pm$  vijf meter). Op deze manier zien deelnemers dat de roodtijd juist gestart is, waardoor deelnemers sneller zullen beseffen dat de wachttijd



(te) lang is. Dit is ook noodzakelijk zodat voetgangers altijd aankomen in de roodfase, en niet toevallig tijdens de groenfase. De maximale wachttijd van de deelnemer is zo de tijd tussen de activatie van de trigger en zijn eerste stap van de oversteekbeweging, of de tijd tussen de activatie van de trigger en de vierde druk op de drukknop (ondraaglijk). Eveneens geldt dit voor de wachttijden tot de wachtfases vervelend en onaangenaam.

Omwille van het onderzoeksdoel moet de wachttijd in de BIBEKO-situatie zeker 70 seconden zijn. Om te kijken of deelnemers bereid zijn om langer te wachten is er gekozen om een buffer van 40 seconden te nemen bovenop de 70 seconden. Deelnemers zullen dus maximaal 110 seconden wachten alvorens de groenfase verschijnt. Door gebruik te maken van 110 seconden kan de huidige maximale wachttijdnorm 'BIBEKO niet in een kerngebied' ook onderzocht worden (Zie Tabel 4). Na 110 seconden krijgt de voetganger zijn groentijd. Het voetgangerslicht blijft op groen staan zodat de deelnemer 'rustig' kan oversteken. De tussengroentijd komt overeen met drie seconden oranjegeeltijd. Dit is een relatief korte tussengroentijd gekeken naar de werkelijke regeling (Casters, 2019). De verkeerslichtenregeling is een conflictvrije regeling.

De wachttijd BUBEKO moet omwille van het onderzoeksdoel minstens 110 seconden zijn (Zie Tabel 4). Om te kijken of deelnemers bereid zijn om langer te wachten is er gekozen om een buffer van 40 seconden te nemen bovenop de 110 seconden. Deelnemers zullen dus maximaal 150 seconden wachten alvorens de groenfase verschijnt. Het voetgangerslicht blijft ook hier na de roodfase op groen staan zodat de deelnemer 'rustig' kan oversteken. De tussengroentijd komt eveneens overeen met drie seconden oranjegeeltijd. Dit is een relatief korte tussengroentijd gekeken naar de werkelijke regeling (Casters, 2021). De verkeerslichtenregeling is een conflictvrije regeling.

#### *Andere aspecten*

De drukknop in de virtuele omgeving geeft tijdens het experiment de wachtfases aan. De drukknop geeft visueel de emoties (en de bijhorende kleur) van Figuur 21 weer. De drukknop geeft niet de huidige fase aan, maar geeft de volgende fase aan. In de BUBEKO-situatie wordt er op het scherm ook de huidige wachtfase getoond (Zie Figuur 28). Zo weten de deelnemers op elk moment in welke wachtfase men zit. In de BIBEKO-situatie is dit omwille van technische problemen niet geprogrammeerd geraakt. De onderzoeker heeft hier altijd mondeling aangegeven in welke fase men zit, zodat deelnemers dit beseffen.

De deelnemer zit doorheen het experiment (en de trainingssessie) enkel zijn virtuele handen. Virtuele voeten, benen... zijn dus niet waarneembaar. Volgens Fox en Bailenson (2010) heeft dit invloed op het realisme van het onderzoek. Neo en collega's (2021) haalden ook aan dat aspecten zoals besef van tijd, weersomstandigheden belangrijk zijn om een realistische virtuele omgeving te hebben. Specifieke weersomstandigheden zijn er niet geprogrammeerd. Het weer in de virtuele omgeving kan beschreven worden als 'zonnig'. Deelnemers zullen ook geen besef van tijd kennen, aangezien dit namelijk een noodzaak is voor het onderzoeksdoel. De aanbeveling van Neo en collega's (2021) om auditieve informatie en andere virtuele personen toe te voegen is wel opgevolgd. Zo zijn omgevings- en voertuiggeluiden gebruikt om de onderdompeling in de virtuele omgeving te vergroten. De BIBEKO-situatie beschikte ook over wandelende virtuele personen.

De geprogrammeerde voertuigen worden AI-bestuurd. De voertuigen zullen dus zelf bepalen en inschatten wanneer men moet remmen voor voorliggers en het verkeerslicht.

## 7.2.4 Vragenlijst

### MISC

Nadat de deelnemer het VR-experiment beëindigd wordt er gevraagd om zijn/haar fysieke/mentale toestand te beoordelen via de MISC (Bos, 2015). Er is gekozen om vanaf een score zeven het resultaat niet meer als betrouwbaar te beschouwen. Bos (2015) gebruikt deze score namelijk zelf om het experiment al dan niet te stoppen en te vertrouwen. De deelnemer zal dan door zijn fysieke toestand tijdens het experiment andere beslissingen nemen dan hij in werkelijkheid zou nemen. Het is belangrijk om deze gegevens dan ook niet mee op te nemen. Tabel 10 wordt tijdens het onderzoek gebruikt.

Tabel 10: MISC (Eigen tabel, 2022)

Symptomen	Ernst symptomen	MISC
Geen problemen/symptomen		0
Ongemakkelijk, maar geen specifieke symptomen		1
Duizeligheid, hoofdpijn, zweten, wazig zicht, vermoeidheid, oprispingen... maar niet misselijk	Vaag	2
	Weinig	3
	Tamelijk	4
	Ernstig	5
Misselijk	Vaag	6
	Weinig	7
	Tamelijk	8
	Ernstig	9
Braken		10

### Socio-demografische vragen

Vervolgens zal de deelnemer een korte vragenlijst invullen. De bijlage 'Vragenlijst' geeft de gebruikte vragenlijst weer. De deelnemers kunnen kiezen om de vragenlijst in te vullen op papier, de laptop van de onderzoeker of op de eigen smartphone. De vragenlijst bestaat uit drie blokken. Het eerste blok bevroeg enkele socio-demografische kenmerken van de deelnemer. Ten eerste wordt het gender bevroeg. De meest gebruikte antwoordmogelijkheden in onderzoeken zijn M/V/X. Aangezien 'X' tegenwoordig een groot allesomvattend gegeven is, is er gekozen om deze te vervangen door non-binair en een invulmogelijkheid om een ander gender in te vullen. Aangezien het hier ook soms gaat om een moeilijke of kwetsbare kwestie is er gekozen om ook de optie 'Zeg ik liever niet' toe te voegen.

Ten tweede wordt de leeftijdsgroep bevroeg. In samenspraak met de promotor is er gekozen om personen onder de 18 jaar en personen boven de 69 jaar niet op te nemen in het onderzoek. Ouderen en jongeren zullen namelijk moeilijkheden ondervinden met de besturing. Hierdoor zal men te veel bezig zijn met de besturing en niet met de eigenlijke onderzoeksactiviteiten. Daarnaast kan het voor jonge kinderen ook confronterend zijn om in conflict/botsing te komen met virtuele voertuigen. Personen onder de 18 jaar moeten ook aan een ouder of voogd goedkeuring krijgen om deel te nemen. Deze moeten daarnaast ook het ICF ondertekenen. Dit zorgt ervoor dat de rekrutering omslachtiger wordt. Er is gekozen om leeftijdsgroepen te maken op basis van 10 jaar. Op basis van deze indeling kan er een grootschalig effect onderzocht worden tussen de verschillende generaties. De 18- en 19-jarige zijn bij de leeftijdsgroep 'twintigers' geplaatst, deze personen kunnen immers allemaal beschouwd worden als 'adolescenten'.

Ten derde wordt de provincie van de woonlocatie bevroeg. Aangezien het onderzoek zich focust op de maximale wachttijden van de voetgangers (en fietsers) op Vlaamse wegen, worden deelnemers binnen

het Vlaamse gewest voornamelijk gezocht. Alle Vlaamse provincies zijn dan ook antwoordmogelijkheden. Het is belangrijk voor de representativiteit dat alle provincies vertegenwoordigd zijn. Aangezien personen die niet woonachtig zijn in Vlaanderen zich ook begeven over de Vlaamse wegen, is de optie ‘Andere...’ toegevoegd.

Ten vierde wordt er gevraagd naar het hoogst behaalde diploma van de deelnemer. Er is gekozen om de antwoordmogelijkheden vrij algemeen te houden, aangezien de focus in het onderzoek hier niet op ligt.

#### *Oversteekgedrag*

Het tweede blok bevraagt het oversteekgedrag van de deelnemer. Zo zal de deelnemer bevraagd worden naar zijn wachttijdperceptie. De deelnemer kan zijn gepercipieerde gemiddelde wachttijd over de drie kruispunten heen aangeven via een schuifregelaar van 0 tot 200 seconden. Deze vraag is belangrijk om de bijhorende deelonderzoeksvraag (Zie deel ‘Onderzoeksvragen’) te kunnen beantwoorden. Vervolgens wordt er gevraagd om uitleg te geven over zijn/haar roodlichtnegatiegedrag. Op deze manier wordt er meer informatie verschaft over de reden van het al dan niet negeren van het roodlicht. Deze vraag is gebaseerd op een vraag uit het onderzoek van Meir en collega’s (2013) (Zie deel 6.4.2).

Daarna wordt er gevraagd om verschillende belangrijke thema’s te rangschikken naargelang het belang. Op basis van deze rangschikking kan er gekeken worden of dat personen die verkeersveiligheid belangrijker achten, al dan niet het roodlicht sneller negeren. Er is gekozen om verkeersveiligheid te vergelijken met vier thema’s die eveneens recentelijk veel aandacht krijgen op sociale media en nieuwsuitzendingen. Vervolgens wordt er gevraagd of dat de wachttijden van fietsers gelijk moeten zijn als de wachttijden van de voetgangers. Aan de hand van deze vragen komt de ‘fiets’ terug naar boven. Zo kan er gekeken worden of dat deelnemers vinden dat de maximale wachttijden van voetgangers en fietsers gelijk moeten zijn, zoals het momenteel is. Tot slot wordt er gevraagd of dat de wachttijden van voetgangers en fietsers korter moeten zijn in het nadeel van het gemotoriseerd verkeer. Aan de hand van deze vraag kan er gekeken worden of er ook weldegelijk draagvlak is om de maximale wachttijden mogelijks in te korten.

#### *Ecologische validiteit*

Het laatste blok begint met een vraag over de gevraagde *mindset* van de deelnemer tijdens het experiment. Er wordt gevraagd in welke mate men onderhevig was aan de opgelegde tijdsdruk. Zo kan er gekeken worden of dat personen weldegelijk de *mindset* hadden om gehaast te zijn. De vraag is gebaseerd op andere tijd gerelateerde onderzoeken (Gelau et al., 2011; Rendon-Velez et al., 2016; Pawar et al., 2020).

Het laatste blok bevat ook acht stellingen uit de VRPQ-vragenlijst van Witmer en collega’s (2005) (Zie Figuur 18). Van elk component van de VRPQ zijn de twee meest relevante vragen voor dit onderzoek gekozen. Op basis van deze acht vragen zal de ecologische validiteit van de virtuele omgeving en het onderzoek beoordeeld worden. De stellingen maken gebruik van een vijfpunten Likertschaal, waarbij de uiterste opties ‘helemaal oneens’ (1) en ‘helemaal eens’ (5) zijn.

#### 7.2.5 Afronding

Op het einde van het experiment wordt de deelnemer bedankt voor zijn deelname. Als er tijd over is en de deelnemer geïnteresseerd is, is er de mogelijkheid om nog een praatje te slaan over de opleiding, het onderzoek... Na het experiment zal de onderzoeker de verkregen informatie (online) archiveren en

uiteindelijk ook verwerken. Vooraleer de gegevensverwerking van start kan gaan, moet de onderzoeker nog eerst aan *datacleaning* doen, om enkel de nuttige en nodige informatie te verkrijgen.

## 7.3 Gegevensverwerking

### 7.3.1 Cox regressie

Ten eerste zal er gebruik worden gemaakt van de *Cox proportional-hazards model* oftewel de Cox regressie. Aan de hand van deze analyse kan er enerzijds onderzocht worden welk effect factoren hebben op het optreden van een event in de tijd. Anderzijds kan er ook onderzocht worden hoe groot dit effect is op het optreden van een event in de tijd. Er kan dus onderzocht worden of dat sommige *between-subjects* factoren (Bv. leeftijdsgroep, BIBEKO of BUBEKO...) een significante invloed hebben op de maximale wachttijdacceptatie oftewel het moment van roodlichtnegatie. Met de maximale wachttijdacceptatie wordt drukmoment vier aan het lichtgeregeld kruispunt bedoeld. Bij deelnemers die voorafgaand aan drukmoment vier aan roodlichtnegatie doen, telt het moment van roodlichtnegatie. Bij deelnemers die de maximale wachttijd van het onderzoek acceptabel vinden (en dus niet vier keer drukken), wordt de maximale wachttijd gebruikt. De grootte van het effect wordt weergegeven aan de hand van een *Hazard Ratio (HR)*. Een *HR* van één geeft aan dat er geen verschil is in gevaar oftewel het optreden van het event. *HR* kan bekeken worden als een relatief risico. Onderstaand is een voorbeeldconclusie, ter verduidelijking. Hierbij is man als 0 en vrouw als 1 gedefinieerd.

‘Vrouwen hebben (significant) 40 procent minder kans om aan roodlichtnegatie te doen dan mannen.’  
[*HR* 0.6 (95% *CI*: 0.2 - 0.78);  $p=0.006$ ]

Voor de drie kruispuntsituaties (*baseline*, minder verkeer en sociale druk) in het onderzoek wordt er een cox regressie gedaan. Op deze manier kan er onderzocht worden of dat de invloed/het effect van de *between-subjects* factoren verschillen naargelang de drie kruispuntsituaties. Daarlangs kunnen de *hazard*grafiek en de *survival*grafiek voor de verschillende kruispuntsituaties ook vergeleken worden. Deze geven aan hoeveel procent van de deelnemers het roodlicht negeren naargelang de wachttijd verstrijkt. Onderstaand is een voorbeeldconclusie, ter verduidelijking.

‘Na 60 seconden wachttijd is er het risico dat 50 procent van de wachtende personen bij de *baseline* kruispuntsituatie het roodlicht negeren.’

Er zullen ook drie cox regressies van de verschillende drukmomenten plaatsvinden voor de gewone kruispuntsituatie. Zo kan er via de *survival*grafiek gekeken worden, hoe snel men van de ene mentale toestand (oftewel drukfase) naar de andere gaat.

Bij de cox regressie moet er rekening gehouden worden met één assumptie. Een cox regressie gaat uit van *proportional hazard*. De *HR* zouden dus constant moeten zijn over de tijd. Het risico van het eerste voorbeeld, dat vrouwen 40 procent minder kans hebben om aan roodlichtnegatie te doen, moet dus constant zijn over de volledige wachttijd. Om te testen of dit het geval is bij alle variabelen wordt er in een nieuwe cox regressieanalyse een tijdsafhankelijke variabele toegevoegd. Deze tijdsafhankelijke variabele mag niet significant bijdragen aan het model, dan is er voldaan aan de assumptie.

### 7.3.2 (Repeated measures) ANOVA

Aangezien de Cox regressie voornamelijk de *between-subjects* factoren onderzoekt, is het belangrijk om ook een andere analyse te doen die het effect van de *within-subjects* factor kan onderzoeken. Aan de hand van een *repeated measures* ANOVA kan er onderzocht worden of dat er een significant verschil

is in de gemiddelde maximale aanvaardbare wachttijd van de drie kruispuntsituaties. Verder kan er ook gekeken worden of dat de gemiddelde maximale wachttijden van de groepen van de *between-subjects* factoren significant verschillen.

Om een *repeated measures* ANOVA te mogen doen moet er voldaan worden aan drie voorwaarden. De afhankelijke variabele moet continu zijn, de herhaalde metingen moeten op vaste tijdstippen gebeuren en er mogen geen missende waarden zijn. In dit onderzoek is er voldaan aan deze drie voorwaarden. Zo is de afhankelijke variabele, de maximale aanvaardbare wachttijd, een continue variabele. De metingen worden op virtuele vaste tijdstippen afgelegd. Er zijn ten slotte ook geen missende variabelen, aangezien er voor de deelnemers die niet vier keer drukken een andere waarde/tijdstip wordt genomen (Zie deel 7.3.1).

Bij een *repeated measures* ANOVA moet er eerst gekeken worden naar de *Mauchly's test of sphericity*. Wanneer deze test van het model significant is, kan het model niet goed genoeg het verschil in variantie verklaren. De conclusies die getrokken worden uit het model moeten dus met een korreltje zout genomen worden. Dit aangezien de kans op een type 1 fout (=H<sub>0</sub> verwerpen, maar deze is waar) bij de analyses van de *within-subjects* factor en de *between-subjects* factoren dan groter is. Om dit te vermijden worden de *within-subjects* factor en de *between-subjects* factoren onderzocht op basis van de Greenhouse-Geisser correctie. Hierdoor wordt het resultaat van de *Mauchly's test of sphericity* eigenlijk overbodig.

Tijdens de analyse wordt er eerst gekeken naar de interactie-effecten van de *between-subjects* factoren met de *within-subjects* factor. Indien deze niet significant zijn kan er naar het hoofdeffect van de *within-subjects* factor gekeken worden. Indien er een interactie-effect significant is tussen een *between-subjects* factor en de *within-subjects* factor, zal deze *between-subjects* factor opgesplitst worden in zijn verschillende groepen. Op deze manier kan er per groep gekeken worden naar het hoofdeffect zonder dat er een interactie-effect is.

Onderstaand geeft twee mogelijke voorbeeldconclusies weer, ter verduidelijking.

'De gemiddelde maximale aanvaardbare wachttijd is significant verschillend tussen de verschillende kruispuntsituaties. Oftewel de maximale aanvaardbare wachttijd is afhankelijk van de kruispuntsituatie.'  
[F(1,741;15,672)=20,032, p= <0,001]

'De gemiddelde maximale aanvaardbare wachttijd is niet significant verschillend tussen de verschillende genders. Oftewel de maximale aanvaardbare wachttijd is niet afhankelijk van het gender.'  
[F(1,9)=3,672, p= 0,088]

In deze analyse is er geen rekening gehouden met het regressie/herhalings-effect van het onderzoek. Personen zullen namelijk, ongeacht de kruispuntsituatie, bij het tweede en derde lichtgeregeld kruispunt het wachten sneller beu zijn. Er wordt dus sowieso al een effect verwacht bij de *within-subjects* factor. Hiervoor is er gekozen om ook één ANOVA uit te voeren. Waarbij enkel de eerste kruispuntsituatie van de deelnemer, naast de *between-subjects* factoren, wordt onderzocht. Hierdoor is de factor kruispuntsituatie dus ook een *between-subjects* factor en is er geen *within-subjects* factor meer. Via deze ANOVA kan er gekeken worden of dat er ook een significant verschil is in de gemiddelde maximale aanvaardbare wachttijd bij enkel het eerste onderzochte kruispunt. Als dit het geval is, kan er met zekerheid geconcludeerd worden dat de kruispuntsituatie een effect heeft op de maximale wachttijdacceptatie.

### 7.3.3 Beschrijvende analyses

Tot slot worden er nog enkele beschrijvende analyses uitgevoerd. Ten eerste wordt er gekeken wat de gemiddelde maximale aanvaardbare wachttijd is BIBEKO en BUBEKO. Dit is namelijk noodzakelijk om de hoofdonderzoeksvraag te beantwoorden. Eveneens zal er gekeken worden naar het gemiddelde tijdstip van drukfases twee (vervelend) en drie (onaangenaam) (Zie Figuur 21). De gemiddelde maximale aanvaardbare wachttijd en de gemiddelde tijdstippen van drukfases twee en drie zullen ook bekeken worden zonder de BIBEKO-BUBEKO indeling.

Verder wordt er onderzocht of dat er een samenhang is tussen de verschillende drukfases met het gepercipieerde belang van verkeersveiligheid van de deelnemers. Er zal zo worden gekeken of dat personen die verkeersveiligheid belangrijk achten, een langere wachttijd accepteren dan personen die verkeersveiligheid minder belangrijk achten. Of dat net personen die verkeersveiligheid minder belangrijk achten, een langere wachttijd accepteren dan personen die verkeersveiligheid belangrijker achten. Eveneens zal er gekeken worden of dat er een samenhang is tussen de verschillende drukfases met het hoogst behaalde diploma van de deelnemers.

Vervolgens wordt de gemiddelde wachttijdperceptie vergeleken met de eigenlijke gemiddelde wachttijd. Op deze manier kan er bijvoorbeeld een volgende conclusie bekomen worden:

‘De gepercipieerde wachttijd is 1.29 keer de eigenlijke wachttijd.’

Uit de vragenlijst wordt er verder gekeken of dat de deelnemers de maximale wachttijden van fietsers korter, gelijk of langer verwachten dan de maximale wachttijden van de voetganger. Dit zal kwalitatief besproken worden, om een algemeen beeld te verkrijgen. Er wordt ook gekeken of dat deelnemers het acceptabel vinden als de wachttijd van fietsers en voetgangers worden verkort in het nadeel van de doorstroming van het gemotoriseerd verkeer.

## 8 Onderzoekshypothesen

Uit het literatuuronderzoek en het onderzoeksopzet heeft de onderzoeker enkele verwachtingen oftewel hypothesen over het onderzoeksresultaat. Het is belangrijk dat de onderzoeker deze vooringesteldheid duidelijk in beeld brengt. Om enerzijds zichzelf eraan te herinneren om objectief te blijven en anderzijds om deze hypothesen te kunnen vergelijken met het uiteindelijke onderzoeksresultaat.

De onderzoeker verwacht dat BIBEKO-deelnemers het wachten eerder beu zullen zijn en eerder aan roodlichtnegatie zullen doen dan BUBEKO-deelnemers. Dit ten eerste doordat voetgangers BIBEKO verwachten dat het voetgangersverkeerslicht sneller op groen springt. Ten tweede doordat er minder verkeer is in de BIBEKO-situatie, deelnemers zullen hierdoor sneller geneigd zijn om het roodlicht te negeren. Ten derde doordat de oversteekafstand BIBEKO kleiner is dan BUBEKO, waardoor het roodlicht negeren bij een kleine *gap* veiliger kan gebeuren. Op de volgende tijdstippen in Tabel 11 wordt er verwacht/geschat dat men gemiddeld drukt bij de bijhorende wachtervaring.

Tabel 11: Hypothesen van de gemiddelde tijdstippen van de verschillende wachtervaringen (Eigen tabel, 2022)

Wachtervaring	Gem. wachttijd BIBEKO (s)	Gem. wachttijd BUBEKO (s)
Vervelend (drukmoment 2)	20	30
Onaangenaam (drukmoment 3)	40	50
Ondraaglijk (drukmoment 4)	50	60

Het aantal gemotoriseerde voertuigen zal een negatieve invloed hebben op de hoeveelheid roodlichtnegaties en een positieve invloed hebben op de wachttijdacceptatie. M.a.w. des te meer voertuigen er zullen rondrijden in de virtuele omgeving des te minder roodlichtnegaties zullen voorkomen en des te langer men bereid is om te wachten. Het effect van andere wachtende virtuele personen aan de oversteekplaats zal hetzelfde effect hebben.

De onderzoeker verwacht dat mannen en jongeren eerder het wachten vervelend, onaangenaam en ondraaglijk vinden en meer het roodlicht zullen negeren. Al vraagt de onderzoeker zich wel af of dit een significant verschil gaat zijn. Daarnaast wordt er verwacht dat personen die verkeersveiligheid hoger in het vaandel dragen en een hoger diploma hebben behaald, het roodlicht minder (snel) zullen negeren.

De wachttijden van de fietser worden enkel via de vragenlijst bevraagd. Hierdoor zal het moeilijk zijn om een duidelijke conclusie te kunnen trekken, of dat de wachttijden van de voetgangers ook geschikt zijn voor de wachttijden van de fietser. Er wordt daardoor ook verwacht dat er geen duidelijk antwoord kan gegeven worden op deze deelonderzoeksvraag. Deelnemers zullen moeilijk kunnen inschatten of en hoeveel deze zouden moeten verschillen.

De eigenlijke gemiddelde wachttijd van de deelnemers zal worden overschat. Deelnemers zullen dus het gevoel hebben dat men langer heeft gewacht dan men in de werkelijkheid/tijdens het experiment heeft gewacht. De PWT aan lichtgeregelde kruispunten zal gelijk zijn aan 1.5 keer de AWT. Er wordt geen groot verschil verwacht in de PWT tussen de BIBEKO-situatie en de BUBEKO-situatie.



## 9 Onderzoeksproces

### 9.1 Rekrutering

De rekrutering is gestart op vrijdag 11 maart 2022 via de sociale mediakanalen van de student en van het Instituut voor Mobiliteit. De student heeft daarnaast contact opgenomen met de organisatie Voetgangersbeweging vzw om het onderzoek te promoten. In samenspraak met de organisatie is er afgesproken dat de student op dinsdag 5 april en dinsdag 12 april het onderzoek ook kan uitvoeren op het kantoor van Voetgangersbeweging vzw in Antwerpen (Berchem). Op dinsdag 15 maart 2022 heeft de Voetgangersbeweging vzw zijn communicatie opgestart. Via de Voetgangersbeweging vzw is het onderzoek ook gepromoot door het Netwerk Duurzame Mobiliteit. Verder heeft de student het onderzoek op vrijdag 25 maart 2022 laten promoten via de Fietsersbond Genk. Doorheen de rekruteringsperiode heeft de student via mond-tot-mondreclame ook zijn eigen kennissen gebruikt om het onderzoek te promoten.

De rekrutering is een niet-toevalssteekproef, elke eenheid in de populatie heeft namelijk geen gelijke en onafhankelijke kans om in de steekproef te worden geselecteerd. Enkel personen die de gebruikte communicatiekanalen kennen en kennissen van de student, hebben kans om geselecteerd te worden. Er is gekozen voor een combinatie van een quotasteekproef en een gelegenheidssteekproef. Er wordt enerzijds gekeken naar de leeftijdsgroep en het gender van de deelnemers, zodat het onderzoek over een goede deelnemersmix beschikt. Anderzijds wordt er gestopt met het zoeken naar deelnemers wanneer er vijftig deelnemers zich aangemeld hebben, waarbij dus de meeste gender- en leeftijdsgroepen vertegenwoordigd zijn. De onderzoekservaringen van het IMOB tonen aan dat het rekruteren van ongeveer vijftig deelnemers een haalbaar en geschikt aantal is. Uiteindelijk worden de deelnemers ook nog geclusterd in de BIBEKO-situatie of de BUBEKO-situatie.

Geïnteresseerde personen hebben via de communicatiekanalen een Google Form ingevuld om zich aan te melden voor het onderzoek. Daarbij moesten de deelnemers enkele socio-demografische vragen beantwoorden. Zo kan er nagegaan worden of bepaalde leeftijden en genders nog gerekruteerd moeten worden. De student stuurt vervolgens naar elke deelnemer een digitale kalender door waar de deelnemer kan aangeven welke momenten hij/zij aanwezig kan zijn. De deelnemer geeft aan welke momenten zijn eerste keuze, zijn tweede keuze en zijn derde keuze zijn. Eveneens geeft de deelnemer aan of hij/zij wil deelnemen in Diepenbeek of in Antwerpen. Moest de deelnemer niet aanwezig kunnen zijn op de beschikbare momenten, wordt er samen gekeken naar een geschikt moment in de avond of in het weekend. De student stuurt daarna door welk moment de deelnemer aanwezig mag zijn. De deelnemer (her-)bevestigt zijn deelname voor dat moment.

Op volgende onderstaande adressen konden de deelnemers terecht voor het onderzoek. Daarnaast heeft de student ook enkele onderzoeken uitgevoerd bij kennissen thuis.

- Instituut voor Mobiliteit, Wetenschapspark 5/bus 6, 3590 Diepenbeek
- Voetgangersbeweging vzw, Diksmuidelaan 303, 2600 Antwerpen (Berchem)

Op dinsdag 22, dinsdag 29 maart en vrijdag 8 april heeft de student zelf het onderzoek kunnen uitoefenen. Zo heeft de student zelf de praktische kennis om het onderzoek te beleven en het onderzoek (technisch) uit te voeren. De experimenten hebben plaatsgevonden tussen woensdag 30 maart en zondag 17 april. Een experiment duurt tussen de 30 en 40 minuten. Omwille van technische/praktische problemen en omwille van een klein aantal deelnemers in Antwerpen, is er uiteindelijk gekozen om geen experimenten af te leggen in het kantoor van de Voetgangersbeweging vzw.



Figuur 29: De onderzoeker in de onderzoeksruimte van het Instituut voor Mobiliteit (Eigen foto, 2022)

## 9.2 Representativiteit

Er hebben 57 personen deelgenomen aan het onderzoek. Tabel 12 geeft een overzicht over de representativiteit van de deelnemers. Om het Vlaamse gewest, met zijn 6.653.062 inwoners (Statbel, 2021), voldoende te vertegenwoordigen zouden er 385 deelnemers nodig zijn (foutenmarge 5%, *CI*: 95%) (CheckMarket, z.d.). Zoals eerder vermeld, wordt het rekruteren van ongeveer veertig-vijftig deelnemers binnen het Instituut voor Mobiliteit als haalbaar en geschikt beschouwd. De foutenmarge van dit onderzoek is hierdoor wel 12.98 procent (*CI*: 95%) (CheckMarket, z.d.). De gevonden resultaten moeten dus kritisch en voorzichtig bekeken worden.

Het vooropgestelde doel was om 25 deelnemers te hebben voor de BIBEKO-situatie en 25 deelnemers te hebben voor de BUBEKO-situatie. De clustering van de deelnemers in de BIBEKO- en BUBEKO-situatie is uiteindelijk niet willekeurig kunnen gebeuren (Zie deel 7.2.3). De BUBEKO-situatie is namelijk later als verwacht geprogrammeerd geweest, waardoor enkel deelnemers na 7 april in de BUBEKO-situatie ingedeeld konden worden. Doordat er al 31 deelnemers waren voor 7 april, is ervoor gekozen om alle andere deelnemers de BUBEKO-situatie te laten uitvoeren. De BUBEKO-situatie kent met 26 deelnemers, net één deelnemer meer dan het minimaal aantal vooropgestelde deelnemers. Hierdoor is er dus geen evenwicht in het aantal deelnemers tussen de BIBEKO-situatie (54%) en de BUBEKO-situatie (46%), en is er ook geen gelijke verdeling in gender tussen de BIBEKO-situatie en de BUBEKO-situatie.

Tabel 12: Indeling van de deelnemers naar gender, leeftijdscategorie en BIBEKO-BUBEKO-situatie

Leeftijd/gender	Man		Vrouw		Totaal	
	BIBEKO	BUBEKO	BIBEKO	BUBEKO	BIBEKO	BUBEKO
18-29	6 (10.53)	8 (14.04)	5 (8.77)	4 (7.02)	11 (19.30)	12 (21.05)
30-39	1 (1.75)	3 (5.26)	3 (5.26)	1 (1.75)	4 (7.02)	4 (7.02)
40-49	1 (1.75)	0 (0)	1 (1.75)	1 (1.75)	2 (3.51)	1 (1.75)
50-59	8 (14.04)	3 (5.26)	3 (5.26)	3 (5.26)	11 (19.30)	6 (10.53)
60-69	1 (1.75)	1 (1.75)	2 (3.51)	2 (3.51)	3 (5.26)	3 (5.26)
Totaal	17 (29.83)	15 (26.32)	14 (24.56)	11 (19.30)	31 (54.39)	26 (45.61)

Tijdens het rekruteren van de deelnemers is er getracht om elke leeftijdsgroep en gender te vertegenwoordigen. Zo goed als alle groepen zijn dan ook vertegenwoordigd, enkel een veertigjarige man voor de BUBEKO-situatie is niet gevonden. Eveneens zijn enkel de genders man en vrouw vertegenwoordigd. Waarvan 44 procent van de deelnemers vrouwen zijn en 56 procent van de

deelnemers mannen zijn. Terwijl in Vlaanderen 51 procent vrouw is en 49 procent man is (Statbel, 2021). Uit Tabel 13 mag er geconcludeerd worden dat de steekproefgenderverdeling niet significant verschillend is van de populatie (Vlaams Gewest). De genderverdeling is dus representatief voor de populatie [ $X^2(1)= 1,163$ ;  $p= 0,281$ ].

Tabel 13: Chikwadraattoets gender (steekproef t.o.v. populatie) (Statbel, 2021)

Gender				Statistieken	
	Observed N	Expected N	Residual	Gender	
Man	32	28	4	Chi-Square	1,163 <sup>a</sup>
Vrouw	25	29	-4	df	1
Totaal	57			Asymp. Sig.	0,281
				a. 0 cells (0,0%) have expected frequencies less than 5. The minimum expected cell frequency is 27,9.	

Alle leeftijdsgroepen zijn in het onderzoek vertegenwoordigd. De verdeling van de leeftijdsgroepen in de BIBEKO- en BUBEKO-situatie is vrijwel gelijk (Zie Tabel 12). Enkel bij de vijftigjarigen is er een beduidend verschil met elf deelnemers in de BIBEKO-situatie (65%) en met zes deelnemers in de BUBEKO-situatie (35%). Een uitgevoerde Chikwadraattoets [ $X^2(1)= 1,471$ ;  $p= 0,225$ ] geeft wel aan dat dit geen significant verschil is vergeleken met de gewenste/verwachte 50-50-procentverdeling. Dit betekent dus ook dat de verschillen van de andere leeftijdsgroepen tussen de BIBEKO- en BUBEKO-situatie ook niet significant verschillend zijn t.o.v. de gewenste 50-50-procentverdeling.

De leeftijdsgroepen ‘18 tot en met 29 jaar’ en de vijftigjarigen zijn vergeleken met de andere leeftijdsgroepen wel oververtegenwoordigd met respectievelijk 40 procent en 30 procent van het totaal aantal deelnemers. In Tabel 14 valt dit eveneens op, daaruit blijkt ook dat de dertigjarigen, de veertigjarigen en de zestigjarigen ondervertegenwoordigd zijn vergeleken met de populatie. Uit onderstaande statistische analyse wordt er geconcludeerd dat deze steekproefverdeling significant verschillend is van de verwachte verdeling, namelijk de populatieverdeling. De leeftijdsgroepverdeling is dus niet representatief voor de populatie [ $X^2(4)= 20,856$ ;  $p= 0,00034$ ].

Tabel 14: Chikwadraattoets leeftijdsgroep (steekproef t.o.v. populatie) (Statbel, 2021)

Leeftijdsgroep				Statistieken	
	Observed N	Expected N	Residual	Leeftijdsgroep	
18-29 jaar	23	12	11	Chi-Square	20,856 <sup>a</sup>
30-39 jaar	8	11	-3	df	4
40-49 jaar	3	11	-8	Asymp. Sig.	0,00034
50-59 jaar	17	12	5	a. 0 cells (0,0%) have expected frequencies less than 5. The minimum expected cell frequency is 10,7.	
60-69 jaar	6	11	-5		
Totaal	57				

Aangezien het onderzoeksgebied het Vlaams Gewest is, is het belangrijk om te controleren of dat alle Vlaamse provincies vertegenwoordigd zijn in het onderzoek. Uit de statistische analyse van Tabel 15 blijkt dat de steekproef significant verschillend is van de populatie [ $X^2(5)= 610394,906$ ;  $p= <0,001$ ].

Deze conclusie viel te verwachten aangezien er een oververtegenwoordiging is van Limburgse deelnemers. Verder zijn er geen enkele deelnemers van West-Vlaanderen en Vlaams-Brabant. Dit valt te verklaren doordat het onderzoek voornamelijk in Limburg heeft plaatsgevonden. In het onderzoek zijn er ook zes personen van buiten het Vlaams Gewest. Dit zijn personen uit het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, uit de provincie Luik of uit de Nederlandse provincie Limburg. Zoals eerder aangegeven worden deze personen ook opgenomen in het onderzoek, aangezien deze personen de Vlaamse wegen (dagelijks) gebruiken.

Tabel 15: Chikwadraattoets provincie (steekproef t.o.v. populatie) (Statbel, 2021)

Provincie			Residual	Statistieken	
	Observed N	Expected N		Chi-Square	Provincie
West-Vlaanderen	0	11	-11	610394,906 <sup>a</sup>	
Oost-Vlaanderen	1	14	-13	df	5
Antwerpen	3	17	-14	Asymp. Sig.	0,000
Vlaams-Brabant	0	10	-10	a. 1 cells (16,7%) have expected frequencies less than 5. The minimum expected cell frequency is ,0.	
Limburg	47	8	39		
Andere	6	0,0	6,0		
Totaal	57				

### 9.3 Validiteit

Om rekening te houden met het regressie-effect, oftewel het herhalings-effect, zijn er verschillende kruispuntvolgordes gebruikt. Er wordt namelijk verwacht dat personen bij het tweede en derde kruispunt het wachten sneller moe zullen zijn, ongeacht de *within-subject* factor. Door dit *blockdesign* is elk kruispuntsituatie afwisselend het eerste, tweede en derde kruispunt. Om het regressie-effect gelijk te verdelen over de verschillende volgordes, is het belangrijk dat elke volgorde evenveel gebruikt wordt. Tabel 16 geeft de (procentuele) verdeling weer van het gebruik van de verschillende kruispuntvolgordes. Doorheen het onderzoek is er met blokken van vier gewerkt. Dit wil zeggen dat de eerste vier deelnemers kruispuntvolgorde 1 kregen, de vier volgende deelnemers kruispuntvolgorde 2, enzovoort. Wanneer alle kruispuntvolgordes over vier deelnemers beschikken, wordt er daarna bij elk kruispuntvolgorde één deelnemer extra toegevoegd. Het valt op dat kruispuntvolgorde 6 niet gebruikt is geweest bij de BIBEKO-situatie. Omwille van een technisch probleem is deze niet gebruikt kunnen worden. Er is daarom gekozen om vier extra deelnemers bij kruispuntvolgorde 3 toe te voegen, aangezien deze ook de kruispuntsituatie ‘sociale druk’ als eerste kruispuntsituatie heeft.

Tabel 16: Aantal en percentage deelnemers naargelang de kruispuntvolgorde (Eigen tabel, 2022)

Volgordenummer	Kruispuntvolgorde	BIBEKO (%)	BUBEKO (%)	Totaal (%)
1	Baseline, minder verkeer, so.dr.	6 (10,53)	5 (8,77)	11 (19,30)
2	Minder verkeer, so.dr., baseline	6 (10,53)	5 (8,77)	11 (19,30)
3	So.dr., baseline, minder verkeer	9 (15,79)	4 (7,02)	13 (22,81)
4	Baseline, so.dr., minder verkeer	5 (8,77)	4 (7,02)	9 (15,79)
5	Minder verkeer, baseline, so.dr.	5 (8,77)	4 (7,02)	9 (15,79)
6	So.dr., minder verkeer, baseline	0 (0)	4 (7,02)	4 (7,02)
Totaal	Alle volgordes	31 (54,39)	26 (45,61)	57 (100)

Uit de Chikwadraattoets van Tabel 17 kan geconcludeerd worden dat het uiteindelijke gebruik van de kruispuntvolgordes niet significant verschillend is van de vooropgestelde en verwachte gelijke verdeling van alle kruispuntvolgordes [ $X^2(5) = 5$ ;  $p = 0,416$ ].

Tabel 17: Chikwadraattoets kruispuntvolgorde (steekproef t.o.v. verwachte gelijke verdeling) (Eigen tabel, 2022)

Kruispuntvolgorde				Statistieken	
	Observed N	Expected N	Residual		Kruispuntvolgorde
Baseline, minder verkeer, so.dr.	11	9,5	1,5	Chi-Square	5,000 <sup>a</sup>
Minder verkeer, so.dr., baseline	11	9,5	1,5	df	5
So.dr., baseline, Minder verkeer	13	9,5	3,5	Asymp. Sig.	0,416
Baseline, so.dr., minder verkeer	9	9,5	-0,5	a. 0 cells (0,0%) have expected frequencies less than 5. The minimum expected cell frequency is 9,5.	
Minder verkeer, baseline, so.dr.	9	9,5	-0,5		
So.dr., minder verkeer, baseline	4	9,5	-5,5		
Totaal	57				

Verder kan de virtuele realiteit zorgen voor verschillende fysieke en mentale ongemakken. Wanneer een deelnemer te veel last heeft van deze ongemakken, zullen zijn onderzoeksresultaten niet (meer) betrouwbaar zijn. De deelnemer kan namelijk bewust afwijken van zijn/haar werkelijk gedrag om het onderzoek sneller te stoppen. Anderzijds kan een deelnemer ook onbewust sneller afwijken van zijn/haar werkelijk gedrag, doordat de deelnemer meer gefocust is op het ‘niet ziek worden’ in plaats van het onderzoek zelf. In deel 7.2.4 ‘Vragenlijst’ is er gekozen om deelnemers die na het onderzoek een score zeven of hoger aangeven op de MISC, niet in rekening te nemen in de onderzoeksresultaten.

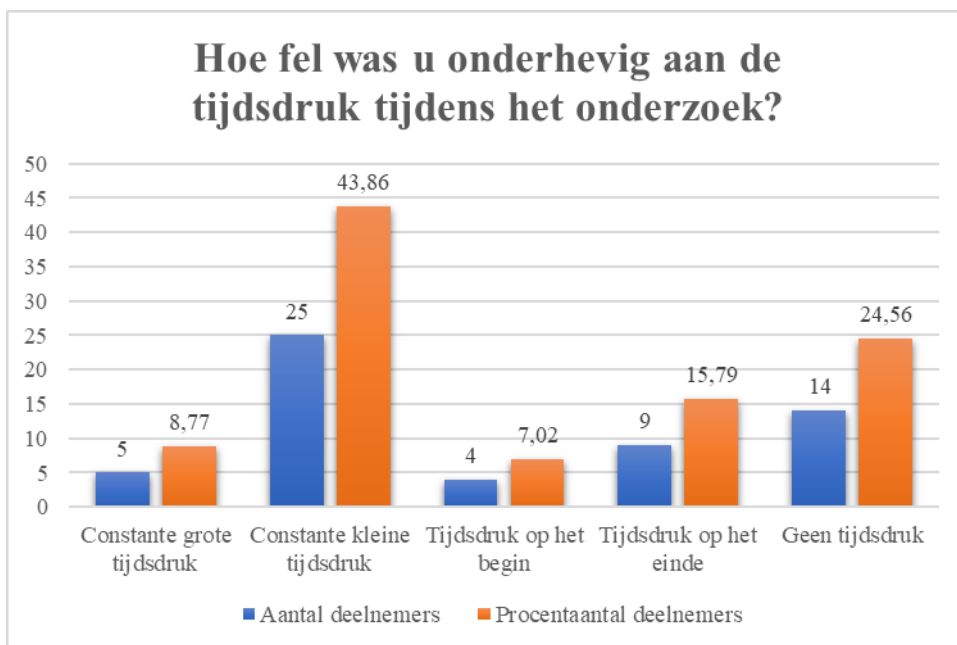
Uit Tabel 18 kan er geconcludeerd worden dat alle resultaten bruikbaar zijn, en niet verwijderd moeten worden omwille van een te hoge MISC-score. De hoogst aangegeven score is een vijf. Deze personen hadden één of enkele symptomen (vrij) ernstig, maar konden nog hun werkelijk en geloofwaardig gedrag vertonen doorheen het onderzoek. Ongeveer 58 procent van de deelnemers hadden geen specifieke symptomen (MISC-scores 0 en 1). Dit betekent dat ongeveer 42 procent van de deelnemers één of meerdere symptomen hadden, en zich dus niet helemaal oké voelden. Deze personen kregen tussen het experiment en de vragenlijst de tijd om te bekomen.

Tabel 18: MISC-scores van de deelnemers (Eigen tabel, 2022)

Symptomen	Ernst symptomen	MISC	# deelnemers (%)
Geen problemen/symptomen		0	22 (38,60)
Ongemakkelijk, maar geen specifieke symptomen		1	11 (19,30)
Duizeligheid, hoofdpijn, zweten, wazig zicht, vermoeidheid, oprispingen... maar niet misselijk	Vaag	2	7 (12,28)
	Weinig	3	6 (10,53)
	Tamelijk	4	7 (12,28)
	Ernstig	5	4 (7,02)
Misselijk	Vaag	6	0
	Weinig	7	0
	Tamelijk	8	0
	Ernstig	9	0
Braken		10	0

Aan de deelnemers is er ook gevraagd om het experiment met een bepaalde *mindset* uit te voeren. De deelnemers moesten in gedachten houden dat men op tijd moest zijn op de werkplek of de schoolplek. Op deze manier is de tripkarakteristiek voor iedereen hetzelfde, en zal deze slechts een kleine invloed hebben op het resultaat. Daarnaast is het belangrijk om de maximale wachttijden voor voetgangers (en fietsers) af te stemmen op de ‘gevaarlijkste’ doelgroep. Namelijk voetgangers (en fietsers) die gehaast zijn en hierdoor het roodlicht sneller beu zijn en het roodlicht sneller zullen negeren.

Figuur 30 geeft een beeld over de ervaren tijdsdruk van de deelnemers doorheen het experiment. Ongeveer 53 procent van de deelnemers ervaren doorheen het volledige onderzoek één of andere vorm van tijdsdruk. Deze personen hebben de *mindset* dus weldegelijk in acht genomen. Een vierde van het aantal deelnemers ervoeren echter geen tijdsdruk doorheen het volledige onderzoek. Bijna 23 procent van de deelnemers ervoeren enkel tijdsdruk gedurende het begin of het einde van het experiment. Er kan dus geconcludeerd worden dat de onderzoeksresultaten een mix zijn van gehaaste, minder gehaaste, niet gehaaste personen. Ondanks dat dit niet het oorspronkelijke doel was, geeft dit wel een valide en representatief beeld weer over verschillende soorten voetgangers op Vlaamse wegen.



Figuur 30: Tijdsdruk van de deelnemers tijdens het experiment (Eigen figuur, 2022)

Tabel 19 geeft de gemiddelde scores en de standaarddeviaties weer van de stellingen over de ecologische validiteit van de onderzoeksmethode. De scores zijn gemiddelde scores gebaseerd op een vijfpunten Likertschaal (Zie deel 7.2.4 ‘Vragenlijst’). De deelnemers scoren de onderzoeksmethode als goed ( $M= 3,86$ ;  $SD= 0,59$ ). Hieruit kan besloten worden dat de onderzoeksmethode geschikt en valide is. Deelnemers vinden over het algemeen dat de onderzoeksmethode, namelijk de virtuele omgeving, de echte wereld goed benaderd. Eveneens vinden de deelnemers dat men de onderzoeksmethode beheerst.

Wanneer er specifiek wordt gekeken naar de vier verschillende VRPQ-thema’s valt het op dat het thema ‘betrokkenheid’ slechter scoort dan de andere drie thema’s ( $M= 3,31$ ;  $SD= 0,62$ ). Deelnemers vonden dus dat er (te) weinig activiteiten plaatsvonden, en dat dit het realisme verminderde. Het valt namelijk op dat de stelling ‘de omgeving is responsief voor uitgevoerde handelingen’ ( $M= 3,14$ ;  $SD= 0,91$ ), slechter beoordeeld wordt dan alle andere stellingen. Enerzijds kan dit te verklaren zijn doordat de deelnemers inderdaad weinig handelingen moeten uitvoeren. Anderzijds kan dit verklaard worden



door onrealistische handelingen zoals: het kunnen wandelen door een bank, een virtuele voetganger die bij groenlicht niet oversteekt... Ondanks dat deze stelling slechter beoordeeld wordt, wordt de stelling wel nog altijd positief beoordeeld.

De gemiddelde scores van de andere VRPQ-thema's liggen rond de vier (op vijf). De zintuiglijke getrouwheid, de onderdompeling en de interfacekwaliteit worden dus als goed beoordeeld. Bij de onderdompeling moet er wel rekening gehouden worden met een mogelijke overschatting van de eigen vaardigheden. De stelling 'Ik was bekwaam in het bewegen en omgaan met de virtuele omgeving' wordt dan ook als één van de beste beoordeeld ( $M= 4,16$ ;  $SD= 0,94$ ). Eveneens geeft dit aan dat de trainingssessie geslaagd is.

Bij de stelling 'Ik kon geluiden identificeren' ( $M= 3,68$ ;  $SD= 1,30$ ) wordt de grootste standaarddeviatie opgemerkt. Dit valt te verklaren door drie factoren. Ten eerste doordat de eerste zes deelnemers geen geluiden konden waarnemen, aangezien de geluidseffecten in een latere versie zijn toegevoegd. Ten tweede doordat de *speakers* van de *headset* in sommige gevallen te ver van de oren stonden. Dit was voornamelijk het geval bij vijftigers en zestigers, die mogelijks een slechter gehoor hebben. Ten derde kan dit zijn doordat sommige personen erg gefocust zijn op de te uit te voeren handelingen, waardoor de focus op geluidsprikkels verminderde.

Tabel 19: Ecologische validiteit (Eigen figuur, 2022)

Ecologische validiteit								
Score individuele stellingen	Gemiddelde	Std. deviatie	Score VRPQ-thema's	Gemiddelde	Std. deviatie	Totale score	Gemiddelde	Std. deviatie
De ervaring in de virtuele omgeving komt overeen met uw ervaring in de echte wereld	3,47	0,87	Betrokkenheid	3,31	0,62	Totale beoordeling van de stellingen	3,86	0,59
De omgeving is responsief voor uitgevoerde handelingen	3,14	0,91						
Objecten konden vanuit meerdere richtingen herkend worden	4,42	0,68	Zintuiglijke getrouwheid	4,05	0,85			
Ik kon geluiden identificeren	3,68	1,30						
Ik was bekwaam in het bewegen en omgaan met de virtuele omgeving	4,16	0,94	Onderdompeling	4,11	0,91			
Ik voelde me snel aangepast aan de virtuele omgeving	4,05	1,01						
Er was geen vertraging tussen uw acties en de verwachte resultaten	4,04	1,03	Interfacekwaliteit	3,96	0,73			
De kwaliteit van de visuele weergave hinderde of leidde u niet af tijdens het onderzoek	3,88	0,93						



## 10 Onderzoeksresultaten

### 10.1 Cox regressie

#### 10.1.1 Assumptietest

Vooraleer de Cox regressie uitgevoerd mag worden, moet er eerst getest worden op de *proportional hazard* assumptie (Zie deel 7.3.1). Uit Tabel 20 kan er gezien worden dat de drie verschillende modellen, namelijk de drie kruispuntsituaties, niet significant zijn. Dit wil zeggen dat de assumptie gevolgd wordt. Het relatieve risico op roodlichtnegatie is dus constant over de tijd, oftewel de *between-subjects* factoren zijn niet tijdsafhankelijk.

Tabel 20: Assumptietest van de Cox regressie (Eigen tabel, 2022)

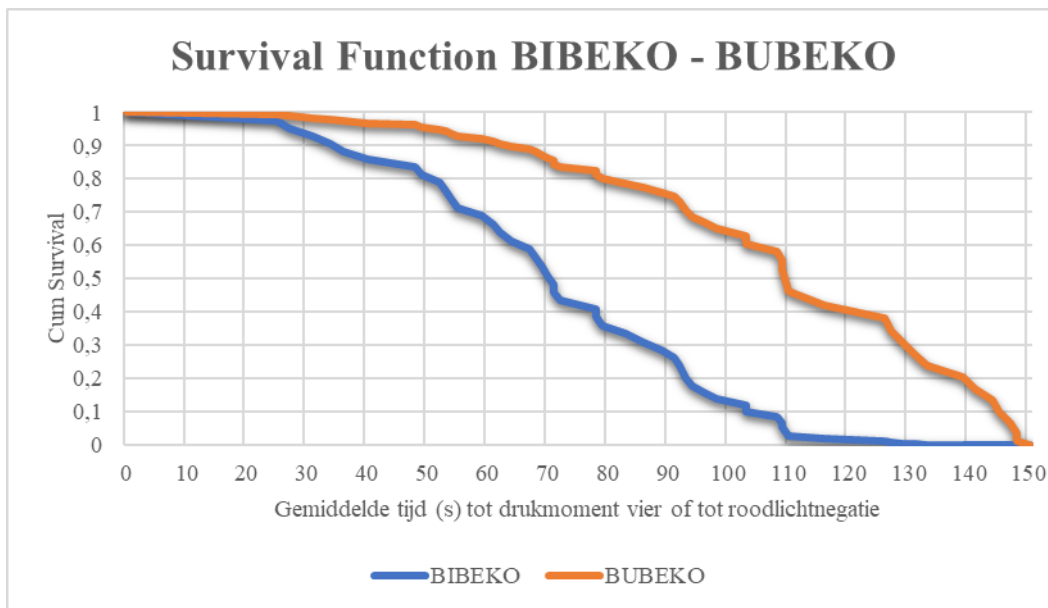
Test of model coëfficiënten (met tijdsafhankelijke Factor): verandering t.o.v. vorige stap (geen tijdsafhankelijke factor)		
Kruispuntsituatie: baseline		
Chi-square	df	Sig.
5,032	6	0,540
Kruispuntsituatie: minder verkeer		
Chi-square	df	Sig.
11,018	6	0,088
Kruispuntsituatie: sociale druk		
Chi-square	df	Sig.
12,133	6	0,059

#### 10.1.2 Roodlichtnegatie

##### *BUBEKO t.o.v. BIBEKO*

Tabel 25 in de bijlage ‘Hazard ratios’ geeft de *hazard ratios* weer voor de verschillende *between-subjects* factoren bij de verschillende kruispuntsituaties. Bij alle drie de kruispuntsituaties is het verschil tussen BIBEKO en BUBEKO significant. Er is een significant grotere kans dat personen het roodlicht negeren in de BIBEKO-situatie dan in de BUBEKO-situatie. In de ‘*baseline*’ kruispuntsituatie heeft de BIBEKO-situatie 77,1 procent meer kans op roodlichtnegatie dan de BUBEKO-situatie [*HR* 0.229 (95% *CI*: 0,109 - 0,481);  $p=0.0001$ ]. In de ‘*baseline*’ kruispuntsituatie is de BIBEKO-situatie dus veel gevaarlijker dan de BUBEKO-situatie. Bij de andere kruispuntsituaties geldt dit dus ook, al is dit effect minder groot. In de ‘minder verkeer’ kruispuntsituatie is dit 72,8 procent [*HR* 0.272 (95% *CI*: 0,138 - 0,538);  $p=0.0002$ ] en in de ‘sociale druk’ kruispuntsituatie is dit 60,8 procent [*HR* 0.392 (95% *CI*: 0,202 - 0,761);  $p=0.006$ ]. Dit effect valt ook af te leiden uit de coëfficiënt bèta van Tabel 25. Des te negatiever de bèta, des te groter het negatief effect. Een grotere negatieve waarden geeft dus een langere wachtbereidheid weer, in dit geval voor de BUBEKO-situatie. Over de drie kruispuntsituaties heen is de gemiddelde kans dat een persoon het roodlicht negeert BIBEKO 70,2 procent groter dan BUBEKO.

Figuur 31 geeft via de *survival function* weer hoeveel procent van de wachtende personen blijft wachten naargelang de tijd vordert. Hier valt ook op dat personen in een BUBEKO-situatie langer blijven wachten dan personen in een BIBEKO-situatie. 20 procent van de wachtende personen zullen het roodlicht negeren na 50 seconden in de BIBEKO-situatie en na 80 seconden in de BUBEKO-situatie. De helft van de voetgangers zullen het roodlicht negeren na respectievelijk 70 seconden en 110 seconden.



Figuur 31: Survival function BIBEKO – BUBEKO (Eigen figuur, 2022)

Na 110 seconden in de BIBEKO-situatie en na 150 seconden in de BUBEKO-situatie zou elke voetganger het roodlicht genegeerd hebben. Dit is echter niet correct. Er wordt namelijk een vertekend beeld gecreëerd op het einde van deze grafiek (en volgende grafieken), dit doordat de deelnemers slechts maximaal tot deze tijdstippen konden wachten. In principe zouden deze curves ook nog na 110 seconden en 150 seconden doorlopen, al zijn hier geen gegevens over.

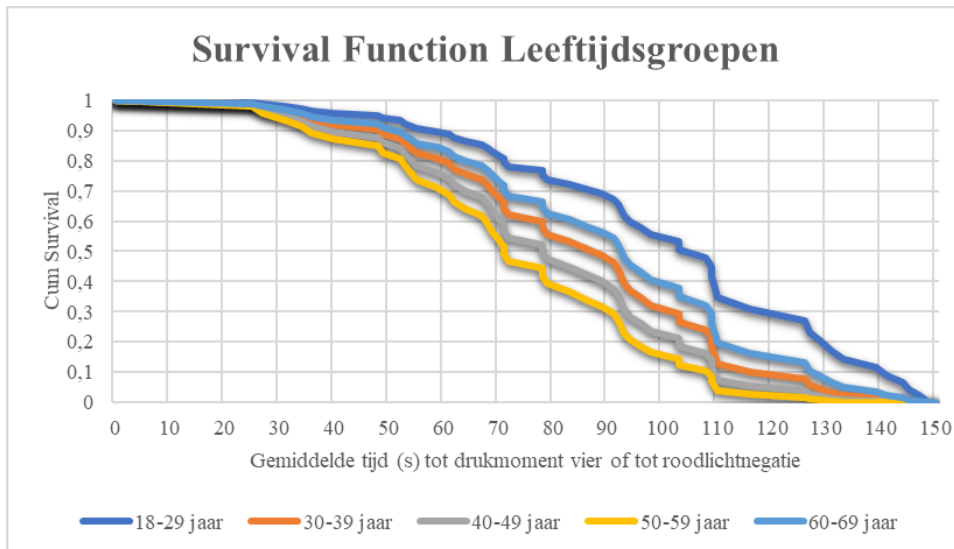
### Leeftijd

Gekeken naar het leeftijdseffect valt het op dat er slechts twee verschillen significant zijn (Zie Tabel 25). Namelijk het verschil in roodlichtnegatie tussen de jongste leeftijdsgroep en de leeftijdsgroep 50-59 jaar bij de kruispuntsituaties ‘baseline’ en ‘minder verkeer’. Vijftigers hebben 3,6 keer meer kans om het roodlicht te negeren dan de 18 tot 29-jarigen in de ‘baseline’ kruispuntsituatie [*HR* 3,615 (95% *CI*: 1,765 – 7,406); *p*=0.0004]. Bij de kruispuntsituatie ‘minder verkeer’ is deze kans 2,5 keer groter [*HR* 2,516 (95% *CI*: 1,263 – 5,016); *p*=0.009]. Bij de kruispuntsituatie ‘sociale druk’ is deze kans dus niet significant verschillend. Al wordt er wel verwacht dat vijftigers 30 procent meer kans hebben om het roodlicht te negeren dan de jongste leeftijdsgroep [*HR* 1,306 (95% *CI*: 0,684 – 2,492); *p*=0.419].

Bij de andere leeftijdsgroepen zijn er dus geen significante verschillen op te merken vergeleken met de kans op roodlichtnegatie bij de 18 tot 29-jarigen. Dit valt deels te verklaren doordat er te weinig respondenten zijn in deze leeftijdsgroepen. Er kan uit Tabel 25 en Figuur 32 wel opgemerkt worden dat deze leeftijdsgroepen het roodlicht ook sneller zullen negeren dan de jongste leeftijdsgroep. Uit Figuur 32 valt op dat de jongste en de oudste leeftijdsgroep de grootste wachttijdacceptatie hebben. 20 procent van de 18 tot 29-jarigen zullen het roodlicht negeren na ongeveer 70 seconden, en bij de zestigers is dit na 65 seconden. Bij de 30-39-jarigen, bij de 40-49-jarigen en bij de 50-59-jarigen is dit respectievelijk ongeveer 60, 55 en 50 seconden. Dit verschil vergroot naar gelang de tijd vordert. Zo zullen de helft van de 18-29-jarigen na 105 seconden het roodlicht negeren. Bij de 30-39-jarigen, bij de 40-49-jarigen, bij de 50-59-jarigen en bij de 60-69-jarigen is dit respectievelijk ongeveer 85, 80, 70 en 95 seconden.

Een ander opvallend gegeven uit Tabel 25 is dat zestigers bij de kruispuntsituatie ‘sociale druk’ een kleinere *hazard ratio* kennen dan de jongste leeftijdsgroep [*HR* 0,923 (95% *CI*: 0,364 – 2,340); *p*=0.866]. Zestigers hebben hier 7.7 procent minder kans om het roodlicht te negeren dan de jongste

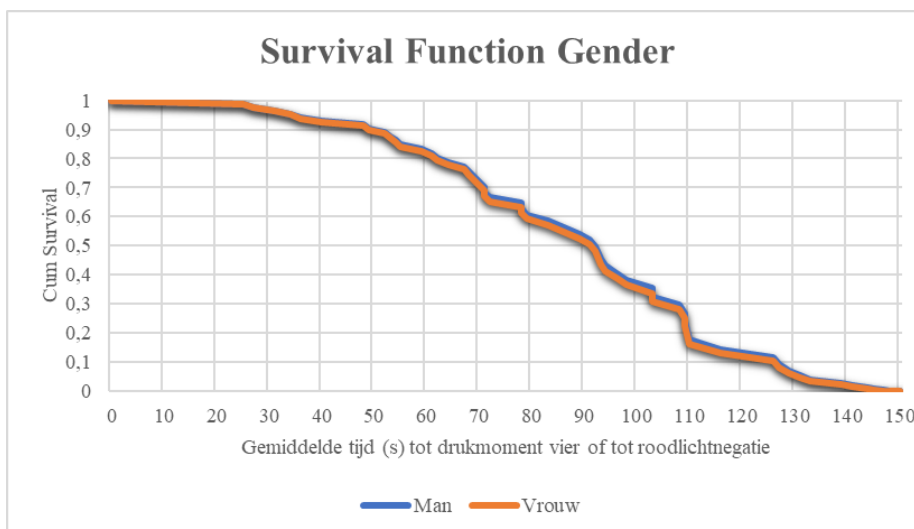
leeftijdsgroep. Mogelijks kan dit een teken zijn dat zestigers meer onderhevig zijn aan de sociale druk, die gecreëerd wordt door de aanwezigheid van een andere persoon. Al moet er met deze conclusie opgepast worden, aangezien het effect niet significant is.



Figuur 32: Survival function leeftijdsgruppen (Eigen figuur, 2022)

### Gender

Bij de drie kruispuntsituaties worden er geen significante verschillen opgemerkt in roodlichtnegatie tussen mannen en vrouwen (Zie Tabel 25). Figuur 33 geeft dit ook duidelijk weer. Uit deze figuur kan geconcludeerd worden dat mannen niet een grotere wachttijdacceptatie hebben dan vrouwen. De *hazard ratios* voor de kruispuntsituaties ‘baseline’ [*HR* 1,351 (95% *CI*: 0,736 – 2,480);  $p=0.331$ ] en ‘minder verkeer’ [*HR* 1,055 (95% *CI*: 0,610 – 1,824);  $p=0.849$ ], uit Tabel 25, geven dit ook aan. Opvallend is dat er wordt verwacht dat vrouwen bij de kruispuntsituatie ‘sociale druk’ het roodlicht minder snel negeren dan mannen [*HR* 0,749 (95% *CI*: 0,430 – 1,305);  $p=0.308$ ]. Mannen hebben 25,1 procent meer kans om het roodlicht te negeren dan vrouwen bij de aanwezigheid van een ander wachtende persoon. Vrouwen vinden het dus waarschijnlijk minder erg om te moeten wachten, wanneer een andere persoon ook staat te wachten. Mogelijks zijn vrouwen meer onderhevig aan de sociale druk.



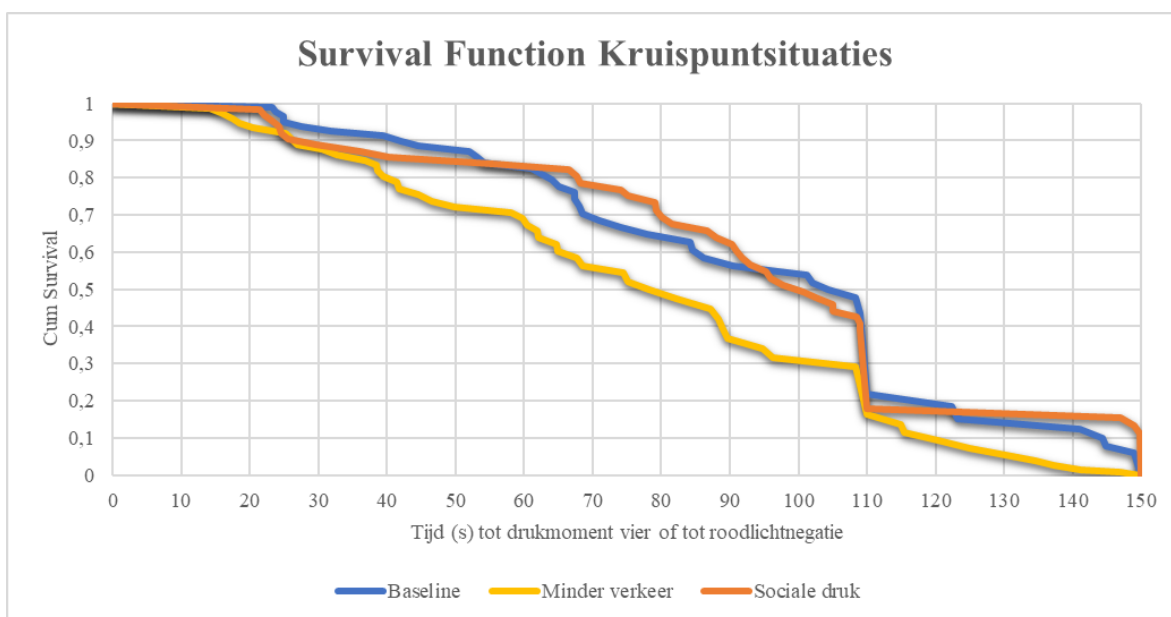
Figuur 33: Survival function gender (Eigen figuur, 2022)

### Kruispuntsituaties

De cox regressie kan geen statistische resultaten geven voor de *within-subjects* factor. Om de significantie van deze factor te testen, wordt er in het volgende deel een *repeated measures* ANOVA uitgevoerd. De cox regressie kan wel een *survival- en hazard function* als uitkomst weergeven. Dit geeft al een eerste beeld over het verschil tussen de drie kruispuntsituaties.

Uit Figuur 34 kan er gezien worden dat de kruispuntsituatie ‘minder verkeer’ aanmerkelijk een lagere *survival rate* heeft dan de ‘baseline’ kruispuntsituatie. Over het algemeen kan er gezegd worden dat de kruispuntsituatie ‘minder verkeer’ een *survival rate* heeft die 10 à 20 procent kleiner is dan de *survival rate* voor de kruispuntsituatie ‘baseline’. Personen negeren het roodlicht dus sneller bij minder verkeer. Zo negeert 20 procent van de voetgangers het roodlicht na 40 seconden bij de kruispuntsituatie ‘minder verkeer’ en na 60 seconden bij de kruispuntsituatie ‘baseline’. Na 80 seconden bij de kruispuntsituatie ‘minder verkeer’ en na 105 seconden bij de kruispuntsituatie ‘baseline’ negeert 50 procent van de wachtende voetgangers het roodlicht.

Het (beschrijvend) effect tussen de kruispuntsituaties ‘baseline’ en ‘sociale druk’ is minder eenduidig. Op het begin en op het einde van de wachttijd negeren voetgangers bij de aanwezigheid van een ander persoon het roodlicht even snel of sneller dan wanneer men alleen moet wachten. Enkel wanneer de wachttijd tussen de 60 seconden en 90 seconden is, negeren voetgangers minder snel het roodlicht bij de aanwezigheid van een ander wachtend persoon. De *survival rate* bij de kruispuntsituatie ‘sociale druk’ is dan meestal tussen de 5 à 10 procent hoger. Zo negeert 30 procent van de voetgangers bij de kruispuntsituatie ‘baseline’ het roodlicht na 70 seconden. Bij de kruispuntsituatie ‘sociale druk’ is dit na 70 seconden ongeveer 20 procent van de wachtende voetgangers.

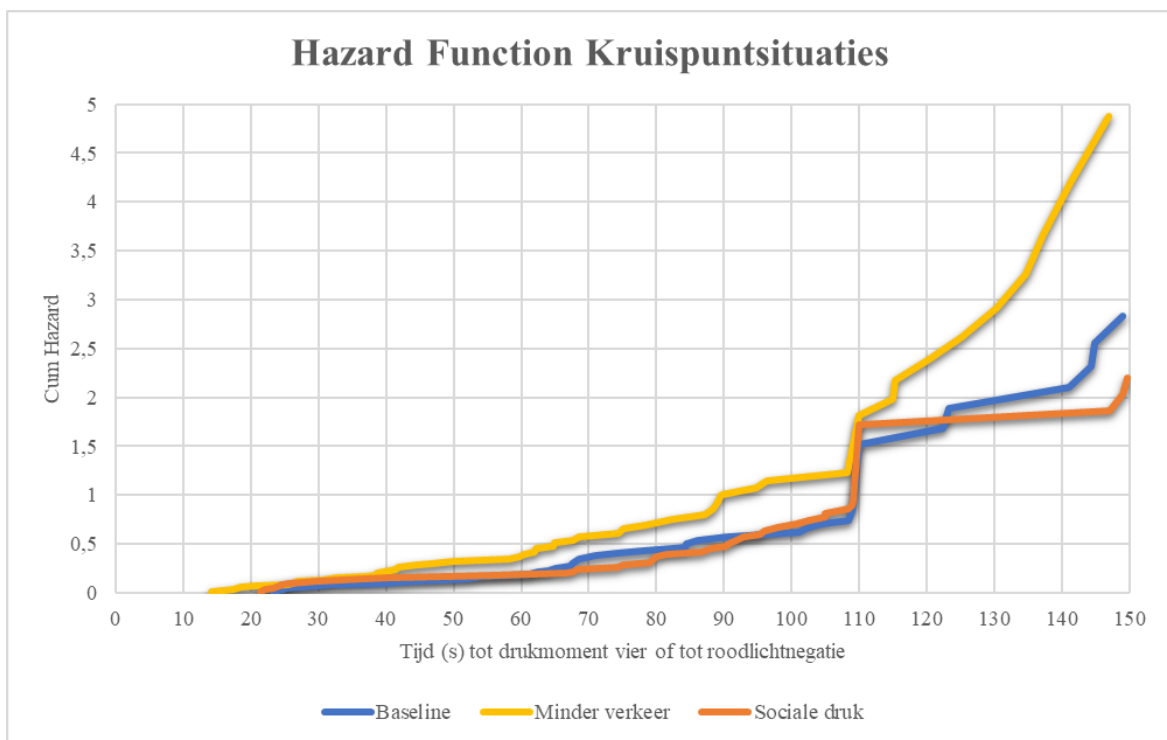


Figuur 34: Survival function van de kruispuntsituaties (Eigen figuur, 2022)

Figuur 35 geeft hetzelfde weer vanuit een andere invalshoek. Deze figuur laat ook zien dat de kans op roodlichtnegatie bij de kruispuntsituatie ‘minder verkeer’ hoger is dan bij de kruispuntsituaties ‘baseline’ en ‘sociale druk’. Tussen de kruispuntsituaties ‘baseline’ en ‘sociale druk’ is er geen duidelijk effect waarneembaar. In deze twee kruispuntsituaties is het risico op roodlichtnegatie na 110 seconden gelijk aan één. Dit risico is na 130 seconden voor de kruispuntsituatie ‘baseline’ en na 150 seconden voor de kruispuntsituatie ‘sociale druk’ verdubbelt. Oftewel het risico op roodlichtnegatie verdubbelt na

respectievelijk 20 en 40 seconden. Hieruit blijkt dat de aanwezigheid van een ander wachtend persoon een positief effect heeft na een bepaalde tijd.

Het risico op roodlichtnegatie bij de kruispuntsituatie ‘minder verkeer’ is na 90 seconden gelijk aan één. Dit risico is na 115 seconden verdubbelt. Oftewel het risico op roodlichtnegatie verdubbelt na 25 seconden. Het risico op roodlichtnegatie na 110 seconden is bij de kruispuntsituatie ‘minder verkeer’ beduidend hoger dan de andere twee kruispuntsituaties. Vooraleer men 110 seconden moet wachten is het risico ongeveer 0,5 keer groter, na 110 seconden wachten is dit risico één à twee keer groter. Het feit dat er minder verkeer op de baan is heeft dus zeker een negatief effect, en dit effect wordt nefast na 110 seconden.



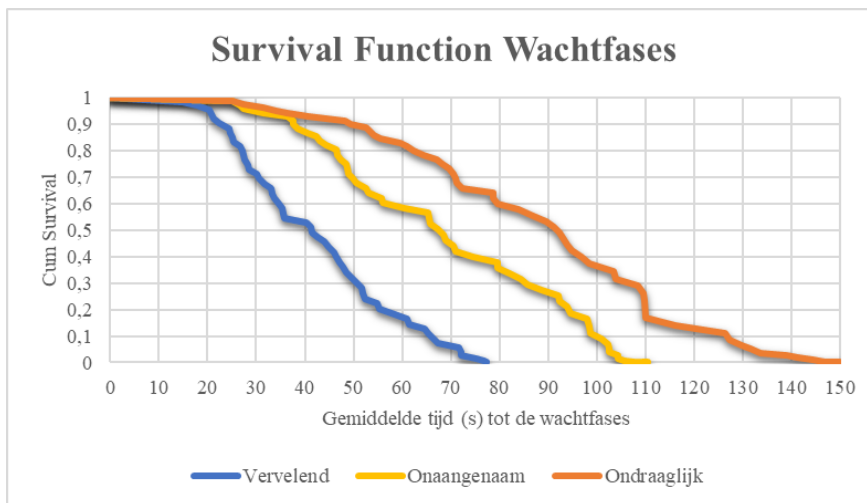
Figuur 35: Hazard function kruispuntsituaties (Eigen figuur, 2022)

### 10.1.3 Wachtfases

Figuur 36 geeft de gemiddelde verdeling van de verschillende wachtfases doorheen de tijd weer. Na een gemiddelde van 80 seconden vinden alle voetgangers het wachten vervelend. 50 procent van de wachtende voetgangers vinden het wachten na ongeveer 40 seconden vervelend, en 20 procent van de wachtende voetgangers vinden het wachten vervelend na 27 seconden. Na een gemiddelde van 110 seconden vinden alle voetgangers het wachten onaangenaam. 50 procent van de voetgangers vinden dit na 65 seconden, en 20 procent van de voetgangers vinden dit na 45 seconden. Het verschil tussen vervelend en onaangenaam wordt dus groter met de tijd, of m.a.w. de vervelend-curve is steiler dan de onaangenaam-curve. De voetgangers percipiëren het wachten relatief sneller als vervelend dan als onaangenaam. Vooraleer men 40 seconden moet wachten is het verschil om en bij de 20 seconden, en na 40 seconden wachten is dit verschil plusminus 30 seconden.

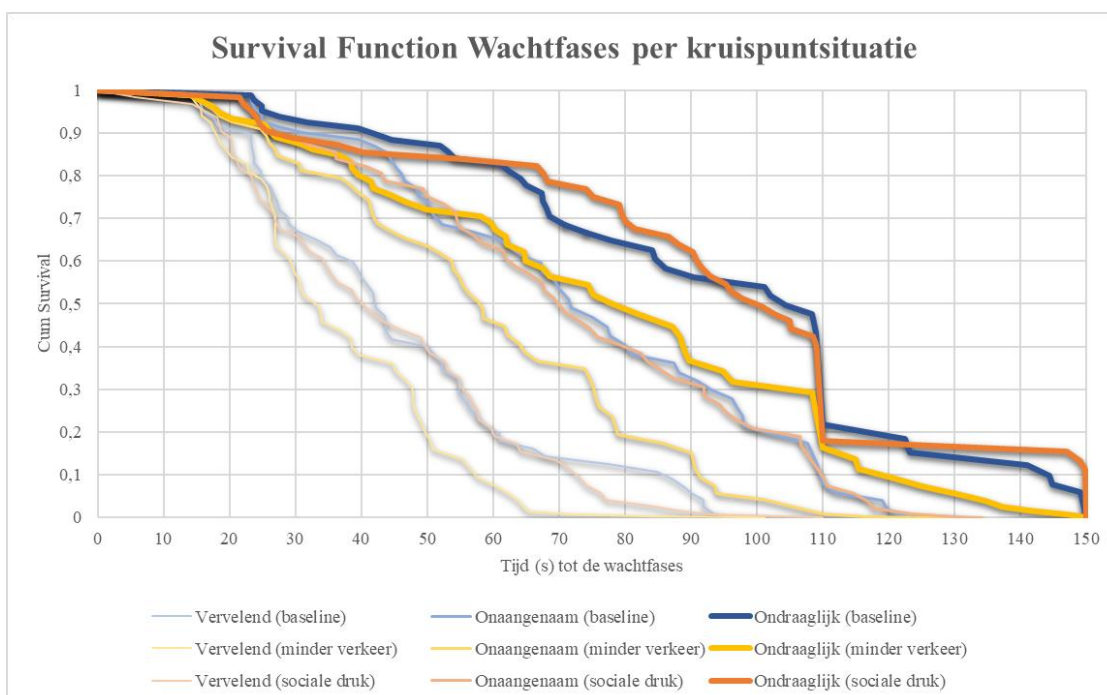
Uit Figuur 36 blijkt dat alle voetgangers het wachten ondraaglijk vinden na gemiddeld 150 seconden. Dit klopt echter niet. Doordat de wachttijd in het onderzoek maximaal 150 seconden is, worden de personen die het wachten nog niet ondraaglijk vinden ‘gecategoriseerd’ op 150 seconden wachttijd. 50 procent van de wachtende voetgangers vinden het wachten ondraaglijk na ongeveer 90 seconden en 20

procent van de wachtende voetgangers vinden het wachten ondraaglijk na ongeveer 60 seconden. Het verschil tussen ‘onaangenaam’ en ‘ondraaglijk’ blijft dus ongeveer hetzelfde, op ongeveer 20 seconden.



Figuur 36: Survival function wachtfases (Eigen figuur, 2022)

Figuur 37 geeft hetzelfde weer als Figuur 36, maar dan onderverdeeld in de verschillende kruispuntsituaties. Op deze figuur valt ook op dat de kruispuntsituatie ‘minder verkeer’ sneller als vervelend, onaangenaam en ondraaglijk wordt beschouwd vergeleken met de andere kruispuntsituaties. Deze grafiek laat ook geen duidelijk verschil zien tussen de kruispuntsituaties ‘baseline’ en ‘sociale druk’ voor de verschillende wachtfases. Een opvallend gegeven van deze figuur is dat het ondraaglijk vinden van de wachttijd bij de ‘minder verkeer’ kruispuntsituatie ongeveer samenvalt met het onaangenaam vinden van de wachttijd bij de ‘baseline’ en ‘sociale druk’ kruispuntsituaties. Dit laat nogmaals inzien dat wanneer er minder voertuigen op de baan zijn, het wachten sneller als onprettig wordt ervaren.



Figuur 37: Survival function wachtfases per kruispuntsituatie (Eigen figuur, 2022)



## 10.2 Variantieanalyses

### 10.2.1 Repeated measures ANOVA

De *Mauchly's test of sphericity* [ $X^2(2) = 8,448$ ;  $p = 0,015$ ] geeft aan dat de aanname geschonden is (Zie deel 7.3.2). In de verdere analyses zal er dus gekeken moeten worden naar de resultaten bij de Greenhouse-Geisser correctie.

Uit Tabel 26 (Zie bijlage 'Repeated measures ANOVA') kan er besloten worden dat geen enkel interactie-effect significant is. Hierdoor kan er gekeken worden naar het hoofdeffect van de *within-subjects* factor 'kruispuntsituatie'. De factor 'kruispuntsituatie' is significant [ $F(1,661; 63,116) = 6,708$ ;  $p = 0,004$ ], dit betekent dat de gemiddelde maximale wachttijd van de drie kruispuntsituaties significant verschillend zijn van elkaar. Oftewel kan er gezegd worden dat de gemiddelde maximale wachttijd afhangt van de kruispuntsituatie.

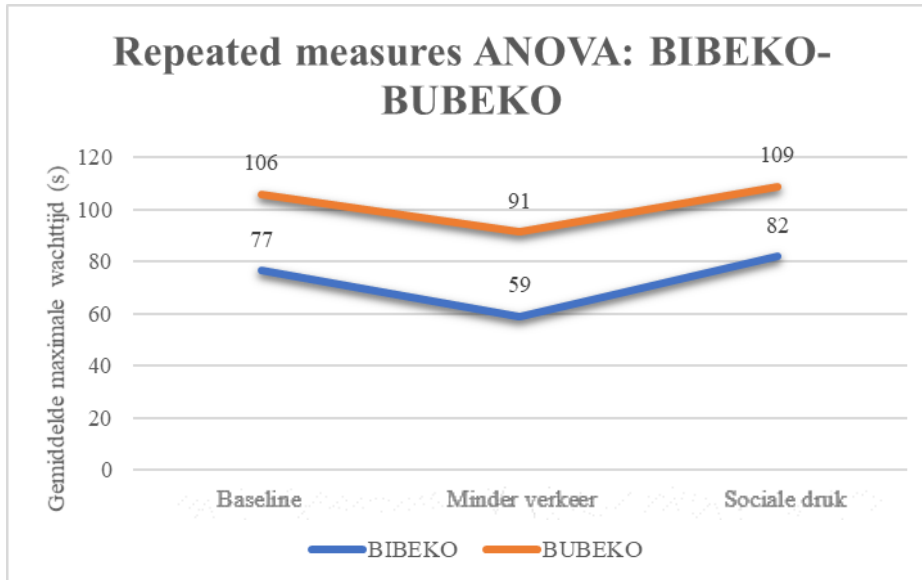
In Tabel 21 wordt de significantie van de *between-subjects* factoren getest aan de hand van de *repeated measures* ANOVA. Dezelfde algemene conclusie van deel 10.1 kan uit deze tabel getrokken worden. Namelijk dat enkel de *between-subjects* factor 'BIBEKO-BUBEKO' significant is [ $F(1, 38) = 5,352$ ;  $p = 0,026$ ]. De gemiddelde maximale wachttijd verschilt dus significant tussen de BIBEKO-situatie en de BUBEKO-situatie. Dit geldt niet voor het gender en de leeftijdsgroep. Tabel 21 geeft ook aan dat er geen interactie-effect waarneembaar is tussen de verschillende *between-subjects* factoren.

Tabel 21: Repeated measures ANOVA, de Test of Between-Subjects factoren (Eigen tabel, 2022)

Tests of Between-Subjects Factoren					
	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	693084,362	1	693084,362	256,169	0,000
Gender	2609,336	1	2609,336	0,964	0,332
Leeftijd	24235,501	4	6058,875	2,239	0,083
BIBEKOBUBEKO	14480,162	1	14480,162	5,352	0,026
Gender * Leeftijd	5625,461	4	1406,365	0,520	0,722
Gender * BIBEKOBUBEKO	173,415	1	173,415	0,064	0,802
Leeftijd * BIBEKOBUBEKO	16181,476	4	4045,369	1,495	0,223
Gender * Leeftijd * BIBEKOBUBEKO	4457,960	3	1485,987	0,549	0,652
Error	102811,931	38	2705,577		

Figuur 38 geeft de gemiddelde maximale wachttijd van de verschillende kruispuntsituaties weer, ingedeeld in de BIBEKO-situatie en de BUBEKO-situatie. Het valt op dat het verschil in de gemiddelde maximale wachttijd tussen de BIBEKO-situatie en de BUBEKO-situatie in de drie kruispuntsituaties ongeveer even groot zijn. Het gemiddelde verschil tussen de BIBEKO-situatie en de BUBEKO-situatie is 29,33 seconden. Personen wachten dus gemiddeld 29,33 seconden langer in de BUBEKO-situatie dan in de BIBEKO-situatie. Verder kent de kruispuntsituatie 'minder verkeer' een maximale wachttijd die gemiddeld 16,5 seconden en 20,5 seconden kleiner is dan respectievelijk de kruispuntsituaties 'baseline' en 'sociale druk'. Personen zijn dus minder bereid om te wachten wanneer de verkeersintensiteit lager

ligt. Als een andere persoon ook staat te wachten aan een lichtgeregelde oversteekplaats, zijn personen bereid om gemiddeld vier seconden langer te wachten vergeleken met de kruispuntsituatie ‘baseline’. In deel 10.1 was het verschil tussen de kruispuntsituaties ‘baseline’ en ‘sociale druk’ nog niet duidelijk. Uit onderstaande figuur kan er geconcludeerd worden dat de aanwezigheid van een andere persoon een klein positief effect heeft op de gemiddelde maximale wachttijd.



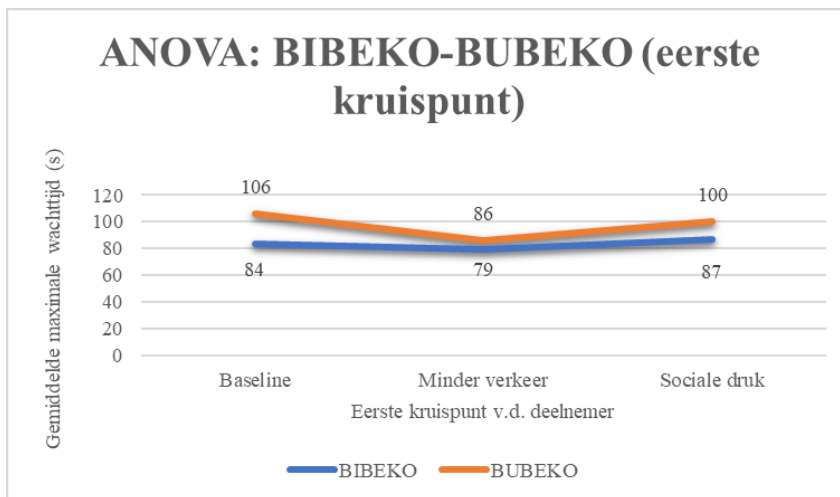
Figuur 38: Gemiddelde maximale wachttijd (s) van de verschillende kruispuntsituaties ingedeeld in BIBEKO en 2022)

### 10.2.2 ANOVA

Figuur 39 geeft de gemiddelde maximale wachttijden van enkel de eerste kruispuntsituatie weer. Door deze wachttijden te vergelijken met de wachttijden van Figuur 38, kan er gekeken worden of er mogelijk een regressie-effect is opgetreden bij de tweede en derde kruispuntsituatie. In de BIBEKO-situatie zijn de gemiddelde maximale wachttijden van de eerste kruispuntsituatie (Zie Figuur 39) groter dan deze van Figuur 38. In Figuur 38 kan de kruispuntsituatie dus zowel de eerste, tweede of derde zijn geweest. Dit betekent dat men tijdens de tweede en derde kruispuntsituatie een kleinere wachttijd accepteren. Waarschijnlijk is dit het effect dat ontstaat doordat men alreeds heeft moeten wachten bij het eerste (en tweede) kruispunt. Bij de kruispuntsituatie ‘minder verkeer’ is dit regressie-effect het grootst.

De BUBEKO-situatie geeft een ander onverwacht beeld weer. De gemiddelde maximale wachttijden van de eerste kruispuntsituatie is kleiner dan deze van Figuur 38. Er kan hier dus niet gesproken worden van een regressie-effect. Personen BUBEKO wachten gemiddeld langer bij de tweede en derde kruispuntsituatie dan bij de eerste kruispuntsituatie.

Indien enkel de eerste kruispuntsituatie in rekening wordt genomen zou er ook geen significant verschil meer zijn in de gemiddelde maximale wachttijd tussen de BIBEKO-situatie en de BUBEKO-situatie [ $F(1, 23) = 1,004$ ;  $p = 0,327$ ] en tussen de drie kruispuntsituaties [ $F(2, 23) = 1,127$ ;  $p = 0,341$ ]. Al moet er wel bij vermeld worden dat deze analyse enkel gebruik maakt van 57 oversteekbewegingen. De andere analyses maken gebruik van 171 oversteekbewegingen.



Figuur 39: Gemiddelde maximale wachttijd (s) van het eerste kruispunt, van de verschillende kruispuntsituaties ingedeeld in BIBEKO en BUBEKO (Eigen figuur, 2022)

### 10.3 Beschrijvende analyses

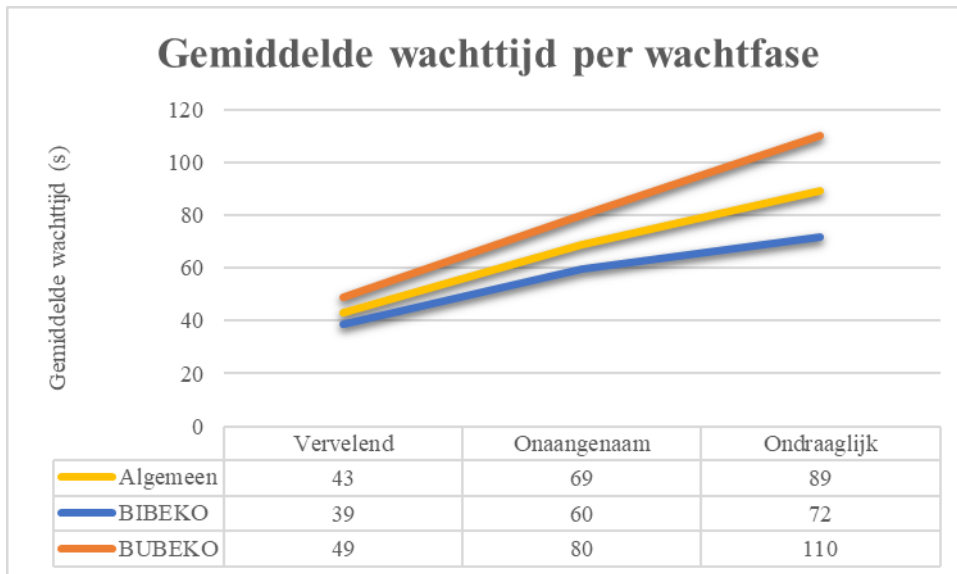
#### 10.3.1 Wachttijden

Algemeen gekeken, zonder onderscheid in BIBEKO en BUBEKO, vinden vijftig procent van de personen het wachten vervelend na 43 seconden ( $SD= 17,25$ ), het wachten onaangenaam na 69 seconden ( $SD= 25,80$ ) en het wachten ondraaglijk na 89 seconden ( $SD= 35,57$ ) (Zie Tabel 22 en Figuur 40). Na 89 seconden zouden dus vijftig procent van de personen het roodlicht trachten te negeren of zelfs genegeerd hebben. Specifieker gekeken naar de BIBEKO-situatie en de BUBEKO-situatie vindt men het wachten gemiddeld ondraaglijk na respectievelijk 72 seconden ( $SD= 26,33$ ) en 110 seconden ( $SD= 34,27$ ). Hier geldt dus ook dat vijftig procent van de personen het roodlicht voorafgaand aan deze twee tijdstippen tracht te negeren of genegeerd hebben. Deze gegevens komen dus ongeveer overeen met Figuur 31 en Figuur 36. De helft van de personen vindt het wachten onaangenaam na 60 seconden ( $SD= 24,16$ ) in de BIBEKO-situatie en na 80 seconden ( $SD= 23,52$ ) in de BUBEKO-situatie.

Tabel 22: Beschrijvende statistieken wachtfases (Eigen tabel, 2022)

Beschrijvende statistieken Algemeen					Beschrijvende statistieken BIBEKO					Beschrijvende statistieken BUBEKO				
Gemiddeld	Minimum	Maximum	M	SD	Gemiddeld	Minimum	Maximum	M	SD	Gemiddeld	Minimum	Maximum	M	SD
Vervelend	14,86	77,43	43,23	17,25	Vervelend	14,86	77,43	38,68	18,03	Vervelend	27,20	76,97	48,65	14,84
Onaangenaam	25,22	110,36	68,97	25,80	Onaangenaam	25,22	109,22	59,62	24,16	Onaangenaam	31,42	110,36	80,12	23,52
Ondraaglijk	25,22	150,00	89,28	35,57	Ondraaglijk	25,22	110,00	71,83	26,33	Ondraaglijk	31,42	150,00	110,08	34,27

Verder valt het op dat men in de BIBEKO-situatie sneller van de ene wachtfase naar de andere wachtfase overgaat. Het wachten wordt in de BIBEKO-situatie dus sneller als vervelend, onaangenaam en ondraaglijk beschouwen. Zo is er 33 seconden verschil tussen de wachtfases vervelend en ondraaglijk in de BIBEKO-situatie. In de BUBEKO-situatie is dit bijna het dubbele met 61 seconden. Personen vinden het wachten BIBEKO dus sneller ergerlijk dan BUBEKO. Dit zorgt er ook voor dat het verschil in wachttijdacceptatie tussen de BIBEKO-situatie en de BUBEKO-situatie steeds groter wordt. Personen BIBEKO vinden het wachten ongeveer 10 seconden eerder vervelend dan personen BUBEKO. Dit verschil is voor de wachtfases onaangenaam en ondraaglijk respectievelijk ongeveer 20 en 40 seconden. Er kan dus gesproken worden van een verdubbeling bij elke wachtfase.



Figuur 40: Gemiddelde wachttijd per wachtfase (Eigen figuur, 2022)

In de vragenlijst (Zie bijlage ‘Vragenlijst’) werd er gevraagd om een verklaring te geven waarom men al dan niet het roodlicht heeft genegeerd tijdens het onderzoek. In Figuur 41 staan de drie meest voorkomende redenen om enerzijds het roodlicht niet te negeren en anderzijds om het roodlicht wel te negeren. De meest voorkomende reden om het roodlicht niet te negeren is omwille van het principe dat men dit nooit doet. 46 procent van de respondenten die het roodlicht niet negeren ( $n=24$ ), hebben dit namelijk geantwoord. Daarnaast vindt 36 procent verkeerveiligheid belangrijk om het roodlicht niet te negeren. Een minderheid (18 procent) vermeldt specifiek dat men zich aan de verkeersregels wil houden.

De voornaamste redenen voor roodlichtnegatie zijn ‘weinig verkeer’, ‘lange wachttijd’ en ‘onder tijdsdruk’. 53 procent van de personen die het roodlicht genegeerd hebben ( $n=33$ ), gaven aan dat men het roodlicht negeert doordat er te weinig verkeer is (op een gegeven moment). Vaak zijn dit dan ook roodlichtnegatie gevallen in de kruispuntsituatie ‘minder verkeer’. Eveneens geven deze personen ook vaak aan dat het wachten (te) lang duurde. 35 procent van de ondervraagden gaven specifiek aan dat de wachttijd (te) lang is. Tot slot gaven 12 procent van de ondervraagden aan dat men dit deed omwille van de fictieve tijdsdruk.



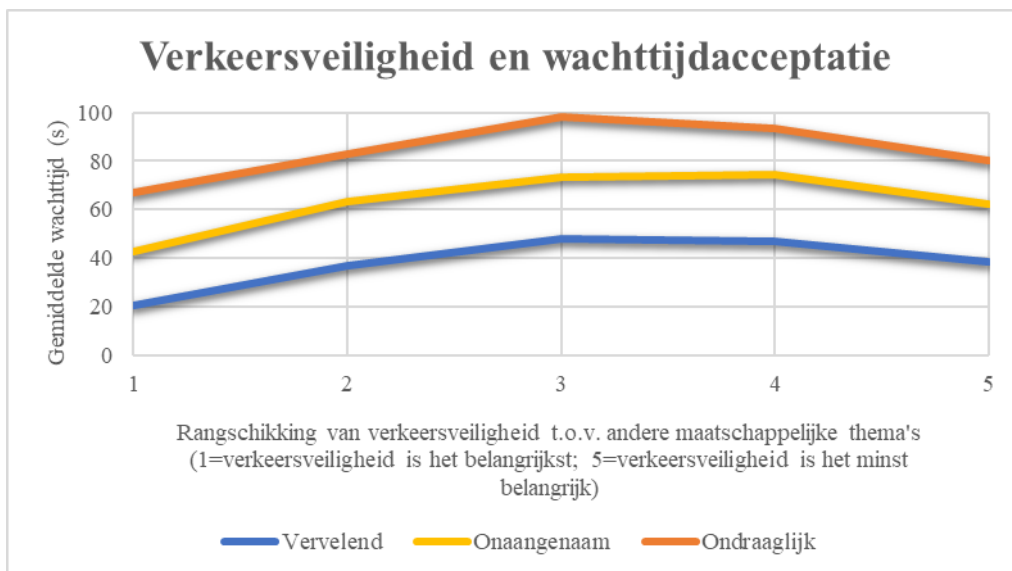
Figuur 41: Redenen waarom men het roodlicht al dan niet negeert (Eigen figuur, 2022)

### 10.3.2 Andere between-subjects factoren

In de vragenlijst (Zie bijlage ‘Vragenlijst’) werd er gevraagd naar het hoogst behaalde diploma en naar het belang van verkeerveiligheid t.o.v. andere belangrijke maatschappelijke thema’s. Aangezien er

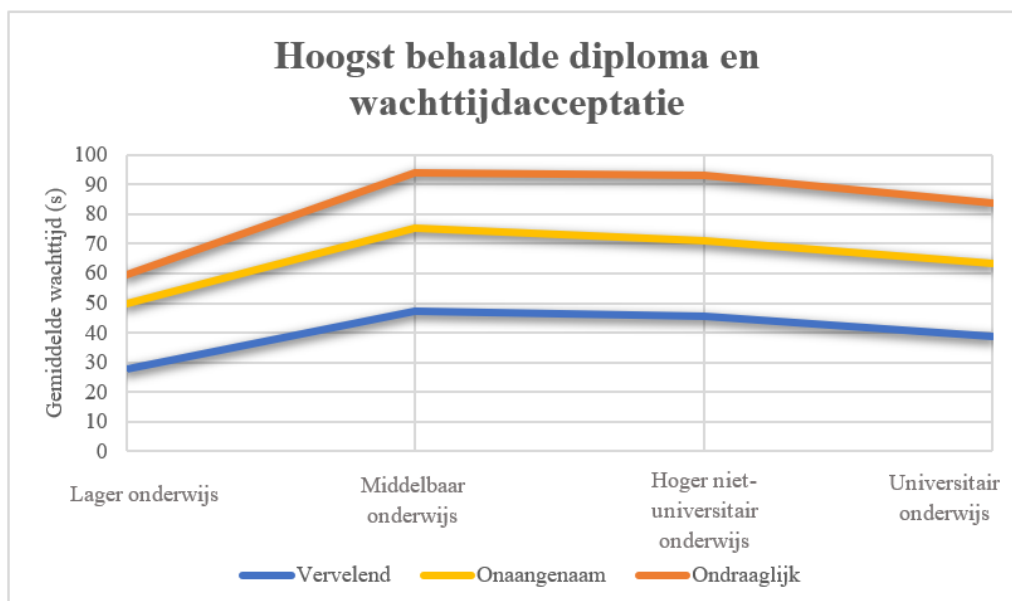
nauwelijks wetenschappelijke literatuur is die het effect van deze twee factoren op de wachttijd onderzoeken, zijn deze factoren niet in de eerdere *repeated measures* ANOVA opgenomen. In dit deel wordt er voornamelijk beschrijvend gekeken of er een verband gevonden kan worden tussen de factor ‘verkeersveiligheid’ en de wachttijdacceptatie en tussen de factor ‘diploma’ en de wachttijdacceptatie.

Figuur 42 laat het verband zien tussen het belang van verkeersveiligheid en de totale gemiddelde wachttijd van de drie kruispuntsituaties. Het resultaat bij de antwoordmogelijkheden ‘één’ en ‘twee’ moeten zorgvuldig geïnterpreteerd worden, aangezien deze met één antwoord en zes antwoorden niet betrouwbaar zijn. De andere antwoordmogelijkheden hebben respectievelijk 14, 20 en 16 antwoorden. Uit de figuur kan er geen duidelijk negatief of positief verband gezien worden. De hoogste wachttijd(acceptatie) is bij de personen die verkeersveiligheid op positie drie rangschikken. Personen die verkeersveiligheid belangrijker en minder belangrijk achten hebben een steeds kleinere gemiddelde wachttijd. Al is het effect tussen de antwoordmogelijkheden ‘één’, ‘twee’ en ‘drie’ dus helemaal niet zeker. Er blijkt geen significant verschil te zijn in de gemiddelde maximale wachttijd tussen de verschillende beoordelingen van verkeersveiligheid [ $F(4, 52) = 0,687$ ;  $p = 0,604$ ]. Er lijkt dus geen verband te zijn tussen het belang van verkeersveiligheid en de wachttijdacceptatie.



Figuur 42: Relatie belang van verkeersveiligheid met de wachttijdacceptatie (Eigen figuur, 2022)

De conclusie van Figuur 42 lijkt ook te gelden voor Figuur 43. Een duidelijk positief of negatief verband tussen het hoogst behaalde diploma en de wachttijdacceptatie is er niet. Eveneens moet hier rekening gehouden worden met een antwoordmogelijkheid. Antwoordmogelijkheid ‘lager onderwijs’ heeft slechts één antwoord, waardoor deze niet betrouwbaar is. Personen met een middelbaar diploma hebben de hoogste gemiddelde wachttijd. Over het algemeen kan er gezegd worden dat de gemiddelde wachttijd(acceptatie) daalt naarmate een hoger diploma wordt behaald. Al blijkt er ook hier geen significant verschil te zijn in de gemiddelde maximale wachttijd tussen de verschillende hoogst behaalde diploma’s [ $F(3, 53) = 0,551$ ;  $p = 0,650$ ]. Er lijkt dus geen verband te zijn tussen het hoogst behaalde diploma en de wachttijdacceptatie.



Figuur 43: Relatie hoogst behaalde diploma met de wachttijdacceptatie (Eigen figuur, 2022)

### 10.3.3 Wachttijdperceptie

De wachttijd wordt in het onderzoek korter gepercipieerd dan deze in werkelijkheid is. Gemiddeld percipiëren de deelnemers de wachttijd 26 procent korter. In de BIBEKO-situatie percipieert men de wachttijd correcter dan in de BUBEKO-situatie. BIBEKO is het verschil 23 procent en BUBEKO is het verschil 30 procent. Het wachten in de VR-omgeving blijkt psychologisch gezien minder erg/lang te zijn dan deze in werkelijkheid eigenlijk is. De standaarddeviatie is wel groot, er zijn dus ook zeker personen die de tijd (veel) langer percipiëren dan deze in werkelijkheid eigenlijk is.

Tabel 23: Verschil tussen de eigen maximale wachttijd en de percipieerde maximale wachttijd (Eigen tabel, 2022)

Beschrijvende statistieken				
Procentverschil tussen eigen MWT en PWT	Minimum	Maximum	M	SD
Algemeen	-81,76	106,44	-25,81	40,29
BIBEKO	-81,76	70,25	-22,54	40,47
BUBEKO	-75,29	106,44	-29,71	40,51

### 10.3.4 Wachttijden voetgangers en fietsers

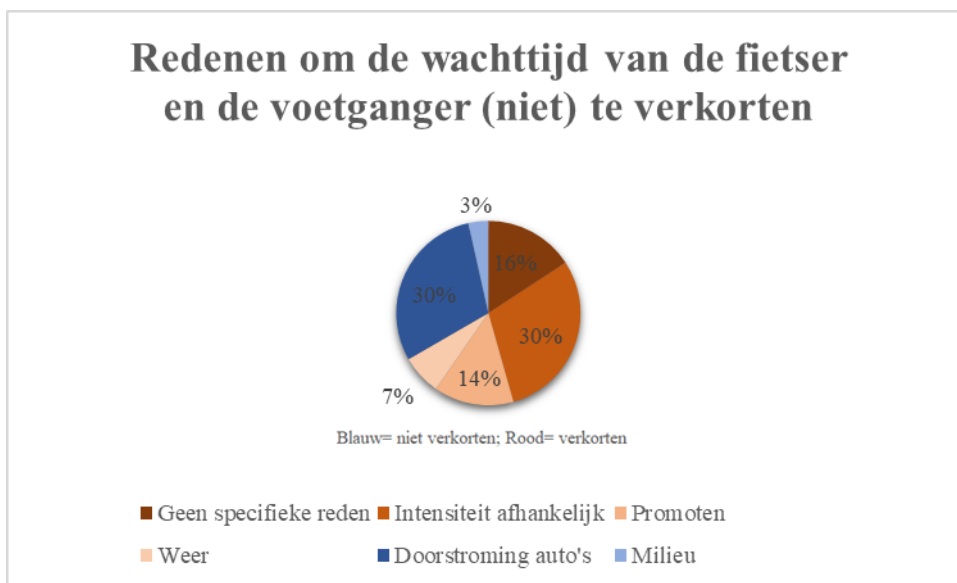
54 van de 57 deelnemers vinden dat de maximale wachttijden van voetgangers en fietsers gelijk moeten blijven. De voornaamste reden is om geen verwarring te veroorzaken voor de verschillende weggebruikers. Een verschillende (maximale) wachttijd zou namelijk voor een meeslepend effect kunnen zorgen, waardoor meer onbewuste roodlichtnegaties zullen plaatsvinden. Als de voorgestelde maximale wachttijden van Fietsberaad Vlaanderen (2020b) (Zie Tabel 6) gebruikt zouden worden voor fietsers, zouden deze dus ook best gelden voor voetgangers, en vice versa. Verder kan er ook gezegd worden dat een andere maximale wachttijd voor minder efficiëntie en logica zou leiden in de verkeerslichtenregeling.

Figuur 44 geeft weer hoeveel procent van de deelnemers de wachttijden van de fietser en de voetganger korter zouden willen zien, in het nadeel van de wachttijd van het gemotoriseerd verkeer. Eveneens geeft



de figuur de verschillende redenen weer, waarom men dit al dan niet zou willen. 33 procent van de ondervraagden willen niet dat de wachttijd van de zachte weggebruiker verkort wordt in het nadeel van het gemotoriseerd verkeer. 30 procent van deze personen geven aan dat de doorstroming van het gemotoriseerd verkeer te belangrijk is om dit te doen. 3 procent vindt dit geen goed idee, omdat het gemotoriseerd verkeer dan langer zal stilstaan en zo meer zal uitstoten.

67 procent van de ondervraagden zouden de wachttijd van de zachte weggebruiker korter willen zien, ondanks dat dit nadelig zou zijn voor het gemotoriseerd verkeer. 16 procent van de ondervraagden heeft geen specifieke reden hiervoor gegeven. 30 procent van de ondervraagden zouden dit doen op plekken waar veel voetgangers en fietsers zijn. Zo vindt men dit in steden en BIBEKO zeker geen probleem. Verder zou 14 procent dit doen om het gebruik van deze modi te promoten. Tot slot zou zeven procent dit een goed idee vinden, aangezien de weersomstandigheden onaangenaam kunnen zijn om (lang) te moeten wachten.



Figuur 44: Redenen om de wachttijd van de fietser en de voetganger (niet) te verkorten (Eigen figuur, 2022)

## 11 Discussie

Gekeken naar de BIBEKO-situatie en de BUBEKO-situatie vindt men in het eigen onderzoek het wachten gemiddeld ondraaglijk na respectievelijk 72 seconden en 110 seconden. Hier geldt dus dat vijftig procent van de personen het roodlicht voorafgaand aan deze twee tijdstippen tracht te negeren of genegeerd hebben. Verder vindt de helft van de personen het wachten onaangenaam na 60 seconden in de BIBEKO-situatie en na 80 seconden in de BUBEKO-situatie. Het wachten is alreeds vervelend na 39 seconden in de BIBEKO-situatie en na 49 seconden in de BUBEKO-situatie. Vergeleken met de wachttijdacceptatietijden van Brijs en Van Der Waerden (2017) (Zie Tabel 2) zouden de ‘vervelend’ wachttijden in het eigen onderzoek als ‘slecht’ (32-50 seconden) worden gelabeld, en de ‘onaangenaam’ en ‘ondraaglijk’ wachttijden als ‘zeer slecht’ (>50 seconden) worden gelabeld. Dit terwijl er wordt verwacht dat de ‘vervelend’ wachttijden (eerder) overeen zouden komen met de beoordeling ‘matig’ en de ‘onaangenaam’ wachttijden met de beoordeling ‘slecht’. Er kan dus gezegd worden dat de wachttijdacceptatie van het eigen onderzoek langer, oftewel beter, is dan het onderzoek van Brijs en Van Der Waerden (2017).

De literatuur (Guo et al., 2011; Wang et al., 2011; Brosseau et al., 2013; Zhang et al., 2016; Zhu & Sze, 2021; Zhu et al., 2021b; Raonier & Maurya; 2022) concludeert dat het aantal roodlichtnegaties vanaf 40 à 50 seconden wachttijd enorm begint toe te nemen. Uit Figuur 36 kan er opgemerkt worden dat de ondraaglijkheid, en dus het aantal roodlichtnegaties, ook rond de 50 seconden feller begint toe te nemen. Over het algemeen geeft de literatuur aan dat het aantal personen dat het roodlicht negeert na 40 seconden rond de 30 procent ligt. In het eigen onderzoek is dit na 40 seconden tien procent. Op dit vlak zit er dus wel een (groot) verschil. Dit kan mogelijks verklaard worden door de sociale en culturele omstandigheden waarin het onderzoek plaatsvindt. Het eigen onderzoek vindt plaats in Vlaanderen, terwijl de meeste literatuur Aziatisch is. Uit het deel ‘Sociale, economische en culturele omstandigheden’ blijkt dat dit namelijk een invloed heeft.

Bovenstaande kan ook een verklaring zijn waarom de cox regressie van Figuur 31 en de cox regressie van Sun en collega’s (2011) verschillend zijn. Het onderzoek van Sun en collega’s (2011) ondervond dat 50 procent van de ondervraagden een roodlicht BUBEKO negeren na 41 seconden (bij de eerste steekproef) en na 74 seconden (bij de tweede steekproef). In het eigen onderzoek is dit na 110 seconden, een verschil van respectievelijk 69 en 36 seconden. In dit onderzoek negeert men dus ook sneller het roodlicht dan in het eigen onderzoek.

Tabel 22 en Figuur 40 geven de gemiddelde wachttijden weer voor de verschillende wachtfases. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de gemiddelde maximale wachttijden BIBEKO gelijk is aan 72 seconden en BUBEKO gelijk is aan 110 seconden. De huidige maximale wachttijden van AWV komen hiermee overeen (Zie Tabel 4). De eigen maximale wachttijden geven echter aan wanneer 50 procent van de wachtende personen het roodlicht hebben genegeerd of het roodlicht trachten te negeren. Dit zijn dus geen ideale resultaten om in de praktijk toe te passen. De huidige maximale wachttijden kunnen beter vergeleken worden met de gemiddelde ‘onaangename’ wachttijd. Deze is 60 seconden BIBEKO en is 80 seconden BUBEKO. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de (maximale) wachttijd in het eigen onderzoek BIBEKO 10 seconden korter is dan de huidige maximale wachttijd en BUBEKO 30 seconden korter is dan de huidige maximale wachttijd. Deze wachttijden zijn vergelijkbaar met de voorgestelde wachttijden van Fietsberaad Vlaanderen (2020b) voor het BFF en de lokale fietsnetwerken tijdens de spitsperiode (Zie Tabel 6).

De gemiddelde ‘onaangename’ wachttijden uit het eigen onderzoek liggen in de lijn met de maximale wachttijden van andere landen. In Nederland is de maximale wachttijd 90 seconden en in Duitsland is de maximale wachttijd 60 seconden. Vergeleken met de onderzoekshypothese liggen de verwachte wachttijden (Zie Tabel 11) gemiddeld 20 seconden lager BIBEKO en gemiddeld 33 seconden lager BUBEKO. De wachttijdacceptatie werd dus korter verwacht dan dat deze uiteindelijk is.

Het eigen onderzoek ondervindt vervolgens dat de drie kruispuntsituaties (*baseline*, minder verkeer en sociale druk) significant verschillende gemiddelde maximale wachttijden hebben. De gemiddelde maximale wachttijden zijn het kortst bij de kruispuntsituatie ‘minder verkeer’, dan bij de kruispuntsituatie ‘*baseline*’ en dan bij de kruispuntsituatie ‘sociale druk’. De bevindingen van Diependaele (2019) en Zhu en Sze (2021) dat de verkeersintensiteit/verkeerssituatie een negatieve invloed heeft op het aantal roodlichtnegaties, en een positieve invloed heeft op de maximale wachttijd, wordt dus gevolgd. Meerdere literaire bronnen (Rosenbloom, 2009; Brosseau et al., 2013; Dommes et al., 2015; Pelé et al., 2017; Zhu et al., 2021a; Raoniar & Maurya, 2022) concluderen ook dat de aanwezigheid van een andere persoon tot minder roodlichtnegatie leidt, en dus ook tot een langere wachttijdacceptatie. In het eigen onderzoek is de maximale wachttijd bij de kruispuntsituatie ‘minder verkeer’ gemiddeld 18.5 seconden korter dan bij de kruispuntsituatie ‘*baseline*’. Uit de *repeated measures* ANOVA blijkt dat de kruispuntsituatie ‘sociale druk’ een maximale wachttijd heeft die gemiddeld vier seconden langer is dan de ‘*baseline*’ kruispuntsituatie. Uit de cox regressies blijkt echter dat dit effect niet altijd even duidelijk is. De onderzoekshypothese wordt hier gevolgd, een hogere verkeersintensiteit en de aanwezigheid van een andere persoon zorgen ervoor dat men bereid is om langer te wachten.

Verder is er een significant verschil tussen de gemiddelde maximale wachttijden van de BIBEKO-situatie en de BUBEKO-situatie. De BIBEKO-situatie heeft een significante kortere gemiddelde maximale wachttijd. Personen wachten gemiddeld 29,33 seconden langer in de BUBEKO-situatie dan in de BIBEKO-situatie. In de onderzoekshypothese is er een verschil van tien seconden verwacht. Het verschil tussen de BIBEKO en de BUBEKO is dus groter dan wat de onderzoeker verwacht had. Het algemene effect komt overeen met de verwachtingen uit de literatuur. Cambon de Lavalette en collega’s (2009), Diependaele (2019) en Kumar en Ghosh (2022) ondervinden namelijk dat de kans op roodlichtnegatie daalt naarmate er rijstroken bijkomen. De factor ‘wegontwerp’ heeft dus een invloed gespeeld op de gemiddelde maximale wachttijd. Eveneens speelt de factor ‘verkeerssituatie’ een rol in deze uitkomst. BUBEKO beschikt namelijk over meer verkeer en ook over zwaar verkeer. Uit de literatuur (Yagil, 2000; Yang et al., 2006; Cinnamon et al., 2011; Wang et al., 2011; Diependaele, 2019; Zhu & Sze, 2021) blijkt dat deze twee aspecten ervoor zorgen dat personen dan bereid zijn om langer te wachten, en minder snel het roodlicht te negeren.

Gekeken naar het gender en de leeftijd is er in het eigen onderzoek zo goed als geen significant verschil gevonden bij deze factoren. Er kan enkel geconcludeerd worden dat vijftigjarigen een significant kortere wachttijdacceptatie hebben dan 18-29-jarigen. Dit spreekt de meeste wetenschappelijke literatuur (Brosseau et al., 2013; Dommes et al., 2015; Guo et al., 2018; Zhu et al., 2021b; Kumar & Ghosh, 2022) tegen. Deze onderzoekers concluderen namelijk dat jongere personen sneller het wachten moe zijn dan oudere personen. In het eigen onderzoek heeft de oudste leeftijdsgroep, de zestigers, de op een na hoogste wachttijdacceptatie. Deze hebben een hogere wachttijdacceptatie dan de dertigers, de veertigers en de vijftigers. Dit volgt de conclusie van de literatuur dus gedeeltelijk. Op vlak van gender wordt de conclusie van Ren en collega’s (2011), Dommes en collega’s (2015) en Raonier en Maurya (2022) gevolgd. Gender heeft namelijk geen significante invloed op de maximale wachttijd en het aantal roodlichtnegaties. Dit spreekt dus wel de meerderheid van de literatuur (Bv. Rosenbloom, 2009; Guo et

al., 2018; Bai en Sze, 2020) en de eigen onderzoekshypothese tegen, waarbij mannen een kortere wachttijdacceptatie hebben dan vrouwen.

Het eigen onderzoek ondervindt ook dat de PWT 26 procent korter is dan de AWT. Terwijl de onderzoekshypothese ervan uitgaat dat de PWT anderhalf keer de AWT is. De onderzoekshypothese is dus verkeerd. Een gelijkaardig onderzoek van Bruder en Steinicke (2014) wordt ook tegengesproken. Zij geven aan dat de tijd langer wordt gepercipieerd dan deze in werkelijkheid is. De onderzoeken van Schneider en Kisby (2011), van der Ham en collega's (2019) en Landeck en collega's (2020) worden met dit resultaat wel gevolgd. Deze onderzoekers ondervinden dat de tijd korter wordt gepercipieerd in een VR-omgeving. Al gaan deze VR-onderzoeken voornamelijk over de tijdsperceptie tijdens medische operaties.

Tot slot ondervindt dit onderzoek dat de maximale wachttijden van de fietser en de voetganger gelijk moeten zijn. Dit is geen onlogisch resultaat. Er kan echter niet geconcludeerd worden of dat de maximale wachttijd bepaald moet worden op basis van de aanvaardbare maximale wachttijd van de fietser of op basis van de aanvaardbare maximale wachttijd van de voetganger. Het onderzoek heeft uiteindelijk enkel de aanvaardbare maximale wachttijd van de voetganger onderzocht. Zoals verwacht in de onderzoekshypothese is er dus geen duidelijk resultaat hierover.

## 12 Aanbevelingen

### 12.1 Theoretische aanbevelingen

Het is aanbevolen om de huidige maximale wachttijden van de voetganger en de fietser in te korten. Er wordt voorgesteld om de maximale wachttijden in een kerngebied BIBEKO met 10 seconden te verkorten. Verder wordt er voorgesteld om de maximale wachttijd buiten een kerngebied BIBEKO en de maximale wachttijd BUBEKO met 30 seconden te reduceren. De maximale wachttijd BIBEKO is dan 60 seconden en de maximale wachttijd BUBEKO is dan 80 seconden.

De bovenstaande voorgestelde maximale wachttijden zijn de gemiddelde ‘onaangename’ wachttijden. Bij deze wachttijden vinden de helft van de personen het wachten onaangenaam. Eveneens vinden 20 procent van de personen het wachten dan ook al ondraaglijk, en zouden dus het roodlicht willen negeren. Indien de gemiddelde ‘ondraaglijke’ wachttijden gebruikt zouden worden, zou dit 50 procent zijn. De kans op effectieve roodlichtnegatie zou in dit geval veel hoger zijn. Daarom is er gekozen om de gemiddelde ‘onaangename’ wachttijden te gebruiken. Eveneens zijn deze maximale wachttijden dan gelijkaardig aan de maximale wachttijden in de omringende landen.

Er wordt dus aanbevolen om de maximale wachttijden van de voetgangers en fietsers gelijk te houden. De voorgestelde maximale wachttijden zijn gebaseerd op de aanvaardbare wachttijden van de voetganger. Het blijft dus een vraagteken of dat de fietser deze wachttijden ook aanvaardbaar vinden.

Bij de implementatie van conflictvrije kruispunten moet er dus rekening gehouden worden met deze maximale wachttijden. Indien de wachttijd aan het lichtgeregeld kruispunt lager ligt dan de voorgestelde maximale wachttijd, dan zal de verkeersveiligheid verbeteren.

De focus ligt voornamelijk op (half)starre verkeerslichtenregelingen, al worden intelligente verkeersregelinstantaties steeds meer de norm in de nabije toekomst. De resultaten van Figuur 40 kunnen dan ook best gebruikt worden voor de intelligente verkeersregelinstantaties. De verschillende wachtfases kunnen gebruikt worden om de prioritering tussen de verschillende modi te bepalen. Een stad of gemeente die de voetganger en de fietser erg belangrijk vindt, kan de zachte weggebruiker een hoge prioriteit geven. Dit door deze groenlicht te geven alvorens het wachten vervelend wordt. Bij een andere gemeente of bij een ander kruispunt zal de focus eerder gelegd worden op het gemotoriseerd verkeer. De voetgangers en de fietsers krijgen hier bijvoorbeeld groenlicht alvorens het wachten onaangenaam wordt.

### 12.2 Praktische aanbevelingen

Uit voorgaande literatuur (Clemenson et al., 2020; Hejtmanek et al., 2020; Neo et al., 2021) en uit Tabel 19 blijkt een *Head-Mounted Immersive virtual reality*-experiment geschikt en valide te zijn om wetenschappelijk onderzoek uit te voeren. Om de kwaliteit en de validiteit van de onderzoeksmethode te bewaren, wordt er best met de volgende aanbevelingen rekening gehouden.

Ten eerste komt simulatorziekte bij VR-experimenten sneller en heviger voor dan bij rijnsimulatorexperimenten. Om de gezondheid van de deelnemer te garanderen en om bruikbare resultaten te verkrijgen, is het belangrijk dat deelnemers tijdig aangeven wanneer men zich niet goed voelt. Er wordt aanbevolen om tijdens het onderzoeksopzet rekening te houden met de mogelijkheid om enkele pauzes in te lassen tijdens het onderzoek. Bij personen die op voorhand aangeven dat ze snel

wagenziek en/of simulatorziek zijn of bij personen die tijdens het onderzoek simulatorziek worden, kunnen deze pauzes gebruikt worden om terug op adem te komen.

Ten tweede is een trainingssessie van cruciaal belang om valide onderzoeksresultaten te bekomen. Als een persoon niet weet wat er moet gebeuren en hoe dit moet gebeuren, zullen de onderzoeksresultaten niet bruikbaar zijn. Een te korte trainingssessie kan er verder toe leiden dat deelnemers te gefocust zijn op de onderzoeksmethode. De deelnemers zullen hierdoor geen of een verminderd realistisch gedrag vertonen. Dit aangezien onderzoeksfactoren later en/of anders beoordeeld worden, of zelfs niet opgemerkt worden. Er wordt aanbevolen om een trainingssessie voorafgaand aan het onderzoek uit te voeren, die de nodige handelingen uittest. Aangezien sommige deelnemers de onderzoeksmethode sneller begrijpen dan anderen, is het van belang om te luisteren naar de deelnemer om te weten wanneer de trainingssessie gestopt kan worden. Er wordt dan ook aanbevolen dat de onderzoeker niet zelf bepaald wanneer de trainingssessie wordt gestopt, maar dat de deelnemer dit aangeeft.

Ten derde is de kalibratie van de virtuele wereld ten opzichte van de onderzoeksruimte belangrijk. Een verkeerde kalibratie kan ertoe leiden dat de handelingen van de deelnemers bemoeilijkt worden. De kalibratie (en de positie van de *base stations*) bepalen namelijk hoe de bewegingen worden gedetecteerd. Als de kalibratie niet op punt staat, zullen deelnemers lager, hoger, dichter of verder dan verwacht zijn handelingen moeten uitvoeren, wat tot moeilijkheden leidt. Het is aanbevolen om aan de start van elke onderzoeksdag de virtuele wereld opnieuw te kalibreren.

Ten vierde is het ook belangrijk om over een voldoende grote ruimte te beschikken. Zo zullen deelnemers tijdens het onderzoek nergens tegen botsen. Het is dus aanbevolen om het onderzoek uit te voeren in een grote lege kamer. Als een grote ruimte niet beschikbaar is, is het mogelijk om de deelnemers al zittend het onderzoek uit te voeren. Op deze manier wordt de kans op een kwetsuur verkleind.

Ten vijfde is de positie van de VR-bril op het hoofd belangrijk om een goede visuele kwaliteit te hebben. Als de bril te laag en te los op het hoofd staat, wordt de onderkant van de virtuele omgeving wazig. Er wordt aanbevolen om tijdens de trainingssessie te vragen of de visuele kwaliteit in orde is. Indien dit niet het geval is, kan de onderzoeker of de deelnemer de VR-bril hoger en/of strakker zetten.

Als het onderzoek op meerdere plaatsen wordt uitgevoerd, is het ten slotte belangrijk dat de onderzoeksruimtes gelijkaardig zijn. Dit is enerzijds belangrijk voor de kalibratie van de virtuele omgeving en anderzijds voor de betrouwbaarheid van de onderzoeksresultaten. Zo zouden alle onderzoeksruimtes bijvoorbeeld over zo min mogelijk achtergrondgeluid moeten beschikken. Deelnemers zullen hierdoor meer het gevoel krijgen dat men zich in de virtuele omgeving bevindt.



## 13 Conclusie

Als er wordt gekeken naar de gemiddelde onaangename wachttijden zijn de huidige maximale wachttijden van de zachte weggebruiker aan lichtgeregelde kruispunten niet aanvaardbaar. Personen zouden in een kerngebied BIBEKO 10 seconden minder lang maximaal willen wachten en buiten een kerngebied BIBEKO 30 seconden minder lang maximaal willen wachten. BUBEKO wil men ook 30 seconden minder lang maximaal wachten. De maximale wachttijden van de zachte weggebruiker aan lichtgeregelde kruispunten moeten dus strenger geformuleerd worden. De maximale wachttijden zijn dan 60 seconden BIBEKO en 80 seconden BUBEKO. Terwijl de huidige maximale wachttijden 70 (BIBEKO binnen een kerngebied), 90 (BIBEKO buiten een kerngebied) en 110 seconden (BUBEKO) zijn.

De maximale wachttijd, en de daarbijhorende kans op roodlichtnegatie, wordt beïnvloed door verschillende factoren. Uit de wetenschappelijke literatuur zijn er zeven omgevingsfactoren en zeven persoonsfactoren bepaald die de kans op roodlichtnegatie beïnvloeden. Het betreft de omgevingsfactoren ‘wachttijd’, ‘sociale, economische en culturele omstandigheden’, ‘landgebruik’, ‘wegontwerp’, ‘verkeerssituatie’, ‘aanwezigheid van anderen’ en ‘weersomstandigheden’. De persoonsfactoren zijn: ‘geslacht’, ‘leeftijd’, ‘sensatiezoekers’, ‘tripkarakteristieken’, ‘digitale afleiding’, ‘gemoedstoestand’ en ‘ervaring’. Deze factoren bepalen of een persoon dus langer of korter wil wachten, en al dan niet het roodlicht zal negeren.

In het eigen onderzoek zijn de factoren ‘wachttijd’, ‘wegontwerp’, ‘verkeerssituatie’, ‘aanwezigheid van anderen’, ‘geslacht/gender’ en ‘leeftijd’ onderzocht. Een significant verschil is opgemerkt tussen de maximale wachttijden BIBEKO en BUBEKO. De maximaal aanvaardbare wachttijd is BIBEKO namelijk korter dan BUBEKO. De factoren ‘wegontwerp’ en ‘verkeerssituatie’ hebben dus weldegelijk een effect op de maximale aanvaardbare wachttijd. Eveneens is er een significant verschil opgemerkt tussen de drie kruispuntsituaties. De aanwezigheid van een andere persoon en een hogere verkeersintensiteit zorgen beide voor een langere maximale aanvaardbare wachttijd. De factoren ‘verkeerssituatie’ en ‘aanwezigheid van anderen’ hebben dus ook een effect op de maximale aanvaardbare wachttijd. De factoren ‘gender’ en ‘leeftijd’ hebben over het algemeen geen significante invloed op de maximale aanvaardbare wachttijd.

De maximale wachttijden van de voetganger en de fietser worden best gelijk gehouden. Dit is niet alleen goed voor de voorspelbaarheid, maar ook goed voor de efficiëntie en de logica in de verkeerslichtenregeling. Er is echter alleen niet geweten of dat de onderzochte maximale wachttijden van de voetganger ook aanvaardbaar zijn voor de fietser. Op dit moment worden de maximale wachttijden immers bepaald aan de hand van de beoordeling van de voetganger. Moest de fietser de wachttijd sneller vervelend, onaangenaam en ondraaglijk vinden, worden de maximale wachttijden voor de zachte weggebruiker best bepaald op basis van de aanvaardbare wachttijden van de fietser.

Tot slot kan er geconcludeerd worden dat de eigenlijke wachttijd 26 procent korter wordt gepercipieerd. Personen schatten de tijd in het VR-onderzoek dus korter in dan deze in werkelijkheid is.

## Limitaties

Ondanks het feit dat de ecologische validiteit positief werd beoordeeld (Zie Tabel 19) en dat de wetenschappelijke literatuur (Clemenson et al., 2020; Hejtmanek et al., 2020; Neo et al., 2021) aangeeft dat een *Head-Mounted Immersive virtual reality*-experiment een valide onderzoeksmethode is, zijn er limitaties bij de gekozen onderzoeksmethode en bij het uitgevoerde onderzoek.

Het oversteken van een weg is in de echte wereld een complexe taak, waarbij rekening wordt gehouden met verschillende factoren. Het al dan niet negeren van het roodlicht en de beoordeling van de wachttijd wordt zo ook beïnvloed door de bekendheid van het lichtgeregeld kruispunt, de mogelijke afleiding die de voetganger heeft, de interactie tussen de weggebruikers... Elke oversteekbeweging en wachttijdbeoordeling is een samenloop van unieke factoren die niet volledig te recreëren zijn in een (VR-)experiment. Het eigen experiment probeert de realiteit zo goed mogelijk te benaderen, al kunnen de resultaten dus afwijken van de realiteit. Meir en collega's (2013) halen ook aan dat personen tijdens een VR-experiment meer risico's durven nemen, aangezien er toch niks ergs kan gebeuren.

Bij de BIBEKO-resultaten moet er hoogstwaarschijnlijk ook rekening gehouden worden met een regressie-effect of herhalings-effect. In de BIBEKO-situatie zijn de gemiddelde maximale wachttijden van de eerste kruispuntsituatie groter dan deze van de algemene gemiddelde maximale wachttijd. De wachttijdbeoordeling van het tweede en derde kruispunt zal dus waarschijnlijk beïnvloed zijn door de (lange) wachttijd van het eerste kruispunt.

In het onderzoek is er omwille van praktische redenen een leeftijdsgrens gebruikt van 18 tot en met 69 jaar. Dit betekent dat het onderzoek de mening van -18-jarigen en 69+'ers niet in acht kan nemen. Terwijl deze personen ook gebruikers zijn van lichtgeregelde kruispunten. Uit eerdere analyses (Zie deel 9.2) is al gebleken dat de representativiteit niet altijd overeenkomt met de Vlaamse populatie. Dit is dus al een limitatie op zichzelf. Verder is kruispuntvolgorde 6 BIBEKO omwille van technische redenen niet gebruikt kunnen worden. Dit is een limitatie, ook al blijkt het uit de statistische analyse geen significant verschil te zijn met het vooropgestelde onderzoeksopzet.

Vervolgens blijkt uit het eigen onderzoek dat de tijd tijdens het VR-experiment korter wordt gepercipieerd dan deze eigenlijk is. Dit betekent dat de verkregen resultaten mogelijk een overschatting zijn. Personen zouden zo bijvoorbeeld in de realiteit minder lang willen wachten, dan wat er nu in het experiment wordt aangegeven.

De laatste limitatie is dat het VR-experiment zittend uitgevoerd wordt. Enerzijds zorgt dit voor minder realisme van het onderzoek. Anderzijds kan dit tot langere aanvaardbare wachttijden leiden, aangezien men minder snel vermoeid geraakt.

## Vervolgonderzoek

Er wordt voorgesteld om de aanvaardbare maximale wachttijden van kinderen en ouderen ook te onderzoeken. Op deze manier zullen de gebruikte maximale wachttijden gebaseerd zijn op alle leeftijden. Om deze doelgroepen te onderzoeken zijn er best meerdere onderzoekers nodig, zodat deze personen voldoende begeleiding en ondersteuning krijgen.

Verder is het belangrijk om de aanvaardbare maximale wachttijden van de fietsers te weten te komen. Het eigen onderzoek heeft deze doelgroep niet onderzocht. Al is het belangrijk om te weten of dat fietsers de maximale wachttijden van de voetgangers ook accepteren. Als fietsers kortere maximale wachttijden verwachten, zouden de maximale wachttijden van de zachte weggebruiker best bepaald worden op basis van de maximale wachttijden van de fietser en niet op basis van de maximale wachttijden van de voetganger.

Een ander interessant gegeven is om het effect van een aftelklok op de maximale wachttijd te onderzoeken. Aftelklokken worden namelijk steeds meer toegepast op lichtgeregelde kruispunten. Zorgen deze dan ook voor een grotere aanvaardbaarheid van de (maximale) wachttijd? Uit de wetenschappelijke literatuur is dit niet altijd even duidelijk. Brosseau en collega's (2013) en Diependaele (2019) geven aan dat transparantie over de wachttijd belangrijk is, om minder roodlichtnegaties te hebben en een grotere wachttijdacceptatie te creëren. Andere onderzoeken (Lipovac et al., 2013; Tertoolen & Ruijs, 2015; Bai & Sze, 2020) ondervonden dat een aftelklok voor meer roodlichtnegaties zorgen. Over het algemeen kan er uit de literatuur geconcludeerd worden dat een aftelklok het aantal roodlichtnegaties in het midden van de roodfase doet afnemen. Een aftelklok zorgt wel voor meer roodlichtnegaties op het begin en op het einde van de roodfase. De U-vorm van de roodfase is dus ook hier zichtbaar. Vervolgonderzoek kan deze conclusie bevestigen of ontkrachten.

## Literatuurlijst

- 't Hoen, W., Vanhuyse, S., Biekram, N., & Los, R. (2014). Basis voor een Nota Verkeerslichten. Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Geraadpleegd 23 januari 2022, van <https://www.crow.nl/kennis/bibliotheek-verkeer-en-vervoer/kennisdocumenten/basis-voor-een-nota-verkeerslichten>
- Abrantes, P.A., & Wardman, M.R. (2011). Meta-analysis of UK values of travel time: An update. *Transport. Res. Pol. Pract*, 45(1), 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2010.08.003>
- Aerts, L. (2019). *Burn-outcijfers blijven onrustwekkend stijgen: Te veel stress en te weinig vertrouwen bij werknemers*. VRT NWS. Geraadpleegd 2 maart 2022, van <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2019/04/04/iedereen-verliest-bij-burn-out-werknemer-gezin-organisatie-e/>
- Antwerpen.be. (2021). *Dynamische lichten in Antwerpen*. Geraadpleegd 6 januari 2022, van <https://www.antwerpen.be/info/6011961c341a38b9d7552d62/slimme-lichten-in-antwerpen>
- Avineri, E., Shinar, D., & Susilo, Y. (2012). Pedestrians' behaviour in cross walks: the effects of fear of falling and age. *Accident Analysis & Prevention*, 44(1), 30–34. DOI: 10.1016/j.aap.2010.11.028
- Bai, L., & Sze, N. N. (2020). Red light running behavior of bicyclists in urban area: Effects of bicycle type and bicycle group size. *Travel Behaviour and Society*, 21, 226-234. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2020.07.003>
- Baker, J., & Cameron, M. (1996). The Effects of the Service Environment on Affect and Consumer Perception of Waiting Time: An Integrative Review and Research Propositions. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 24, 338-349. DOI: 10.1177/0092070396244005
- Belga. (2021). *Peeters wil dit jaar 125 kruispunten conflictvrij maken*. Knack. Geraadpleegd 6 januari 2022, van [https://www.knack.be/nieuws/belgie/peeters-wil-dit-jaar-125-kruispunten-conflictvrij-maken/article-belga-1779375.html?cookie\\_check=1641460539](https://www.knack.be/nieuws/belgie/peeters-wil-dit-jaar-125-kruispunten-conflictvrij-maken/article-belga-1779375.html?cookie_check=1641460539)
- Ben-Moshe, D. (2003). *Detection of danger signals on the road and social facilitation*. Submitted in partial fulfillment of the requirements for the Master of Social Sciences degree in the Department of Criminology, Bar-Ilan University.
- Beuls, J., & Kerkhofs T. (2022). *Optimalisatie van het besluitvormingsproces bij conflictvrije kruispunten*. UHasselt. Geraadpleegd 2 maart 2022, van eigen bibliotheek.
- Borges, A., Maurer Herter, M., & Chebat, J.-C. (2015). “It was not that long!”: The effects of the in-store TV screen content and consumers emotions on consumer waiting perception. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 22, 96–106. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jretconser.2014.10.005>
- Börjesson, M., & Eliasson, J. (2012). The value of time and external benefits in bicycle appraisal. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(4), 673-683, <https://doi.org/10.1016/j.tra.2012.01.006>
- Bos, J. (2015). Less sickness with more motion and/or mental distraction. *Journal of vestibular research: equilibrium & orientation*, 25, 23-33. DOI: 10.3233/VES-150541
- Bossuyt, G. (2003). *Vademecum voetgangersvoorzieningen*. Mوبiel Vlaanderen. Geraadpleegd 8 januari 2022, van <https://wegenverkeer.be/sites/default/files/uploads/documenten/Vademecum%20Voetgangersvoorzieningen.pdf>
- Brijs, T., & Van Der Waerden, P. (2017). Hoorcollege 3 voorzieningen voor voetgangers: wachttijdacceptatie. Geraadpleegd 28 februari 2022, van eigen bibliotheek.
- Brosseau, M., Zangenehpour, S., Saunier, N., & Miranda-Moreno, L. (2013). The impact of waiting time and other factors on dangerous pedestrian crossings and violations at signalized intersections: A case study in Montreal. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 21, 159–172. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2013.09.010>

- Bruder, G., & Steinicke, F. (2014). Time Perception during Walking in Virtual Environments. *Institute of Electrical and Electronics Engineers: Xplore*, 67-68. DOI:10.1109/VR.2014.6802054
- Cambon de Lavalette, B., Tijus, C., Poitrenaud, S., Leproux, C., Bergeron, J., & Thouez, J.-P. (2009). Pedestrian crossing decision-making: A situational and behavioral approach. *Safety Science*, 47(9), 1248-1253. DOI: 10.1016/j.ssci.2009.03.016
- Casters, W. (2019). *V016208v04 – Programmatiedocument - Herinrichting + Actieplan Verkeerslichten*. Agentschap Wegen en Verkeer. Verkregen 4 februari 2022, via e-mail.
- Casters, W. (2020). *Handboek Ontwerp verkeerslichtenregelingen 2020*. Agentschap Wegen en Verkeer. Geraadpleegd 6 januari 2022, van <https://wegenenverkeer.be/sites/default/files/uploads/documenten/Handboek%20Ontwerp%20verkeerslichtenregelingen%202020.pdf>
- Casters, W. (2021). *V016274 - Kruispunt N750 (Oosterring) met Fletersdel - Driekleurige lichtsignalisatie*. Agentschap Wegen en Verkeer. Verkregen 4 februari 2022, via e-mail.
- CheckMarket. (z.d.). Optimale steekproefgrootte. Geraadpleegd 14 april 2022, van <https://nl.checkmarket.com/steekproefcalculator/>
- Cinnamon, J., Schuurman, N., & Hameed, S. M. (2011). Pedestrian Injury and Human Behaviour: Observing Road-Rule Violations at High-Incident Intersections. *PLoS ONE*, 6(6), e21063. DOI: 10.1371/journal.pone.0021063
- Clemenson, G. D., Wang, L., Mao, Z., Stark, S. M., & Stark, C. E. L. (2020). Exploring the Spatial Relationships Between Real and Virtual Experiences: What Transfers and What Doesn't. *Frontiers in Virtual Reality*, 1, 572122. <https://doi.org/10.3389/frvir.2020.572122>
- CM. (z.d.). *Beginnen bewegen bij overgewicht*. Geraadpleegd 2 maart 2022, van <https://www.cm.be/gezond-leven/beweging/beweegplezier/goed-beginnen/bij-overgewicht>
- Dekaezemaker, S. (2021). *Fietsster (40) in levensgevaar na aanrijding door vrachtwagen: "Waarschijnlijk dodehoekongeval"*. Het Nieuwsblad. Geraadpleegd 6 januari 2022, van [https://www.nieuwsblad.be/cnt/dmf20210818\\_92872058](https://www.nieuwsblad.be/cnt/dmf20210818_92872058)
- de Schepper, M. (2021). *Interview over conflictvrije kruispunten op stedelijk niveau*. Stad Hasselt. Geïnterviewd 16 november 2021, via e-mail.
- Dickinson, P., Gerling, K., Wilson, L., & Parke, A. (2020). Virtual reality as a platform for research in gambling behaviour. *Computers Human Behavior*, 107, 106293. DOI: 10.1016/j.chb.2020.106293
- Diependaele, K. (2015). Respect voor verkeerslichten bij voetgangers; Een nationale gedragsmeting in België. Brussel, België: Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid – Kenniscentrum. Geraadpleegd 8 januari 2022, van <https://www.vias.be/publications/Respect%20voor%20verkeerslichten%20bij%20voetgangers%20-%20Een%20nationale%20gedragsmeting%20in%20Belgi%C3%AB/Respect%20voor%20verkeerslichten%20bij%20voetgangers%20-%20Een%20nationale%20gedragsmeting%20in%20Belgi%C3%AB.pdf>
- Diependaele, K. (2019). Non-compliance with pedestrian traffic lights in Belgian cities. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 67, 230-241. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.11.017>
- Dommes, A., Granié, M.-A., Cloutier, M.-S., Coquelet, C., & Huguenin-Richard, F. (2015). Red light violations by adult pedestrians and other safety-related behaviors at signalized crosswalks. *Accident Analysis and Prevention*, 80, 67-75. DOI: 10.1016/j.aap.2015.04.002
- Duurzaamnieuws. (2016). *Fietsen heeft alleen maar voordelen*. Geraadpleegd 2 maart 2022, van <https://www.duurzaamnieuws.nl/fietsen-heeft-alleen-maar-voordelen/>
- Fietsberaad Vlaanderen. (2020a). *FietsDNA*. Geraadpleegd 6 januari 2022, van [https://fietsberaad.be/wp-content/uploads/FietsDNA\\_2020\\_lwr.pdf](https://fietsberaad.be/wp-content/uploads/FietsDNA_2020_lwr.pdf)

- Fietsberaad Vlaanderen. (2020b). *Veiligheid en fietscomfort aan verkeerslichtengeregelde kruispunten*. Geraadpleegd 8 januari 2022, van [https://fietsberaad.be/wp-content/uploads/Onderzoek-VRI\\_Onderzoeksrapport\\_DEF.pdf](https://fietsberaad.be/wp-content/uploads/Onderzoek-VRI_Onderzoeksrapport_DEF.pdf)
- Fietsersbond Nederland. (z.d.). *Verkeerslichten*. Geraadpleegd 23 januari 2022, van <https://www.fietsersbond.nl/ons-werk/infrastructuur/verkeerslichten/>
- Fox, J., & Bailenson, J. N. (2010). The use of doppelgängers to promote health and behavior change. *Journal of Cyber Therapy and Rehabilitation*, 3(2), 16–17. DOI:10.1037/e530522011-003
- Fraboni, F., Marín Puchades, V., De Angelis, M., Pietrantonio, L., & Prati, G. (2018). Red-light running behavior of cyclists in Italy: An observational study. *Accident Analysis & Prevention*, 120, 219-232. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.08.013>
- Friman, M. (2010). Affective dimensions of the waiting experience. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 13(3), 197-205. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2010.04.006>
- Gardner, M., & Steinberg, L. (2005). Peer Influence on Risk Taking, Risk Preference, and Risky Decision Making in Adolescence and Adulthood: An Experimental Study. *Developmental Psychology*, 41(4), 625–635. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.41.4.625>
- Gelau, C., Sirek, J., & Dahmen-Zimmer, K. (2011). Effects of time pressure on left-turn decisions of elderly drivers in a fixed-base driving simulator. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 14(1), 76-86. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2010.10.002>
- Goethals, P. (2021). *Interview over conflictvrije kruispunten op stedelijk niveau*. Arcadis. Geïnterviewd 16 november 2021, via e-mail.
- Goodreads. (z.d.). *Quotable quote – Samuel Beckett, Waiting for Godot*. Geraadpleegd 2 maart 2022, van <https://www.goodreads.com/quotes/464474-nothing-happens-nobody-comes-nobody-goes-it-s-awful>
- Google Earth. (2020a). *Satellietfoto van het kruispunt R70 x Kempische Steenweg (N74)*. Geraadpleegd 17 februari 2022, van <https://earth.google.com/web/@50.93410943,5.33947102,33.18645018a,180.74950038d,35y,-0h,0t,0r>
- Google Earth. (2020b). *Satellietfoto van het kruispunt N750 x Fletersdel*. Geraadpleegd 17 februari 2022, van <https://earth.google.com/web/@50.94250979,5.51783931,80.76519711a,365.0521731d,35y,0h,0t,0r>
- Google Maps. (2021a). *Beeld van het kruispunt R70 x Kempische Steenweg (N74)*. Geraadpleegd 17 februari 2022, van [https://www.google.be/maps/@50.9339986,5.3398507,3a,75y,292.33h,86.64t/data=!3m6!1e1!3m4!1sk7uJeoPgOcdw\\_gd98gE-VQ!2e0!7i16384!8i8192?hl=nl](https://www.google.be/maps/@50.9339986,5.3398507,3a,75y,292.33h,86.64t/data=!3m6!1e1!3m4!1sk7uJeoPgOcdw_gd98gE-VQ!2e0!7i16384!8i8192?hl=nl)
- Google Maps. (2021b). *Beeld van het kruispunt N750 x Fletersdel*. Geraadpleegd 17 februari 2022, van <https://www.google.be/maps/@50.9418776,5.5182789,3a,75y,29.52h,83.24t/data=!3m6!1e1!3m4!1sSvBljE1ib4RLtQYjKCNa-g!2e0!7i16384!8i8192?hl=nl>
- Granié, M.-A., Dommes, A., Cloutier, M.-S., Coquelet, C., & Huguenin-Richard, F. (2014). Etude des effets de l'âge et du contexte de traversée de rue sur les comportements observés sur passages piéton régulés. In M. S. Cloutier (Ed.), *La ville sous nos pieds: connaissances et pratiques favorables aux mobilités piétonnes*, 275-284. Geraadpleegd 19 november 2022, van [https://www.researchgate.net/publication/280891413\\_Etude\\_des\\_effets\\_de\\_l'age\\_et\\_du\\_contexte\\_de\\_traversee\\_de\\_rue\\_sur\\_les\\_comportements\\_observes\\_sur\\_passages\\_pieton\\_regules](https://www.researchgate.net/publication/280891413_Etude_des_effets_de_l'age_et_du_contexte_de_traversee_de_rue_sur_les_comportements_observes_sur_passages_pieton_regules)
- Guo, H., Gao, Z., Yang, X., & Jiang, X. (2011). Modeling Pedestrian Violation Behavior at Signalized Crosswalks in China: A Hazards-Based Duration Approach. *Traffic Injury Prevention*, 12, 96-103. DOI: 10.1080/15389588.2010.518652



- Guo, H., Li, Z., Wu, Y., & Xu, C. (2018). Exploring unobserved heterogeneity in bicyclists' red-light running behaviors at different crossing facilities. *Accident Analysis & Prevention*, *115*, 118-127. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.03.006>
- Hamed, M. M. (2001). Analysis of pedestrians' behavior at pedestrian crossings. *Safety Science*, *38*, 63-82. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(00\)00058-8](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00058-8)
- Hejtmanek, L., Starrett, M., Ferrer, E., & Ekstrom, A. D. (2020). How much of what we learn in virtual reality transfers to real-world navigation?. *Multisensory Research*. *33*, 479-503. DOI: 10.1163/22134808-20201445
- Hermans, E. (2021). *Observatie*. Gepresenteerd 12 maart 2021, via BlackBoard.
- Hirschi, T. (1969). Key Idea: Hirschi's Social Bond/Social Control Theory. *SAGE Publications*, 55-71. <http://dx.doi.org/10.4135/9781483388045.n5>
- Holm, A., Jaani, J., Eensoo, D., & Piksööt, J. (2018). Pedestrian behaviour of 6th grade Estonian students: Implications of social factors and accident-prevention education at school. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *52*, 112-119, <https://doi.org/10.1016/j.trf.2017.11.005>
- Hornik, J. (1992). Time Estimation and Orientation Mediated by Transient Mood. *Journal of Socio-Economics*, *21*(3), 209-227. [https://doi.org/10.1016/1053-5357\(92\)90010-5](https://doi.org/10.1016/1053-5357(92)90010-5)
- Howarth, P. A., & Costello, P. J. (1997). The occurrence of virtual simulation sickness symptoms when an HMD was used as a personal viewing system. *Displays*, *18*(2), 107-116. DOI: 10.1016/s0141-9382(97)00011-5
- Huijbregts, J. (2021). *Interview over conflictvrije kruispunten op stedelijk niveau en in Nederland*. Stad Mechelen. Geïnterviewd 23 november 2021, via Microsoft Teams.
- Jacobs, D., Geurts, J., Dreesen, R., Maes, M., & Pergens, P. (2021). *Zwarte donderdag kost Limburgse fietsers het leven*. Het Belang van Limburg. Geraadpleegd 6 januari 2022, van [https://www.hbvl.be/cnt/dmf20211028\\_96898118](https://www.hbvl.be/cnt/dmf20211028_96898118)
- Kalatian, A., Sobhani, A., & Farooq, B. (2020). Analysis of distracted pedestrians' waiting time: Head-Mounted Immersive Virtual Reality application. *Collective Dynamics*, *5*, 46-52. DOI: <http://dx.doi.org/10.17815/CD.2020.32>.
- Kato, S., Kato, Y., & Ozawa, Y. (2020). Reply Speed as Nonverbal Cue in Text Messaging with a Read Receipt Display Function: Effects of Messaging Dependency on Times until Negative Emotions Occur While Waiting for a Reply. *International Journal of Technology and Human Interaction*, *16*(1), 1-18. DOI: 10.4018/IJTHI.2020010103
- Kim, H. M., & Mateo-Babiona, I. (2018). Pedestrian Crossing Environments in an Emerging Chinese City: Vehicle Encountering, Seamless Walking, and Sensory Perception Perspectives. *Sustainability*, *10* (7), 1-17. DOI: 10.3390/su10072200
- Kooijman, L., Happee, R., & de Winter, J. (2019). How do eHMIs affect pedestrians' crossing behavior? A study using a head-mounted display combined with a motion suit. *Information*, *10*(12), 386. doi:10.3390/info10120386
- Kumar, A., & Ghosh, I. (2022). Non-compliance behaviour of pedestrians and the associated conflicts at signalized intersections in India. *Safety Science*, *147*, 105604. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105604>
- Lam, T. C., & Small, A. K. (2001). The value of time and reliability: measurement from a value pricing experiment. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *37*(2-3), 231-251. [https://doi.org/10.1016/S1366-5545\(00\)00016-8](https://doi.org/10.1016/S1366-5545(00)00016-8)
- Landeck, M., Unruh, F., Lugin, J.-L., & Latoschik, M. (2020). Metachron: A framework for time perception research in VR. *VRST '20: 26th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, 1-3. DOI: 10.1145/3385956.3422111

- Li, B. (2013). A model of pedestrians' intended waiting times for street crossings at signalized intersections. *Transportation Research Part B: Methodological*, 51, 17–28. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2013.02.002>
- Li, Y., & Fernie, G. (2010). Pedestrian behavior and safety on a two-stage crossing with a center refuge island and the effect of winter weather on pedestrian compliance rate. *Accident Analysis & Prevention*, 42(4), 1156-1163. DOI: 10.1016/j.aap.2010.01.004
- Lipovac, K., Vujanic, M., Maric, B., & Nestic, M. (2013). Pedestrians' Behavior at Signalized Pedestrian Crossings. *ASCE Journal of Transportation Engineering*, 139(2), 165-172. DOI: 10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000491
- Lobjois R, Benguigui N, & Cavallo V. (2013). The effects of age and traffic density on street-crossing behavior. *Accident Analysis and Prevention*, 53, 166-75. DOI: 10.1016/j.aap.2012.12.028.
- Meir, A., Parmet, Y., & Oron-Gilad, T. (2013). Towards understanding child-pedestrians' hazard perception abilities in a mixed reality dynamic environment. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 20, 90–107. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2013.05.004>
- Mishra, G. S., Mokhtarian, P. L., & Widaman, K. F. (2015). An empirical investigation of attitudes toward waiting on the part of Northern California commuters. *Travel Behaviour and Society*, 2(2), 78-87. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2014.09.002>
- Mukherjee, D., & Mitra, S. (2020). A comprehensive study on factors influencing pedestrian signal violation behaviour: Experience from kolkata city, India. *Safety Science*, 124(4), 104610. DOI: 10.1016/j.ssci.2020.104610
- Mulder, T. (z.d.). *Waarom heb ik een hekel aan wachten?*. Nemosciencemuseum. Geraadpleegd 24 januari 2022, van <https://www.nemosciencemuseum.nl/nl/wat-is-er-te-doen/activiteiten/kinderlezingen/waarom-heb-ik-een-hekel-aan-wachten/>
- Navarro, M. D., Lloréns Rodríguez, R., Noé, E., Ferri, J., & Alcañiz Raya, M. L. (2013). Validation of a low-cost virtual reality system for training street-crossing. A comparative study in healthy, neglected and non-neglected stroke individuals. *Neuropsychological Rehabilitation*, 23(4), 597-618. doi:10.1080/09602011.2013.806269
- Neo, J. R. J., Won, A. S., & Shepley, M. M. (2021). Designing Immersive Virtual Environments for Human Behavior Research. *Frontiers in Virtual Reality*, 2, 603750. DOI: 10.3389/frvir.2021.603750
- Ni, Y. (2010). *Pedestrian Safety at Urban Signalised Intersections*. Geography. Geraadpleegd 2 februari 2022, van <https://www.semanticscholar.org/paper/Pedestrian-Safety-at-Urban-Signalised-Intersections-Ni/772ed9a8cf3474c6b3f2a7302bc01a840712e88f>
- Othayoth, D., & Krishna Rao, K. V. (2020). Assessing the relationship between perceived waiting time and level of service at signalized intersection under heterogeneous traffic conditions. *Asian Transport Studies*, 6, 100024. <https://doi.org/10.1016/j.eastsj.2020.100024>
- Pai, C.-W., & Jou. R.-C. (2014). Cyclists' red-light running behaviours: An examination of risk-taking, opportunistic, and law-obeying behaviours. *Accident Analysis & Prevention*, 62, 191-198. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.09.008>
- Pawar, N. M., Khanuja, R. K., Choudhary, P., & Velaga, N. R. (2020). Modelling braking behaviour and accident probability of drivers under increasing time pressure conditions. *Accident Analysis & Prevention*, 136, 105401. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.105401>
- Peeters, L. (2021). *Vraag nr. 650 van Stijn Bex*. Vlaams Parlement. Geraadpleegd 22 januari 2022, van <https://docs.vlaamsparlement.be/pfile?id=1665584>
- Pelé, M., Bellut, C., Debergue, E., Gauvin, C., Jeanneret, A., Leclere, T., Nicolas, L., Pontier, F., Zausa, D., & Sueur, C. (2017). Cultural influence of social information use in pedestrian road-crossing behaviours. *Royal Society open science*, 4(2): 1-16. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.160739>

- Pfeffer, K., Fagbemia, H. P., & Stenneta, S. (2010). Adult pedestrian behavior when accompanying children on the route to school. *Traffic Injury Prevention, 11*(2), 188–193. <https://doi.org/10.1080/15389580903548576>
- Polders, E., Daniëls, S., Hermans, E., Brijs, T., & Wets, G. (2015). *Ongevallenpatronen op verkeerslichtengeregelde kruispunten*. Steunpunt verkeersveiligheid. Verkregen via e-mail.
- Ponsaerts, S. (2019). *Hoe krijgen we België klimaatneutraal tegen 2050?*. Het Laatste Nieuws. Geraadpleegd 2 maart 2022, van <https://www.hln.be/wetenschap-planeet/milieu/hoe-krijgen-we-belgie-klimaatneutraal-tegen-2050~af1dcccff/>
- Raoniar, R., & Maurya, A. K. (2022). Pedestrian red-light violation at signalised intersection crosswalks: Influence of social and non-social factors. *Safety Science, 147*, 105583. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105583>
- Ren, G., Zhou, Z., Wang, W., Zhang, Y., & Wang, W. (2011). Crossing Behaviors of Pedestrians at Signalized Intersections Observational Study and Survey in China. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, 2264*, 65-73. DOI: 10.3141/2264-08
- Rendon-Velez, E., van Leeuwen, P. M., Happee, R., Horváth, I., van der Vegte, W. F., & de Winter, J. C. F. (2016). The effects of time pressure on driver performance and physiological activity: A driving simulator study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 41*, 150-169. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.06.013>
- Reynolds, E.K., MacPherson, L., Schwartz, S., Fox, N. A., & Lejuez, C.W. (2014). Analogue Study of Peer Influence on Risk-Taking Behavior in Older Adolescents. *Prev Sci 15*, 842–849. <https://doi.org/10.1007/s11121-013-0439-x>
- Richardson, M., & Caulfield, B. (2015). Investigating traffic light violations by cyclists in Dublin City Centre. *Accident Analysis & Prevention, 84*, 65–73. DOI: 10.1016/j.aap.2015.08.011
- Rosenbloom, T. (2009). Crossing at a red light: Behaviour of individuals and groups. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 12* (5), 389–394. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2009.05.002>
- Rosenbloom, T., & Wolf, Y. (2002a). Sensation seeking and detection of risky road signals: A developmental perspective. *Accident Analysis and Prevention, 34*(5), 569–580. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(01\)00054-9](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(01)00054-9)
- Rosenbloom, T., & Wolf, Y. (2002b). Signal detection in conditions of everyday life traffic dilemmas. *Accident Analysis and Prevention, 34*(6), 763–772. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(01\)00076-8](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(01)00076-8)
- Rupi, F., Poliziani, C., & Schweizer, J. (2020). Analysing the dynamic performances of a bicycle network with a temporal analysis of GPS traces. *Case Studies on Transport Policy, 8*(3), 770-777. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.05.007>
- Sanders, T., & Cairns, P. (2010). Time perception, immersion and music in videogames. Proceedings of the 24th BCS Interaction Specialist Group Conference (BCS '10). *BCS Learning & Development Ltd.*, 160–167. DOI:10.14236/ewic/HCI2010.21
- Schepers, P., Hagenzieker, M., Methorst, R., van Wee, B. & Wegman, F. (2014). A conceptual framework for road safety and mobility applied to cycling safety. *Accident Analysis & Prevention, 62*, 331-340. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2013.03.032>
- Schneider, S. M., Kisby, C. K., & Flint, E. P. (2011). Effect of virtual reality on time perception in patients receiving chemotherapy. *Supportive care in cancer: official journal of the Multinational Association of Supportive Care in Cancer, 19*(4), 555–564. <https://doi.org/10.1007/s00520-010-0852-7>
- Schweizer, H. (2008). *On waiting*. Taylor & Francis Ltd, 1-13. Geraadpleegd 24 januari 2022, van <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9780203927151/waiting-harold-schweizer>

- Shi, Y., Du, J., Ahn, C. R., & Ragan, E. (2019). Impact assessment of reinforced learning methods on construction workers' fall risk behavior using virtual reality. *Automation in Construction*, *104*, 197–214. DOI: 10.1016/j.autcon.2019.04.015
- Slootmans, F. (2020). *Statistisch Rapport 2020-Verkeersongevallen 2019*. Brussel, België: VIAS Institute - Kenniscentrum Verkeersveiligheid. Geraadpleegd 6 januari 2022, van [https://www.vias.be/publications/Statistisch%20rapport%202020%20-%20verkeersongevallen%202019/Statistisch\\_rapport\\_2020\\_Verkeersongevallen\\_2019.pdf](https://www.vias.be/publications/Statistisch%20rapport%202020%20-%20verkeersongevallen%202019/Statistisch_rapport_2020_Verkeersongevallen_2019.pdf)
- Snick, C. (2021). *De oplossing voor ongevallen op kruispunten lijkt simpel, maar waarom wordt die dan niet overal ingevoerd?* Het Belang van Limburg. Geraadpleegd 6 januari 2022, van [https://www.hbvl.be/cnt/dmf20210825\\_94665168](https://www.hbvl.be/cnt/dmf20210825_94665168)
- Sobhani, A., & Farooq, B. (2018). Impact of Smartphone Distraction on Pedestrians' Crossing Behaviour: An Application of Head-Mounted Immersive Virtual Reality. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *58*, 228-241. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.06.020>
- Speisser, N., Damas, C., & Lab, S. (2018). Impact of waiting times on pedestrians' and car drivers' behaviour at signalised intersections. *7th Transport Research Arena TRA*, 1-8. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1440958>
- Statbel. (2021). *Structuur van de bevolking*. Geraadpleegd 14 april 2022, van <https://bestat.statbel.fgov.be/bestat/crosstable.xhtml?view=7ef37f09-4a96-4c4c-8d90-350d3dafb4ac>
- Statistiek Vlaanderen. (2019). *Onvoldoende beweging en overgewicht*. Geraadpleegd 2 maart 2022, van <https://www.statistiekvlaanderen.be/nl/onvoldoende-beweging-en-overgewicht>
- Stavrinos, D., Byington, K. W., & Schwebel, D. C. (2011). Distracted walking: Cell phones increase injury risk for college pedestrians. *Journal of Safety Research*, *42*(2), 101-107. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2011.01.004>
- Stradling, S. G., Noble, A., Carreno, M., Jeffrey, G., & Marshall, I. (2004). *Eight reasons people don't like buses*. Paper presented at ICTTP 2004. Geraadpleegd 25 januari, via [https://www.ivp.tu-berlin.de/fileadmin/fg93/Aktuelles/Psychology\\_of\\_sustainable\\_mobility\\_outline.pdf](https://www.ivp.tu-berlin.de/fileadmin/fg93/Aktuelles/Psychology_of_sustainable_mobility_outline.pdf)
- Suck, R., & Holling, H. (1997). Stress caused by waiting: A theoretical evaluation of a mathematical model. *J. Math. Psychol.*, *41*(3), 280–286. DOI: 10.1006/jmps.1997.1176
- Sun, J., Yang, Y., & Wang, H. (2011). *Development and Application of a Simulation-Enhanced Platform for Pedestrian Crossing Behaviors Experiment*. TRB annual meeting 2011. Geraadpleegd 2 februari 2022, van [https://www.researchgate.net/publication/263484864\\_Development\\_and\\_Application\\_of\\_a\\_Simulation-Enhanced\\_Platform\\_for\\_Pedestrian\\_Crossing\\_Behaviors\\_Experiment](https://www.researchgate.net/publication/263484864_Development_and_Application_of_a_Simulation-Enhanced_Platform_for_Pedestrian_Crossing_Behaviors_Experiment)
- SWOV (2019). *Duurzaam Veilig Wegverkeer*. SWOV-factsheet, maart 2019. Den Haag. Geraadpleegd 6 januari 2022, van <https://www.swov.nl/feiten-cijfers/factsheet/duurzaam-veilig-wegverkeer>
- Tajfel, H., & Turner, J. C. (1979). An Integrative Theory of Intergroup Conflict. *The social psychology of inter-group relations*, 33-47. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5583-7\\_289](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5583-7_289)
- Tertoolen, G., & Ruijs, K. (2015). *Factsheet Roodlichtnegatie*. XTNT in opdracht van CROW. Geraadpleegd 8 januari 2022, van <https://www.crow.nl/getmedia/2cbf281b-4d1e-471b-8f33-7a602ea64a58/factsheet-roodlichtnegatie.pdf.aspx?ext=.pdf>
- Van Dale. (z.d.). Betekenis 'wachten'. Geraadpleegd 24 januari 2022, van <https://www.vandale.nl/gratis-woordenboek/nederlands/betekenis/wachten#.Ye5x5v7MK5c>
- van der Ham, I.J.M., Klaassen, F., van Schie, K., & Cuperus, A. (2019). Elapsed time estimates in virtual reality and the physical world: The role of arousal and emotional valence. *Computers in Human Behavior*, *94*, 77-81. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.01.005>.

- van Os, E. (2019). *Fietscomfort aan verkeerslichten*. Fietsberaad Vlaanderen. Geraadpleegd 23 januari 2022, van [https://fietsberaad.be/wp-content/uploads/SF-Magazine\\_December-2019\\_Fietscomfort-1.pdf](https://fietsberaad.be/wp-content/uploads/SF-Magazine_December-2019_Fietscomfort-1.pdf)
- Van Raemdonck, K., & Lammar, P. (2021). *Jaarrapport Verkeersveiligheid: Analyse van verkeersveiligheidsindicatoren in Vlaanderen tot en met 2019*. Afdeling Vlaams Huis. Geraadpleegd 6 januari 2022, van [https://assets.vlaanderen.be/image/upload/v1615801255/Jaarrapport\\_verkeersveiligheid\\_2019\\_ut71f0.pdf](https://assets.vlaanderen.be/image/upload/v1615801255/Jaarrapport_verkeersveiligheid_2019_ut71f0.pdf)
- Västfjäll, D., Friman, M., Gärling, T., & Kleiner, M. (2002). The measurement of core affect: a Swedish self-report measure derived from the affect circumplex. *Scandinavian Journal of Psychology*, *43*(1), 19-31. DOI: 10.1111/1467-9450.00265.
- Venken, R. (2021). *Interview over conflictvrije kruispunten op stedelijk niveau*. Sweco. Geïnterviewd 16 november 2021, via e-mail.
- Wang, W., Guoa, H., Gaob, Z., & Bubb, H. (2011). Individual differences of pedestrian behaviour in midblock crosswalk and intersection. *International Journal of Crashworthiness*, *16*(1), 1–9. DOI: 10.1080/13588265.2010.491715
- Willekens, M., & de Koning, R. (2021). *Slim afwikkelen fietsers en voetgangers op geregelde kruispunten*. Fietsberaad CROW. Geraadpleegd 27 januari 2022, van <https://fietsberaad.nl/getmedia/9f0a5085-d7e3-4d71-b217-55a2b3f92fd4/Slim-afwikkelen-fietsers-en-voetgangers-op-geregelde-kruispunten.pdf.aspx?ext=.pdf>
- Wilson, A. (2014). *Handboek verkeerslichtenregelingen 2014*. CROW. Uitgeleend van de universiteitsbibliotheek van de Universiteit Hasselt.
- Witmer, B. G., Jerome, C. J., & Singer, M. J. (2005). The factor structure of the presence Questionnaire. *Faculty Bibliography 2000s*, *14*(3), 298-312. <https://dx.doi.org/10.1162/105474605323384654>
- Wu, C., Yao, L., & Zhang, K. (2012). The red-light running behavior of electric bike riders and cyclists at urban intersections in China: An observational study. *Accident Analysis and Prevention*, *49*, 186-192. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.06.001>
- Wu, Y., Guo, Y., & Yin, W. (2021). Real Time Safety Model for Pedestrian Red-Light Running at Signalized Intersections in China. *Sustainability*, *13*, 1695. <https://doi.org/10.3390/su13041695>
- Yagil, D. (2000). Beliefs, motives and situational factors related to pedestrians' self-reported behavior at signal-controlled crossings. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *3*(1), 1-13. [https://doi.org/10.1016/S1369-8478\(00\)00004-8](https://doi.org/10.1016/S1369-8478(00)00004-8)
- Yan, F., Li, B., Zhang, W., & Hu, G. (2016). Red-light running rates at five intersections by road user in Changsha, China: An observational study. *Accident Analysis and Prevention*, *95*, 381-386. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.06.006>
- Yang, J., Deng, W., Wang, J., Li, Q., & Wang, Z. (2006). Modeling pedestrians' road crossing behavior in traffic system micro-simulation in China, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *40*(3), 280-290. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2005.08.001>
- Yang, X., Huan, M., Abdel-Aty, M., Peng, Y., & Gao, Z. (2015). A hazard-based duration model for analyzing crossing behavior of cyclists and electric bike riders at signalized intersections. *Accident Analysis & Prevention*, *74*, 33-41. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.10.014>
- Yang, Y., & Sun, J. (2013). Study on pedestrian red-time crossing behavior. *Transportation Research record*, *2393*, 117–124. <https://doi.org/10.3141/2393-13>
- Zhang, W., Wang, K., Wang, L., & Feng, Z., & Du, Y. (2016). Exploring factors affecting pedestrians' red-light running behaviors at intersections in China. *Accident Analysis & Prevention*, *96*, 71-78. DOI: 10.1016/j.aap.2016.07.038

- Zhu, D., & Sze, N.N. (2021). Propensities of red light running of pedestrians at the two-stage crossings with split pedestrian signal phases. *Accident Analysis & Prevention*, *151*, 105958. DOI: 10.1016/j.aap.2020.105958
- Zhu, D., Sze, N.N., & Bai, L. (2021a). Roles of personal and environmental factors in the red light running propensity of pedestrian: Case study at the urban crosswalks. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *76*, 47-58, <https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.11.001>
- Zhu, D., Sze, N.N., & Feng, Z. (2021b). The trade-off between safety and time in the red light running behaviors of pedestrians: A random regret minimization approach. *Accident Analysis & Prevention*, *158*, 106214. DOI: 10.1016/j.aap.2021.106214
- Zhu, D., Sze, N. N., Feng, Z., & Yang, Z. (2022). A two-stage safety evaluation model for the red light running behaviour of pedestrians using the game theory. *Safety Science*, *147*, 105600. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105600>

## Bijlagen

ICF

### **Toestemmingsformulier**

#### **Titel van het onderzoek:**

Geschiktheid van virtuele realiteit om aan mobiliteitsonderzoek te doen.

#### **Naam & contactgegevens onderzoeker:**

Jeroen Beuls, student UHasselt

jeroen\_beuls@student.uhasselt.be

#### **Doel, verloop en methodologie van het onderzoek:**

Het onderzoeksdoel is om meer kennis te verkrijgen over de geschiktheid van virtuele realiteit om mobiliteitsonderzoeken uit te voeren. Het onderzoek wordt uitgevoerd in het kader van de thesis/masterproef van de masterstudent Mobiliteitswetenschappen Jeroen Beuls. Het onderzoek gebeurt op basis van een VR-experiment en een vragenlijst. Het onderzoek zal ongeveer 30 minuten in beslag nemen. Onderstaande tekst geeft een kort overzicht over het verloop van het onderzoek:

- De deelnemer krijgt een mondelinge uitleg over het verloop, het VR-materiaal en het nut van het onderzoek. De deelnemer gaat akkoord met het toestemmingsformulier.
- Een korte trainingssessie wordt uitgevoerd, om de deelnemer kennis te laten maken met de virtuele omgeving en het VR-materiaal.
- Het VR-experiment gaat vervolgens van start. De deelnemer zal zich als voetganger doorheen de virtuele wereld begeven. Tijdens het experiment zal de deelnemer enkele activiteiten moeten uitvoeren (Bv. drukken op een drukknop) en drie lichtgeregelde kruispunten oversteken.
- Een vragenlijst wordt ingevuld. De vragenlijst beschikt over socio-demografische vragen en onderzoek gerelateerde vragen.

#### **Alvorens met het onderzoek van start te gaan, vragen wij u om de informatie hieronder grondig te lezen:**

- Ik heb de bovenstaande informatie over deze studie (bv. onderzoeksdoelstelling) gelezen.
- Ik begrijp de opzet van dit onderzoek alsook wat er van mij verwacht wordt tijdens dit onderzoek.
- Ik weet dat ik zal deelnemen aan een (VR-)experiment en ik weet dat hier ongemakken zoals duizeligheid, hoofdpijn, zweten, wazig zicht, vermoeidheid, oprispingen... kunnen door ontstaan.
- Ik begrijp dat mijn deelname aan deze studie vrijwillig is en dat ik het recht heb om mijn deelname tijdens de afname op elk moment stop te zetten. Daarvoor hoef ik geen reden te geven en weet ik dat daaruit geen nadeel voor mij kan ontstaan.
- Ik begrijp dat de resultaten van dit onderzoek kunnen gebruikt worden voor wetenschappelijke doeleinden en mogen gepubliceerd worden. Mijn naam wordt daarbij niet gepubliceerd en de vertrouwelijkheid van mijn gegevens is in elk stadium van het onderzoek gewaarborgd.
- Ik weet dat de resultaten van dit onderzoek gedurende vijf jaar worden bijgehouden en na deze periode zullen verwijderd worden.



-Voor vragen weet ik dat ik na mijn deelname terecht kan bij: student Jeroen Beuls (jeroen\_beuls@student.uhasselt.be) of promotor Tom Brijs (tom.brijs@uhasselt.be).

- Voor eventuele klachten of andere bezorgdheden omtrent de verwerking van persoonsgegevens kan ik contact opnemen met de functionaris voor gegevensbescherming/data protection officer van de UHasselt: dpo@uhasselt.be

- Voor meer informatie omtrent de uitoefening van mijn rechten of het neerleggen van een klacht kan ik terecht op onze Privacyverklaring.

**Toestemming:**

- Ik heb bovenstaande informatie gelezen en begrepen, en heb antwoord gekregen op al mijn vragen betreffende deze studie.

- Ik ga ermee akkoord deel te nemen aan dit onderzoek

- Ik ben akkoord dat mijn gegevens/antwoorden geregistreerd worden

Handtekening deelnemer

Datum

## Geometrie VR-kruispunten

Tabel 24: Afmetingen en informatie over de VR-kruispunten

Ontwerp	BIBEKO	BUBEKO
# rijstroken per richting	1	2
Breedte rijstroken (m)	A: 3 B/D: 2.5	A/C: 4 B/D: 3.5
Breedte voetpaden (m)	B: 2 A/D: 3	Geen voetpad (wandelen op het fietspad/gras)
Breedte zebrapaden (m)	4	4
Breedte fietspaden (m)	/	1.5: fietspaden en eenrichtingsoversteken 3: dubbelrichtingsoversteken
Breedte middeneiland (m)	/	3
Markeringen fietspaden	/	Rode fietspaden
Soort verkeerslicht voor gemotoriseerd	Volle lens portiek	Volle lens portiek
Licht voet/fiets	Ja, aan het verkeerslicht	Ja, aan het verkeerslicht & apart
Drukknop?	Ja, drukknopen voetganger	Ja, drukknopen voor voetganger & fietser

## VR-onderzoek: vragenlijst

---

### Start van blok: Socio-demografische vragen

Hoe identificeert u zichzelf?

- Man
  - Vrouw
  - Non-binair
  - Ik zeg dat liever niet
  - Andere \_\_\_\_\_
- 

Tot welke leeftijdsgroep behoort u?

- 18-29 jaar
  - 30-39 jaar
  - 40-49 jaar
  - 50-59 jaar
  - 60-69 jaar
-

In welke provincie bent u woonachtig?

- West-Vlaanderen
  - Oost-Vlaanderen
  - Antwerpen
  - Vlaams-Brabant
  - Limburg
  - Andere \_\_\_\_\_
- 

Wat is uw hoogst behaalde diploma?

- Lager onderwijs
- Middelbaar onderwijs
- Hoger niet-universitair onderwijs
- Universitair onderwijs

**Einde blok: Socio-demografische vragen**

---

**Start van blok: Oversteekgedrag**

Hoelang denkt u gemiddeld gewacht te hebben aan de lichtgeregelde kruispunten?

0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200



Kunt u voor elk van de drie kruispunten verklaren waarom u het roodlicht al dan niet negeerde?

---

---

---

---

---

---

---

---

Rangschik volgende thema's naar belang. (1=Belangrijkste, 5=Onbelangrijkste)

- \_\_\_\_\_ Armoede
- \_\_\_\_\_ Verkeersveiligheid
- \_\_\_\_\_ Klimaat
- \_\_\_\_\_ Seksueel grensoverschrijdend gedrag
- \_\_\_\_\_ Wereldvrede

Vindt u dat fietsers dezelfde, kortere of langere wachttijden moeten hebben dan voetgangers aan lichtgeregelde kruispunten? Waarom?

---

---

---

---

---

Vindt u dat de wachttijden van voetgangers en fietsers aan lichtgeregelde kruispunten korter moeten zijn, in het nadeel van de doorstroming van het gemotoriseerd verkeer? Waarom (niet)?

---

---

---

---

---

**Einde blok: Oversteekgedrag**

---

## Start van blok: Onderzoek

Hoe fel was u onderhevig aan de tijdsdruk tijdens het onderzoek? (Het op tijd zijn op de werkplaats of schoolplaats)

- Ik ondervond een constante grote tijdsdruk
- Ik ondervond een constante kleine tijdsdruk
- Ik ondervond enkel op het begin van het onderzoek tijdsdruk
- Ik ondervond enkel op het einde van het onderzoek tijdsdruk
- Ik ondervond geen tijdsdruk doorheen het onderzoek

Beoordeel de volgende stellingen.

	Helemaal oneens	Oneens	Noch eens noch oneens	Eens	Helemaal eens
De ervaring in de virtuele omgeving komt overeen met uw ervaring in de echte wereld.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
De omgeving is responsief voor uitgevoerde handelingen. (Bv. voetgangers die uitwijken voor u)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Objecten konden vanuit meerdere richtingen herkend worden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik kon geluiden identificeren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik was bekwaam in het bewegen en omgaan met de virtuele omgeving.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ik voelde me snel aangepast aan de virtuele omgeving	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Er was geen vertraging tussen uw acties en de verwachte resultaten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
De kwaliteit van de visuele weergave hinderde of leidde u niet af tijdens het onderzoek.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Einde blok: Onderzoek

## Hazard ratios

Tabel 25: Hazard ratios (Exp(B)) van de between-subjects factoren (Eigen tabel, 2022)

Baseline: Between-subjects factoren								
	B	SE	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95,0% CI for Exp(B)	
							Lower	Upper
Vrouw t.o.v. man	0,301	0,310	0,944	1	0,331	1,351	0,736	2,480
BUBEKO t.o.v. BIBEKO	-1,476	0,380	15,123	1	0,0001	0,229	0,109	0,481
18-29 jaar			12,860	4	0,012			
30-39 jaar t.o.v. 18-29 jaar	0,724	0,438	2,726	1	0,099	2,062	0,873	4,870
40-49 jaar t.o.v. 18-29 jaar	0,344	0,639	0,291	1	0,590	1,411	0,403	4,935
50-59 jaar t.o.v. 18-29 jaar	1,285	0,366	12,333	1	0,0004	3,615	1,765	7,406
60-69 jaar t.o.v. 18-29 jaar	0,121	0,474	0,065	1	0,799	1,129	0,446	2,855
Minder verkeer: Between-subjects factoren								
	B	SE	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95,0% CI for Exp(B)	
							Lower	Upper
Vrouw t.o.v. man	0,053	0,280	0,036	1	0,849	1,055	0,610	1,824
BUBEKO t.o.v. BIBEKO	-1,300	0,347	14,038	1	0,000	0,272	0,138	0,538
18-29 jaar			8,632	4	0,071			
30-39 jaar t.o.v. 18-29 jaar	0,555	0,429	1,676	1	0,196	1,742	0,752	4,036
40-49 jaar t.o.v. 18-29 jaar	1,254	0,659	3,625	1	0,057	3,505	0,964	12,746
50-59 jaar t.o.v. 18-29 jaar	0,923	0,352	6,877	1	0,009	2,516	1,263	5,016
60-69 jaar t.o.v. 18-29 jaar	0,132	0,465	0,081	1	0,776	1,141	0,459	2,837
Volk: Between-subjects factoren								
	B	SE	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95,0% CI for Exp(B)	
							Lower	Upper
Vrouw t.o.v. man	-0,289	0,284	1,041	1	0,308	0,749	0,430	1,305
BUBEKO t.o.v. BIBEKO	-0,936	0,338	7,655	1	0,006	0,392	0,202	0,761
18-29 jaar			1,094	4	0,895			
30-39 jaar t.o.v. 18-29 jaar	0,140	0,418	0,112	1	0,737	1,151	0,507	2,612



40-49 jaar t.o.v. 18-29 jaar	0,374	0,637	0,345	1	0,557	1,454	0,417	5,064
50-59 jaar t.o.v. 18-29 jaar	0,267	0,330	0,654	1	0,419	1,306	0,684	2,492
60-69 jaar t.o.v. 18-29 jaar	-0,080	0,475	0,029	1	0,866	0,923	0,364	2,340

## Repeated measures ANOVA

Tabel 26: Repeated measures ANOVA, de Test of Within-Subjects factoren (Eigen tabel, 2022)

Tests of Within-Subjects Factoren						
		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Kruispuntsituatie	Sphericity Assumed	7408,421	2	3704,211	6,708	0,002
	Greenhouse-Geisser	7408,421	1,661	4460,344	6,708	0,004
Kruispuntsituatie * Gender	Sphericity Assumed	954,016	2	477,008	0,864	0,426
	Greenhouse-Geisser	954,016	1,661	574,378	0,864	0,408
Kruispuntsituatie * Leeftijd	Sphericity Assumed	6847,297	8	855,912	1,550	0,154
	Greenhouse-Geisser	6847,297	6,644	1030,628	1,550	0,170
Kruispuntsituatie * BIBEKOB UBEKO	Sphericity Assumed	87,401	2	43,700	0,079	0,924
	Greenhouse-Geisser	87,401	1,661	52,621	0,079	0,893
Kruispuntsituatie * Gender * Leeftijd	Sphericity Assumed	4110,716	8	513,839	0,931	0,497
	Greenhouse-Geisser	4110,716	6,644	618,729	0,931	0,486
Kruispuntsituatie * Gender * BIBEKOB	Sphericity Assumed	2168,185	2	1084,092	1,963	0,147
	Greenhouse-Geisser	2168,185	1,661	1305,386	1,963	0,156
Kruispuntsituatie * Leeftijd * BIBEKOB	Sphericity Assumed	1266,819	8	158,352	0,287	0,968
	Greenhouse-Geisser	1266,819	6,644	190,677	0,287	0,952
Kruispuntsituatie * Gender * Leeftijd *	Sphericity Assumed	5409,504	6	901,584	1,633	0,150
	Greenhouse-Geisser	5409,504	4,983	1085,623	1,633	0,165
Error(Kruispuntsituatie)	Sphericity Assumed	41967,448	76	552,203		
	Greenhouse-Geisser	41967,448	63,116	664,924		