Afstudeerrapport

Civiele Techniek

Jelmar van de Kerkhof
Bjarne Snel

21 mei 2021
Versie 1.0
Definitief

De Papendorplijn -

Een hoogwaardige tramverbinding tussen Utrecht Centraal en Papendorp

HAN_UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SWECO

REVISIEGEGEVENS

Versienummer	Status	Opmerking	Datum
0.1	Concept	Eerste versie t.b.v. tussentijdse peiling	13-04-2021
0.2	Concept	Versie na indiening tussentijdse peiling	20-04-2021
0.3	Concept	Verwerking feedback peiling en verder	05-05-2021
0.4	Concept	Wijziging Marinus Tyrusviaduct naar Orteliusviaduct Diverse overige wijzigingen	10-05-2021
0.5	Concept gereed	Verwerking diverse feedback	12-05-2021
1.0	Definitief	Definitieve versie	21-05-2021

Afbeelding voorblad: (Van den Berg, 2019)

HAN_UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SWECO

HAN University of Applied Sciences
Academie Built Environment Ruitenberglaan 26 6826 CC Arnhem 026 369 19 11

Student 1	Student 2
Jelmar van de Kerkhof 599222	Bjarne Snel 596276
Opleiding	
Academie Built Environment Opleiding Civiele Techniek Afstudeerrichting Infrastructuur	Academie Built Environment Opleiding Civiele Techniek Afstudeerrichting Infrastructuur

Bedrijf	
Sweco Nederland	De Holle Bilt 22 3732 HM De Bilt

VOORWOORD

Voor u ligt de hoofdrapportage van het afstudeeronderzoek dat wij, Bjarne Snel en Jelmar van de Kerkhof, in samenwerking met Sweco hebben uitgevoerd. Dit afstudeeronderzoek is geschreven in het kader van het afstuderen aan de opleiding Civiele Techniek aan de HAN University of Applied Sciences.

In de zoektocht naar een uitdagend doch uniek en relevant onderwerp kwam Sweco op ons pad. Vanaf februari 2021 tot en met mei 2021 zijn wij aan de slag gegaan met een tracéstudie voor een mogelijk toekomstige tramverbinding tussen Utrecht Centraal en Papendorp. Na een periode van uitgebreid gesprekken voeren en ons verdiepen in het vervoerssysteem van Utrecht, hebben wij een aantal mooie alternatieven weten te creëren. Hiermee hebben we uiteindelijk antwoord kunnen geven op onze onderzoeksvragen en de Gemeente Utrecht en Provincie Utrecht kunnen voorzien van bruikbare informatie rondom deze tramverbinding.

Allereerst willen wij graag onze begeleiders bij Sweco bedanken voor de hulp in de zoektocht naar een passend en uitdagend onderwerp en de begeleiding tijdens het afstudeeronderzoek. Ondanks de toch rare tijd hebben wij het maximale uit onze afstudeerperiode kunnen halen. Verder gaat onze grote dank uit naar andere betrokken collega's binnen Sweco. Mede dankzij hun inbreng zijn wij aan de nodige bruikbare informatie gekomen, welke uitvoerig is toegepast om verder te komen in het onderzoek.

In het bijzonder bedanken wij onze contactpersonen binnen de Gemeente Utrecht en de Provincie Utrecht. Door met hen te sparren en door hun feedback hebben wij de juiste belangen in beeld gekregen en het juiste doel voor ogen gehad. Tot slot willen wij onze dank uitspreken naar de begeleiders vanuit school. Hun betrokkenheid en goede begeleiding hebben ons geholpen gedurende de gehele afstudeerperiode.

Veel leesplezier gewenst!

Bjarne Snel en Jelmar van de Kerkhof

De Bilt, mei 2021

SAMENVATTING

De aanleiding voor dit onderzoek is een nieuwe visie binnen de Gemeente Utrecht omtrent de stedelijke inrichting en het ov-gebruik in de stad. In het 'Mobiliteitsplan 2040', opgesteld door de Gemeente Utrecht, staat de visie met 2040 als horizon beschreven. Binnen en rondom de stad zal een nieuw ov-netwerk worden gerealiseerd, waar de zogenaamde 'Papendorplijn' onderdeel van is. De Papendorplijn wordt op dit moment gerealiseerd door middel van een busverbinding, maar deze zal in de toekomst hoogstwaarschijnlijk worden opgewaardeerd naar een tramverbinding. De aanleiding voor dit onderzoek en de tracéstudie is de geringe informatie die er bij aanvang van het onderzoek bekend is rondom deze toekomstige tramverbinding. De hoofdvraag die gedurende het onderzoek centraal staat, luidt:
''Op welke wijze kan de tramlijn tussen Utrecht Centraal, Kanaleneiland en Papendorp worden geprojecteerd in de omgeving, om zo een optimale ontsluiting te bieden?''

Het onderzoek is gestart met het uitvoeren van een literatuurstudie. Hierbij is voornamelijk gekeken naar verschillende casestudies die toepasbaar zijn op de tracéstudie van de Papendorplijn. Daarnaast is gezocht naar zowel de positieve als negatieve effecten die het realiseren van een tramlijn in stadsgebied heeft. Hiermee wordt vooral duidelijk wat aandachtspunten zijn om de kansen op een succesvolle tramlijn te vergroten. Denk hierbij aan verwachte reizigersaantallen, onderlinge halteafstanden en het belang van de inpassing in de omgeving. Naast de casestudies is uiteraard ook gekeken naar Utrecht zelf. Zo blijkt in de periode 2020-2040 het inwonersaantal met ongeveer 100.000 inwoners toe te nemen. In samenspel daarmee neemt ook de werkgelegenheid in de stad toe: een toename van 70.000 banen wordt in dezelfde periode verwacht. Beide zaken geven aanleiding om dit onderzoek naar een nieuwe tramverbinding gedetailleerd uit te werken.

Met deze uitwerking is begonnen door in eerste instantie verschillende alternatieven te schetsen, zonder hierbij uitgebreid stil te staan bij specifieke eisen en wensen die later uit interviews met de Gemeente Utrecht en Provincie Utrecht volgden. Een aantal schetsen betreft 'out of the box' oplossingen waarnaast uiteraard ook de 'standaard' oplossingen niet onderbelicht zijn gebleven. Deze schetsen zijn vervolgens getoetst aan een aantal eisen. De vier meest kansrijke alternatieven zijn verder uitgewerkt.

Om uiteindelijk te bepalen welk alternatief als voorkeursalternatief beschouwd wordt, is gebruik gemaakt van een multicriteria-analyse. Hiervoor is opnieuw gesproken met de Gemeente Utrecht en de Provincie Utrecht. In deze gesprekken zijn voorstellen gedaan voor de criteria waarop getoetst werd. Met de vaststelling van deze criteria zijn de vier alternatieven vervolgens tegen elkaar afgewogen. In deze afweging is bijvoorbeeld rekening gehouden met de reistijd van begin tot eind, het potentieel aantal reizigers en de inpassing. Deze inpassing wordt mede bepaald door de knelpunten die onvermijdelijk ontstaan bij alle alternatieven. De belangrijkste knelpunten zijn geïnventariseerd en op een rij gezet. De alternatieven met de meeste en meest ingewikkelde knelpunten scoren als vanzelfsprekend lager op deze inpassing. Alles op een rij zettend volgt uit deze analyse een duidelijke 'hoogste score', waarmee het voorkeursalternatief is bepaald.

Op basis van dit voorkeursalternatief worden er nog verschillende aanbevelingen aan de Gemeente Utrecht en Provincie Utrecht gedaan. Dit kan gaan over eventueel vervolgonderzoek of andere mogelijkheden die ontstaan of te creëren zijn bij het voorkeursalternatief.

ABSTRACT

The cause for this study is the new vision of the municipality of Utrecht regarding the urban design and use of public transport in the city. The vision for the year 2040 is described in the Mobility Plan 2040, set up by the city of Utrecht. A new public transport system will be realized within and around the city, of which the Papendorp line will become a part. The Papendorp line is currently being operated through busses, but will most likely be upgraded to a tram network. The reason for this study is the limited amount of information available regarding this future tram network. The main research question for this study is the following:
"In which way can the new tram line between Utrecht Central Station, Kanaleneiland and Papendorp be designed within the surroundings, to provide good access to the affected areas?"

The research started with a literature review. The main focus of this review was to examine several case studies with some similarity to the Papendorp line. Another focus was to search for both positive and negative effects a tram network can have within the urban area. This particularly clarifies major focus points to increase the chances of a successful tram line. One of those points could be expected amount of passengers, the distance between stops and the importance of the integration in the surroundings. Apart from the case studies, the city of Utrecht itself is researched as well. For example, it appears that the population will increase by about 100.000 inhabitants between 2020 and 2040. On top of that, the employment is rising as well: an increase of approximately 70.000 jobs is to be expected. Both of these aspects give all the reason to thoroughly study and work out the tram line.

This process started with the development of multiple first drafts of possible alternatives. This was carried out without thinking too much about specific demands and wishes, which would later follow from several interviews with both the municipality and the province of Utrecht. A number of drafts were quite out of the box, while others were more basic solutions. All the drafts were now tested against several demands and requirements. The four most promising alternatives are being worked out in more detail.

To determine which alternative would become the preferable alternative, a multi-criteria analysis is being used. Therefore, another meeting with both the municipality and the province was arranged. During those meetings, several criteria were proposed to use in the analysis. After setting all the criteria, the four remaining alternatives are tested against those criteria. A number of things were taken into account for this analysis, for example travel time from start to end, the potential amount of passengers and the integration in the surroundings. This integration is partly determined by the bottlenecks which inevitably occur with all the alternatives. The ones with the most and most complex bottlenecks obviously score lower on this integration criterium. When putting everything together, this analysis results in a clear 'highest score', which determines what alternative is the most preferable.

On the basis of this preferred alternative, several recommendations are made to the municipality and province of Utrecht. This might concern future studies or other possibilities that arise or can be created with this preferred alternative.

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING 1

2 PROBLEEM- EN VRAAGSTELLING 4
2.1 Probleemstelling 4
2.2 Doelstelling 4
2.3 Onderzoeksvragen 4
2.4 Scope 4
2.4.1 Projectgrenzen 4
2.4.2 Uitgangspunten 5
2.5 Onderzoeksmethoden 5

3 LITERATUURONDERZOEK 7
3.1 Reizigersaantallen 7
3.2 Inpassing en ervaring 8
3.3 Effecten op autogebruik 9
3.4 Factoren tot succes en falen 10

4 HUIDIGE SITUATIE EN TOEKOMSTBEELD UTRECHT 11
4.1 Ontwikkeling inwoners 11
4.2 Ontwikkeling bedrijven 13
4.3 Capaciteit ov 14
4.4 Gegevens verkeersmodel 15
4.4.1 Analyse 15

5 SCHETSMATIGE ALTERNATIEVEN 17
5.1 De alternatieven 17
5.2 Toetsingscriteria en vaststellen uit te werken alternatieven 18

6 TOELICHTING ALTERNATIEVEN 21
6.1 Orteliusviaduct A 21
6.2 Orteliusviaduct C 21
6.3 Rijnenburg A 21
6.4 Ikea 21

7 VORMGEVING TRAMLIJN 22
7.1 Richtlijnen tracé 22
7.2 Uitwerking tracés 22
7.2.1 Tracéontwerp 22
7.2.2 Haltes en perrons 22
7.2.2.1 Principe-ontwerp perron 23
7.2.3 Aanpassingen omgeving 24
7.2.3.1 Inpassing 25

8 KNELPUNTEN 26

9 AFWEGING ALTERNATIEVEN 28
9.1 Criteria 28
9.1.1 Vervoerswaarde 28
9.1.2 Ruimtelijk 29
9.1.3 Overig 30
9.2 Scores MCA 30
9.3 Uitkomst MCA 31
9.4 Gevoeligheidsanalyse 32
9.5 Niet meegenomen criteria 33

10 CONCLUSIE 34

11 DISCUSSIE 35

12 AANBEVELINGEN 37
12.1 Inpassing 5-Meiplein 37
12.2 Halteplaatsing Papendorp 38
12.3 Tracé via De Meernbrug 38
12.4 Uitbreiding Rijnenburg 38
12.5 Ontwikkeling Merwedelijn 39

13 BIBLIOGRAFIE 40

14 FIGUREN, TABELLEN EN GRAFIEKEN 43
14.1 Figurenlijst 43
14.2 Tabellenlijst 43
14.3 Grafiekenlijst 43

15 BIJLAGEN 44

AFKORTINGENLIJST

Afkorting	Betekenis
ARK	Amsterdam-Rijnkanaal
CBD	Central business district (het zakencentrum van de stad)
CS	Centraal Station
HOV	Hoogwaardig openbaar vervoer
MCA	Multicriteria analyse
MER	Milieueffectrapportage
MWK(Z)	Merwedekanaal(zone)
ov	Openbaar vervoer
OVS	Ontwerpvoorschrift sporen
PVR	Profiel van Vrije Ruimte
RSU	Ruimtelijke Strategie Utrecht
SUNIJ*(-lijn)*	Sneltram Utrecht-Nieuwegein/IJsselstein
CS	Centraal Station
VF(-factor)	Verplaatsingstijdfactor
Stravem	Strategisch verkeersmodel Midden-Nederland

BEGRIPPENLIJST

Begrip	Betekenis
Casestudy	Een onderzoek specifiek gericht op een bepaalde groep of een bepaalde situatie.
CROW	"Kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur" (Encyclo.nl, 2010).
Gelede bus	"Andere naam voor de harmonicabus, d.w.z. een lange bus met in het midden een flexibel tussenstuk om bochten te kunnen maken" (Encyclo.nl, 2012).
Hoogwaardig openbaar vervoer	Dit betreft bus- of tramlijnen met hoge eisen op het gebied van doorstroming, punctualiteit en reisinformatie, bij voorkeur met een vrije infrastructuur (Gemeente Utrecht, 2020).
Invloedssfeer	Een kring of gebied dat binnen de invloed ligt van de tram (Woorden.org, z.d.).
Lightrail	De Nederlandse definitie van lightrail luidt: "Lightrail is een railgebonden vorm van openbaar vervoer dat gebruikt wordt op de schaal van de stedelijke regio en de stad. In tegenstelling tot trein en metro is lightrail per definitie geschikt om tot op zekere hoogte te integreren in de openbare ruimte en desgewenst te mengen met regulier wegverkeer" (Van der Bijl, Baartman, & Van Witsen, 2010, p. 1).
Milieueffect-rapportage	"Met een milieueffectrapportage krijgt het milieu een plaats in de besluitvorming over een plan of project, zoals een windturbinepark, de aanleg van een weg of een nieuw bedrijventerrein. De verwachte effecten voor het milieu worden beschreven in een milieueffectrapport" (Commissie MER, z.d.).
Modaliteit / vervoersmodaliteit	Volgens Van Dale betekent 'modaliteit' het volgende: "wijze van zijn of kennen, (verschijnings)vorm waarin iets zich voordoet of laat kennen" (Geerts & Den Boon, 1999, p. 2071). Vervoersmodaliteit betekent dan 'de wijze van vervoer'.
Multicriteria-analyse	Een methode om op een objectieve wijze verschillende alternatieven tegen elkaar af te wegen en een keuze te maken voor een alternatief.
Multimodaal	Meerdere modaliteiten.
Profiel van Vrije Ruimte	"Een profiel van vrije ruimte (PVR) is een vrij te houden ruimte boven en naast een spoor, waarbinnen zich geen vaste voorwerpen mogen bevinden" (Ensie.nl, 2016).
Service level	Dienstverleningsniveau; de mate van service en kwaliteit.
Verdichten	Het toevoegen van locaties om te wonen of werken, zonder de contouren van de stad te vergroten. De dichtheid wordt groter, maar de oppervlakte van de stad zelf blijft gelijk.
Vertrambaar	De mogelijkheid om een vrijliggende busbaan op te waarderen tot een trambaan, waarbij tijdens de aanleg al dan niet rekening is gehouden met de aanleg van een toekomstige trambaan. Onder andere boogstralen voldoen op voorhand al aan de eisen die gesteld zijn aan een trambaan.
Vervoerswaarde	"Vervoerswaarde is het verwachte vervoersvolume (aantal reizigers of aantal tonnen goederen) in een bepaalde regio op grond van het inwoneraantal, de werkgelegenheid en de overige voorzieningen, gerelateerd aan de binnen die regio geldende voor- en natransportafstanden" (Ensie.nl, 2016).

1 INLEIDING

De stad Utrecht is al jaren volop in ontwikkeling en is op dit moment de snelst groeiende stad van Nederland (Vissers, 2019). Het inwonersaantal is de laatste jaren elk jaar met zo'n 5.000 toegenomen. Dit zal ten opzichte van het jaar 2000 uiteindelijk verdubbelen, naar ruim 450.000 in 2040. Een vergelijkbare toename is te zien bij het aantal werkplekken in de stad in 2040; een groei van ruim 25% tussen 2020 en 2040 naar zo'n 350.000 arbeidsplaatsen (Gemeente Utrecht, 2020). Een dermate forse stijging in zowel het inwonersaantal als de arbeidsplaatsen brengt de nodige uitdagingen met zich mee als het aankomt op bereikbaarheid en mobiliteit in de stad, onder andere voor Utrecht Centraal Station (CS). Dit station fungeert in het huidige openbaar vervoer (ov)-netwerk als een 'spin in het web' (Gemeente Utrecht, 2021). Vrijwel alle vervoersstromen in en rondom Utrecht gaan via Utrecht CS. Het gevolg daarvan is dat ongeveer twee derde van de reizigers Utrecht CS slechts als overstaplocatie gebruikt. Met de hiervoor genoemde potentiële groei, zal dit de capaciteitsgrenzen van Utrecht CS overschrijden (Gemeente Utrecht, 2020). Reden genoeg voor de Gemeente Utrecht om de visie omtrent mobiliteit aan te scherpen en daarbij rigoureuze maatregelen te nemen op het gebied van verkeer en vervoer.

Om deze visie vorm te geven is het mobiliteitsplan uit 2016 aangescherpt met als horizon het jaar 2040: *Mobiliteitsplan 2040*. Parallel aan dit mobiliteitsplan is ook een ruimtelijke strategie ontwikkeld, eveneens met 2040 als horizon: *Ruimtelijke Strategie Utrecht 2040* (RSU). Waar het mobiliteitsplan in detail ingaat op de mobiliteit zelf, is de RSU vooral gericht op het gebruik van de ruimte waar mobiliteit een onderdeel van is.

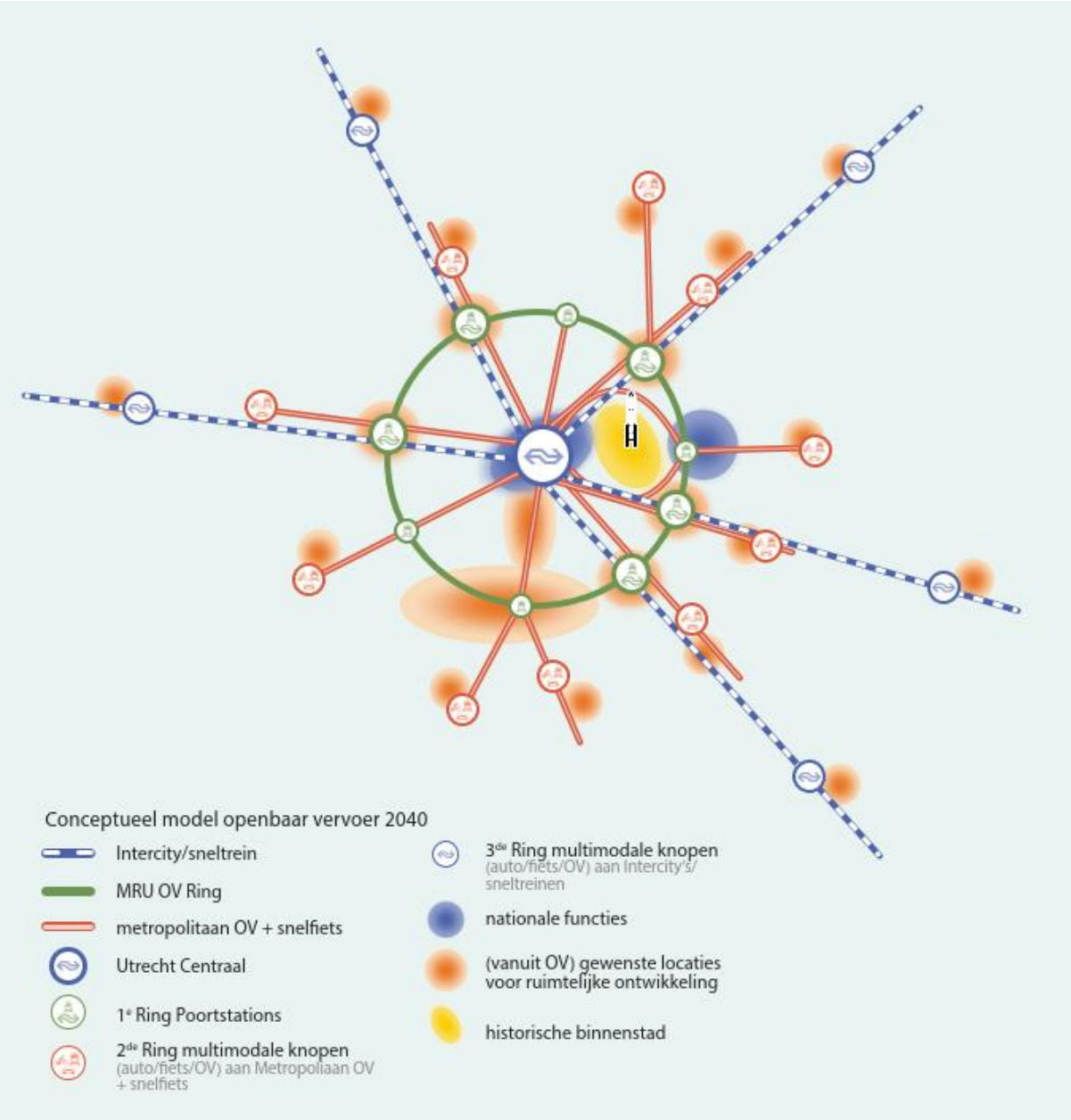
Binnen het mobiliteitsplan wordt door middel van vijf stappen toegewerkt naar een vernieuwde mobiliteitsaanpak:

1. Slim bestemmen
2. Anders reizen
3. Netwerken op orde
4. Slim parkeren
5. Slim sturen

Van deze stappen omvat stap 3 een van de meest ingrijpende aanpassingen aan de gebouwde omgeving. Utrecht CS, de binnenstad en het ov-netwerk als geheel kunnen de groei van de reizigersstromen in de komende jaren niet meer aan en ook uitbreidingen zijn op veel plekken niet of beperkt mogelijk. Om de grote hoeveelheden reizigers in de toekomst te kunnen verwerken is het verdelen van de reizigers nodig. Een samenspel tussen een uitgebreid fiets- en voetgangersnetwerk en een hoogwaardig openbaar vervoernetwerk (HOV-netwerk) moet het ontstaan van knelpunten voorkomen.

Als ruggengraat voor stap 3 wordt er gestuurd op een HOV-netwerk. Een groot onderdeel van dit netwerk zal bestaan uit een zogenaamd 'Wiel met Spaken' (zie Figuur 1). Bij dit concept wordt er een HOV-netwerk rondom de stad gecreëerd, om zo de reizigers te verdelen en minder knelpunten te creëren. De spaken in dit concept zijn bedoeld voor bestemmingsverkeer binnen de grenzen van het wiel. Deze spaken zullen in enkele gevallen bestaan uit tramverbindingen. Verdeeld over de wereld zijn er namelijk steeds meer voorbeelden te vinden waarbij de tram congestieproblemen (deels) kan verhelpen. Inmiddels zijn er wereldwijd al meer dan 400 tramlijnen, ligt er zo'n 4000 km infrastructuur en zijn er meer dan 6000 tramstellen die gebruik maken van deze infrastructuur. De aanleg van nog eens 2350 km aan nieuwe tram-infrastructuur werd in 2015 voorbereid. Dagelijks maken ongeveer 30

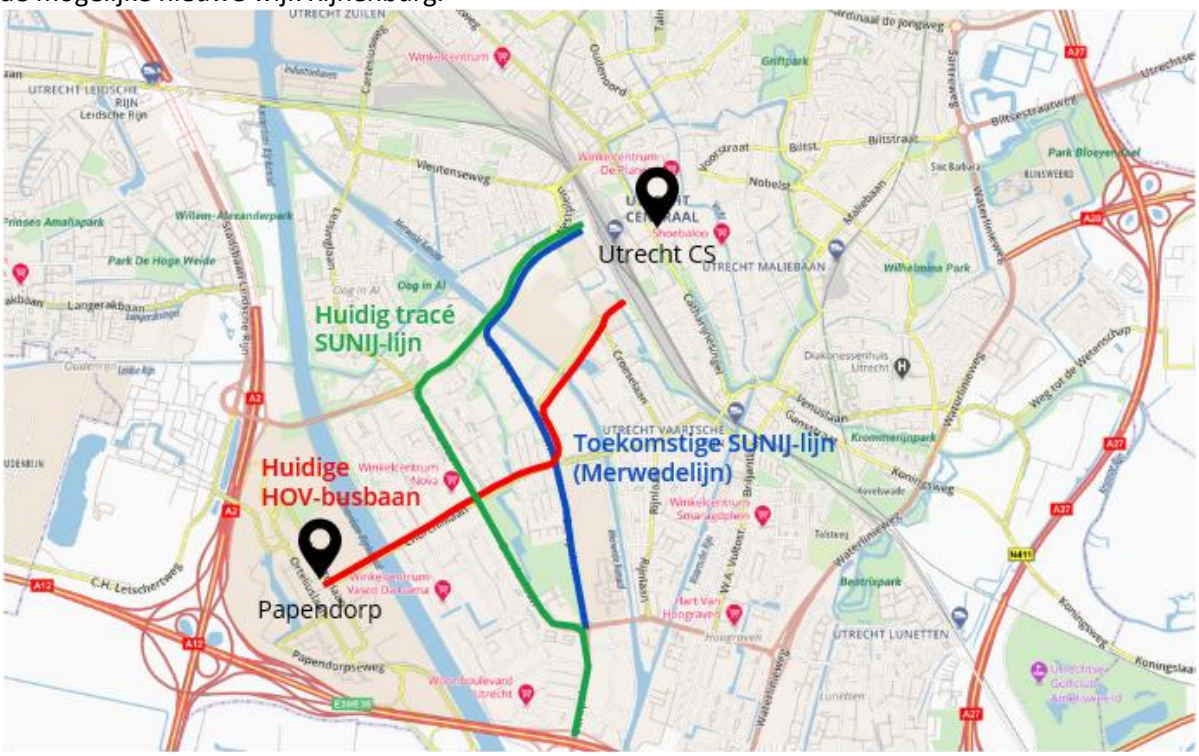
miljard reizigers wereldwijd gebruik van deze vervoersmodaliteit (Ye, Yang, Li, Ma, & Chen, 2019; Engebretsen, Christiansen, & Strand, 2017).



Figuur 1: Conceptueel model 2040: 'Wiel met Spaken' (Gemeente Utrecht, 2021)

Eén van deze spaken is de toekomstige tramverbinding tussen Utrecht Centraal en de wijk Papendorp (het zuidwestelijke knooppunt op de eerste ring uit Figuur 1), oftewel de Papendorplijn. Op dit moment bestaat de wijk Papendorp grotendeels uit een kantorenpark, 'Businesspark Papendorp' genaamd. Het park beslaat 150 hectare en ruim 130 bedrijven zijn er gevestigd, dagelijks goed voor ongeveer 15.000 medewerkers die naar het gebied komen (Businesspark Papendorp, z.d.). Daarnaast zijn er diverse uitbreidingsplannen voor de wijk, met onder andere het realiseren van enkele duizenden nieuwe woningen. Verder is Papendorp voornamelijk ingericht op auto- en busverkeer. De verbinding tussen Utrecht Centraal en de wijk Papendorp wordt op dit moment dan ook gerealiseerd door middel van een vrijliggende HOV-busbaan (zie Figuur 2). De kans om de eerder benoemde 'spaak' van het Wiel met Spaken te realiseren ontstaat door een wijziging in de huidige SUNIJ-lijn. Het traject van deze lijn, de Merwedelijn, zal waarschijnlijk verlegd worden naar de Europalaan (zoals afgebeeld in Figuur 2). Dit om enerzijds de nieuwe wijk Merwedekanaalzone (MWKZ) te bedienen en anderzijds

om de reistijd richting Nieuwegein en IJsselstein te verkorten. Door deze verlegging valt er in Kanaleneiland deels een traject weg. Om Kanaleneiland goed bereikbaar te houden en om een deel van de huidige traminfrastructuur te blijven gebruiken, kan de komst van de Papendorplijn uitkomst bieden (persoonlijke communicatie, 19 maart 2021). Deze Papendorplijn zal niet alleen Kanaleneiland en Papendorp kunnen bedienen, maar ook ofwel Oudenrijn, De Meern en eventueel Vleuten, ofwel de mogelijke nieuwe wijk Rijnenburg.



Figuur 2: Schematische weergave huidige situatie (Michelin, z.d.)

In Bijlage A, op tekening AFO-TEK001, is nog een overzicht te vinden van de genoemde te ontwikkelen wijken, de ligging van de huidige SUNIJ-lijn en de mogelijke ligging van de toekomstige Merwedelijn.

2 PROBLEEM- EN VRAAGSTELLING

2.1 PROBLEEMSTELLING

Door de realisatie van de Merwedelijn en instandhouding van de huidige SUNIJ-lijn is de vervoerswaarde van laatstgenoemde onvoldoende en het tracédeel in Kanaleneiland zal hierom deels vervallen. In combinatie met o.a. de verwachte groei van de wijk Papendorp ontstaan er kansen om de wijk Kanaleneiland te blijven ontsluiten en tegelijk Papendorp aan te sluiten op een tramverbinding.

2.2 DOELSTELLING

Het doel van dit onderzoek is een bijdrage leveren aan de uitwerking van de Papendorplijn, om zo de vervoerswaarde tussen Utrecht Centraal, Kanaleneiland en Papendorp te verhogen.

2.3 ONDERZOEKSVRAGEN

Hoofdvraag

Op welke wijze kan de tramlijn tussen Utrecht Centraal, Kanaleneiland en Papendorp worden geprojecteerd in de omgeving, om zo een optimale ontsluiting te bieden?

Deelvraag 1

Wat is er in de huidige literatuur bekend over factoren die het gebruik van nieuwe tramverbindingen beïnvloeden?

Deelvraag 2

Wat is de huidige situatie en de prognose voor 2040 rondom de capaciteit van het ov-netwerk tussen Utrecht Centraal en Papendorp?

Deelvraag 3

Welke tracés zijn er mogelijk om aan de toekomstige vraag naar een tramverbinding tussen Utrecht Centraal en Papendorp te voldoen?

Deelvraag 4

Welke van de uitgewerkte tracés verdient de voorkeur voor de onderzochte tramverbinding tussen Utrecht Centraal en Papendorp?

2.4 SCOPE

Om het onderzoek tot een goed einde te brengen, is het van belang om vooraf een goede afbakening van het onderzoek vast te stellen. Hierbij gaat het zowel om de zogenaamde projectgrenzen als ook om de uitgangspunten van het onderzoek.

2.4.1 Projectgrenzen

De onderwerpen die binnen de projectgrenzen van dit onderzoek vallen, zijn als volgt gedefinieerd:

- Alleen de tramlijn tussen Utrecht Centraal en Papendorp (ofwel de Papendorplijn) wordt onderzocht.
- Het uitvoeren van een onderzoek naar reizigersaantallen en vervoersbewegingen binnen de verwachte invloedssfeer van de toekomstige Papendorplijn.
- Het schetsmatig ontwerpen van de alternatieven van het tracé.
- Het afwegen van alternatieven met behulp van een multicriteria-analyse (MCA).

De onderwerpen die buiten de projectgrenzen van dit onderzoek vallen, zijn als volgt gedefinieerd:

- Onderzoek naar eventuele andere mogelijke lijnen.
- Het uitwerken van technische ontwerpen van de alternatieven, daaronder wordt bijvoorbeeld het uitvoeren van geologisch bodemonderzoek of het uitwerken van legplannen verstaan.

2.4.2 Uitgangspunten

Er is een aantal uitgangspunten waar in dit onderzoek vanuit wordt gegaan:

- Er dient een vrijliggende busbaan te blijven bestaan voor busverkeer uit omliggende regio's waar de tram niet op aansluit, om zo onnodige extra overstapbewegingen te voorkomen.
- De SUNIJ-lijn wordt, conform het mobiliteitsplan, verlegd van de Beneluxlaan naar de Europalaan (Gemeente Utrecht, 2020).
- De huidige HOV-busbanen zijn, weliswaar in verschillende gradaties, 'vertrambaar'.
- Ten behoeve van de maatvoering van het tracé zal rekening worden gehouden met de PVR-tabellen van de huidige SUNIJ-lijn.

2.5 ONDERZOEKSMETHODEN

Om tot een antwoord op de hoofdvraag te komen, is het van belang onderzoek te doen naar en antwoord te vinden op de verschillende deelvragen. Deze antwoorden vormen een goede basis om tot een degelijk en valide antwoord op de hoofdvraag te komen. Per deelvraag zal een verschillende aanpak benodigd zijn om tot het antwoord te komen.

Deelvraag 1

Om te onderzoeken wat er in de huidige literatuur bekend is over mogelijke succesfactoren en struikelblokken zal er een literatuurstudie worden uitgevoerd. In deze literatuurstudie zal gezocht worden naar casestudies van vergelijkbare tramprojecten. Deze casestudies kunnen handvatten bieden voor het uitwerken van de rest van het onderzoek. Het zoeken naar literatuur zal plaatsvinden via het zoeksysteem van de HAN, namelijk HANQuest en via Google Scholar. Enkele kernwoorden en zoekbegrippen die gedurende het zoekproces gebruikt zullen worden zijn de volgende:

- Case study
- Light rail
- Tram
- Benefits
- Impact
- Environment

Door deze zoektermen te combineren met elkaar, met behulp van zoekoperatoren zoals AND en OR is het mogelijk om erg gericht te zoeken en zo specifiek mogelijke resultaten te krijgen.

Deelvraag 2

Het onderzoek wordt voortgezet door middel van het in kaart brengen van de huidige situatie omtrent reizigersaantallen en vervoersbewegingen in het betreffende onderzoeksgebied. Door dit vervolgens te vergelijken met de verwachte toename van de reizigersbewegingen (van o.a. Utrecht Monitor), kan worden bepaald in welke mate het ov-netwerk tussen Utrecht Centraal en Papendorp moet worden opgeschaald. Door middel van het raadplegen van onder andere verkeersmodellen zal dit op kwantitatieve wijze worden onderzocht. Naast reizigersbewegingen worden ook huidige en verwachte inwonersaantallen in deze analyse meegenomen. Het totaal van al deze gegevens dient vervolgens als één van de kaders voor de uitwerking van deelvraag 3.

Deelvraag 3

Om de eisen en wensen van de lokale overheden helder in kaart te brengen, zal onder andere het afnemen van interviews nodig zijn. Diverse informatie zal bij zowel de Gemeente als Provincie Utrecht worden opgevraagd. Vanwege het tijdsaspect zal het afnemen van interviews niet worden gedaan bij omwonenden of lokaal gevestigde ondernemers. De informatie uit de interviews zal worden gecombineerd met de eerder opgenomen gegevens bij deelvraag 2. Verder zal er door middel van deskresearch informatie worden opgehaald uit de verschillende beschikbare beleidsplannen en overige, openbaar beschikbare bronnen.

Parallel aan het afnemen van interviews en inventariseren van eisen en wensen worden er op schetsmatige wijze verschillende alternatieven gegenereerd. Deze alternatieven worden opgesteld zonder naar eisen en wensen kijken, om zo een zo breed mogelijke blik te creëren. Wanneer vanuit gemeente en provincie diverse gegevens verzameld zijn, worden eisen en wensen op een rij gezet. Door middel van een zeefanalyse wordt er een eerste schifting gemaakt in de alternatieven. De alternatieven die hier overblijven worden verder in detail uitgewerkt met bijvoorbeeld haltelocaties en uitgebreidere alignementsaspecten zoals boogstralen.

Deelvraag 4
De verschillende uitgewerkte varianten uit deelvraag 3 zullen vervolgens worden getoetst aan de hand van een MCA. Middels deze MCA zal elk tracé worden getoetst op onder meer de eisen en wensen van lokale overheden. Ook globale kosten en bijvoorbeeld de impact op de omgeving worden meegenomen. Aan de verschillende criteria zullen wegingen worden toegekend op basis van het belang van het bepaalde criterium. Het optellen en middelen van de scores zal uiteindelijk leiden tot een voorkeursvariant. De scores worden naar eigen inzicht toegekend, op basis van eerder verkregen informatie (dan wel uit interviews, dan wel uit andere bronnen).

3 LITERATUURONDERZOEK

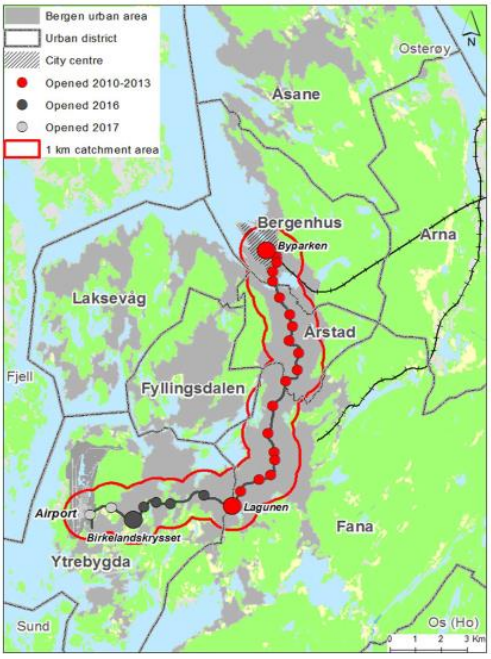
In de literatuur zijn verschillende casestudies beschikbaar waarin reeds gerealiseerde of in de toekomst te realiseren tramverbindingen worden beschouwd. Deze casestudies zijn in meer of mindere mate vergelijkbaar met het project rondom de Papendorplijn. Deze overeenkomsten kunnen bijvoorbeeld liggen in de lengtes van de tracés, het type locatie, de ontwikkeling van het gebied of de maatregelen ter stimulering van het ov-gebruik.

In dit hoofdstuk zullen drie verschillende thema's besproken worden, die zowel in positieve als in negatieve zin een bijdrage kunnen leveren aan het succes van een nieuwe tramverbinding.

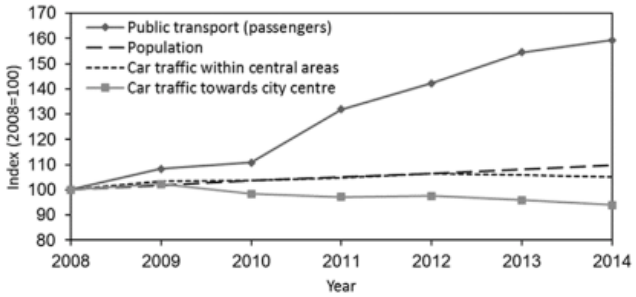
3.1 REIZIGERSAANTALLEN

Wereldwijd is een trend te zien tussen het openen van nieuwe lightrail-verbindingen en vervolgens het toenemen van het aantal ov-gebruikers. Uit verschillende onderzoeken blijkt dat een goede ontsluiting en afstemming met overig ov de reizigers stimuleert om gebruik te maken van ov (Babalik-Sutcliffe, 2002; Engebretsen et al., 2017; González, Martínez-Budría, Díaz-Hernández, & Esquivel, 2015).

Een voorbeeld hiervan is de opening van de Bergen Light Rail in de Noorse stad Bergen. De groei van de stad op het gebied van inwonersaantallen en arbeidsplaatsen is relatief gezien vergelijkbaar met de groei in Utrecht. Deze forse toename en daardoor optredende congestie in de binnenstad sinds de jaren '90 heeft de regering in 2000 doen besluiten het ov-netwerk uit te breiden, met daarbij het realiseren van een tramlijn als grootste wijziging (zie Figuur 3). De tramlijn, welke in meerdere fases wordt gerealiseerd, moet uiteindelijk de binnenstad met de luchthaven verbinden. De opening van het eerste deel van de tramlijn en een HOV-busverbinding in de binnenstad hebben geleid tot een forse toename van het aantal reizigers (zie Grafiek 1) (Engebretsen et al., 2017).



Figuur 3: De uitbreidingen van de tramlijn in Bergen, (Engebretsen et al., 2017)



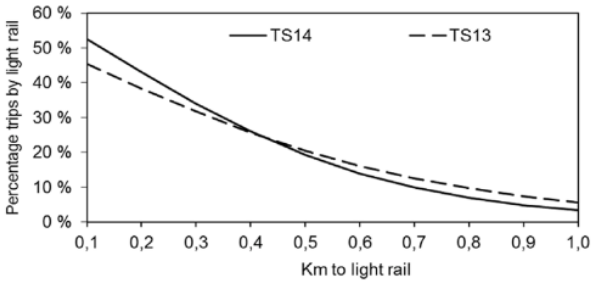
Grafiek 1: De ontwikkelingen van het OV-gebruik, inwonersaantal en autogebruik in Bergen sinds de opening van de tramlijn (Engebretsen et al., 2017)

Het openen van een nieuwe tramlijn geeft echter niet direct aanleiding tot een toename van reizigers; andere factoren spelen hierbij ook een rol. Het succes (in de vorm van bijvoorbeeld hoge reizigersaantallen) heeft onder andere te maken met de banen- en bevolkingsdichtheid binnen het aantrekkingsgebied van de tramlijn. Zo stelt McGreevy (2021) dat een tram pas kosteneffectief is vanaf 125 inwoners of banen (of een combinatie daarvan) per hectare. Ook Pan, Li, Shen en Shi (2017) bevestigen dit. Wel is het zo dat er binnen de invloedssfeer van de Bergen Light Rail is vastgesteld dat het aantal nieuwbouwhuizen tussen 2012 en 2014 met 50% is toegenomen, waar dit in 2010 nog zo'n 30% was (Engebretsen et al., 2017). Het openen van een tramverbinding kan er dus voor zorgen dat de grens van 125 inwoners of banen op een later moment wel behaald kan worden. Wat betreft werkelijke passagiersaantallen wordt binnen Europa en Nederland een ondergrens van 20.000 passagiers per etmaal gehanteerd om een nieuwe tramverbinding te kunnen verantwoorden (Van der Bijl, Utsunomiya, & Van Oort, 2020).

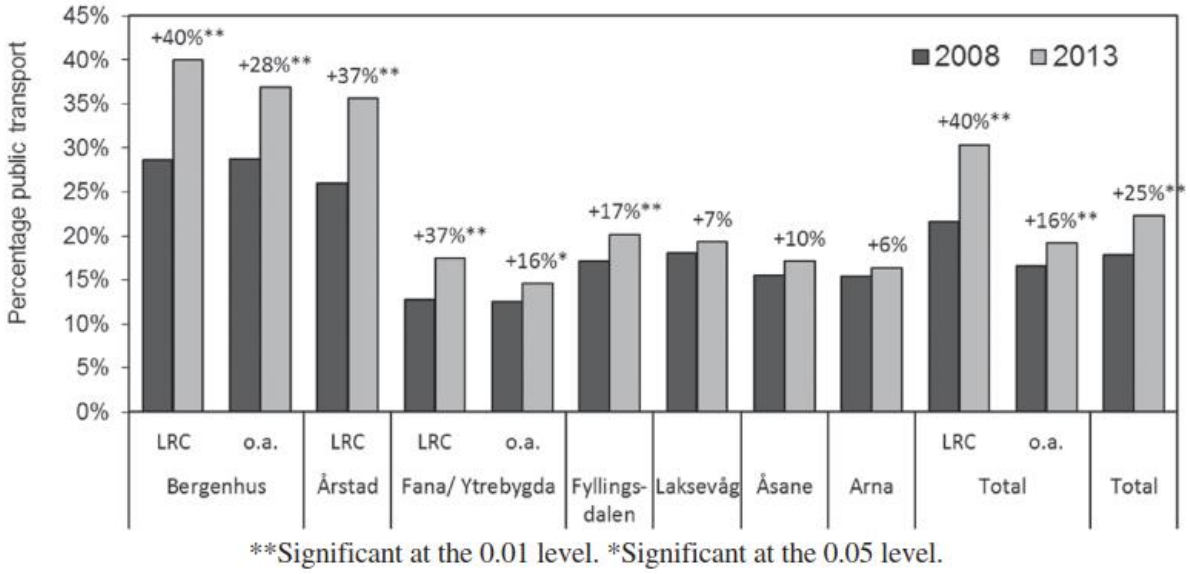
3.2 Inpassing en ervaring

Een ander belangrijk thema is de inpassing van de tram in de omgeving en de beleving van de reizigers. Het is van belang om goed na te denken over de ligging van het tracé en de effecten daarvan.

Uit diverse literatuur kan worden vastgesteld dat er een maximum afstand is die passagiers bereid zijn om af te leggen om bij een halte te komen en daardoor dus gebruik te maken van de tram als vervoersmiddel. Het afnemen van enquêtes (TS13 en TS14) onder inwoners van Bergen heeft geleid tot de gegevens in Grafiek 2. Engebretsen et al. (2017) stellen dat het 'kantelpunt' tussen wel/geen bereidheid tot gebruik van de tram rond 600 meter ligt. In hetzelfde artikel wordt ook een voorbeeld aangehaald uit Manchester. Nadat daar een nieuwe tramverbinding geopend is, steeg het gebruik van het ov in een straal van 800 meter rondom de lijn met 57%. Topalovic, Carter en Krantzberg (2012) en McGreevy (2021) spreken over een vergelijkbaar aantrekkingsgebied van 800 meter/10 minuten loopafstand om als passagier te kunnen profiteren van een tijdsefficiënte reis als de tram als vervoersmiddel wordt gebruikt. Ook dit is terug te zien in het artikel van Engebretsen et al (2017). In onderstaande grafiek (Grafiek 3) is te zien dat in de gebieden binnen de invloedssfeer van de tram (LRC: Light Rail Catchment area) de stijging tussen 2008 en 2013 in gebruik van ov tussen de 37% en 40% ligt. Dat terwijl in de gebieden buiten deze invloedssfeer de groei een stuk lager is, namelijk tussen de 6% en 17%, met een enkele uitschieter van 28%.



Grafiek 2: De verhouding tussen het aantal reizen per tram (y-as) en de afstand tussen de woning en dichtsbijzijnde halte (x-as) (Engebretsen, Christiansen, & Strand, 2017)



Grafiek 3: OV als percentage van gemotoriseerd vervoer. Onderverdeeld in 'binnen de invloedssfeer' (LRC) en 'buiten de invloedssfeer' (o.a.) (Engebretsen et al. 2017)

Naast de reisafstand tot de halte speelt ook de frequentie van de dienstregeling een grote rol in de reisbeleving. Psychologisch gezien blijken mensen bereid een maximale overstaptijd tussen twee vervoersmodaliteiten van ongeveer 10 minuten te accepteren. Hoe langer de overstap is, des te langer de reis voor de reizigers gevoelsmatig lijkt. Het overschrijden van deze 10 minuten kan ten koste gaan van de beleving van de reis. Daarnaast leidt fluctuatie in de dienstregeling met betrekking tot aankomst- en vertrektijden tot lagere 'service levels' (Ye et al., 2019). Ook González et al. (2015) bevestigen dit beeld en benadrukken tevens dat een hogere frequentie in de dienstregeling bijdraagt aan een lagere beleving van de reistijd. De reistijd zoals de reiziger dit ervaart is dus lager dan de werkelijke reistijd.

Daarnaast is ook de afstemming met het overige ov van groot belang. Het afstemmen van bijvoorbeeld bestaande busverbindingen op de dienstregeling van de nieuwe tram kan ervoor zorgen dat passagiers vanuit de bussen efficiënt over kunnen stappen op de tram. Deze busverbindingen zorgen daarmee dus voor de toestroom van passagiers (McGreevy, 2021). Het belang hiervan wordt zowel door McKinley en Wei (2017) als Ye et al. (2019) bevestigd.

3.3 EFFECTEN OP AUTOGEBRUIK

Uit diverse literatuur volgt ook dat het openen van alleen een tramverbinding (al dan niet in combinatie met een hoogfrequente busverbinding) niet direct effect heeft op een stijging van het ov-gebruik. Dit gaat vaak gepaard met andere maatregelen om het gebruik van ov te stimuleren; het beperken van parkeermogelijkheden in de stad, het verhogen van bijbehorende parkeerkosten en het heffen van tol binnen bepaalde stadsdelen. In Calgary is een dergelijk beleid ingevoerd om de auto's van de weg te verdringen. Het aantal beschikbare parkeerplaatsen werd verlaagd en de tarieven hiervoor juist verhoogd. Dit om het ov-gebruik te stimuleren en zo de congestieproblemen binnen de stad te verkleinen (Topalovic et al., 2012). Een vergelijkbare aanpak is in Bergen toegepast. Het verhogen van parkeertarieven en het heffen van tol bij het betreden van bepaalde stadsdelen heeft in enkele stadsdelen geleid tot een daling van 16% in het gebruik van gemotoriseerd verkeer. In Grafiek 1 is, ondanks een stijging van het aantal inwoners, een daling van autoverkeer binnen het stadscentrum te zien. Dergelijke keuzes omtrent stimuleren van het ov kunnen dus een positieve invloed hebben op het gebruik hiervan (Engebretsen et al., 2017).

3.4 FACTOREN TOT SUCCES EN FALEN

De reeds benoemde factoren die bij kunnen dragen aan het succes van een tramverbinding, worden nogmaals bevestigd door Babalik-Sutcliffe (2002). Zo wordt de dichtheid van een stad regelmatig genoemd en ook een hoge frequentie in de dienstregeling is een belangrijke factor. Verder komt ook het parkeerbeleid en het belang van afstemming met overig ov aan bod. Al deze en andere factoren zijn in onderstaande tabel opgesomd. De verschillende positieve en negatieve factoren uit Tabel 1 komen overeen met de overige, gebruikte literatuur. Bovenstaande punten vormen een heldere basis om mee te nemen in verschillende keuzes tijdens het onderzoek.

Tabel 1: Factoren tot succes en falen van een tramverbinding (Babalik-Sutcliffe, 2002)

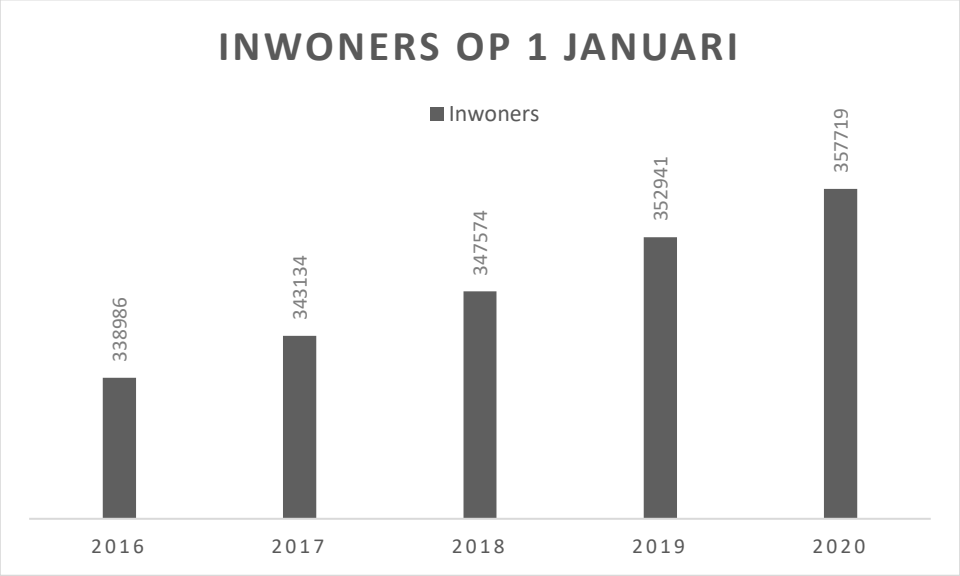
	Factors that enhanced success	Factors that hindered success
Miami Metrorail	Joint development projects	Inconvenient urban form and low density Problems in public relations System serving low income areas combined with high fares and transfer fares Weak and declining CBD Technology inconvenient for the urban area
St Louis MetroLink	Radial corridor Location of line and stations Providing access over the river Improvement and integration of bus services Free journeys at the city centre at off-peak Security staff on board and at stations Providing car parks at station sites	Weak and declining CBD Lack of comprehensive redevelopment project for the CBD Using most station areas for surface car parks
San Diego Trolley	Location of the first line Integration of buses with the system City centre redevelopment project Joint development projects Transit oriented development schemes	Weak integration of local plans with the Trolley in some municipalities
Sacramento Light Rail	Strong and economically vital CBD Integration of buses with the system Free transfers between buses and the system Pedestrianization of a city centre street	Inconvenient urban form and low density Part of the route serving high income neighbourhoods that are against transit orientated development Inconvenient location of routes Lack of funds to improve buses Poor service levels (low frequency)
Vancover SkyTrain	Medium-high density urban area Substantial levels of public transport useage High Frequency of service Integration of buses with the system Planning the system as a part of the regional plan Adapting local plans to the rail sytem Redevelopment of old industrial sites Development bonuses (TOD incentives) Joint development schemes Relocating government buildings at stations Early opening of a section for demonstration	Provision of only one park and ride facility
Tyne and Wear Metro	High density urban area with radial corridors Substantial levels of public transport usage Location of lines and their extensiveness City centre redevelopment project Integration with buses in initial years	Lack of integration with buses Poor co-ordination between the metro and the local plans and recent urban projects
Manchester Metrolink	High density urban area with radial corridors Substantial levels of public transport usage Providing rail access through the city centre High frequency Location of lines: replacing rail commuter service and providing city centre rail link Renewal of some city centre buildings Pedestrianisation of a city centre street	Lack of integration with buses Poor integration of local municipal plans with LRT
Sheffield Supertram	Medium density urban area with radial corridors Substantial levels of public transport usage Ticket sales on board by an additional staff Signalling priority has been improving	Small and weak CBD System serving low income neighbourhoods combined with competition from buses Low segregation and low signalling priority Demolition of high density residential areas Poor co-ordination with the renewal project

4 HUIDIGE SITUATIE EN TOEKOMSTBEELD UTRECHT

Relatief gezien is Utrecht de snelst groeiende stad van Nederland. Waar Utrecht op 1 januari 2020 357.719 inwoners had (Utrecht Monitor, 2020), is de verwachting dat hier in de komende twintig jaar ruim 100.000 nieuwe inwoners bijkomen. Utrecht beschikt namelijk over een aantrekkelijk vestigingsklimaat voor bedrijven en voor mensen om te wonen. Het hoge onderwijsniveau, de stabiele economie, de hoge mate van innovatie (o.a. de grootte van Utrecht Science Park) en de kwaliteit van de infrastructuur en gezondheidszorg maken de regio Utrecht al jaren de 'meest competitieve, niet-hoofdstedelijke' regio van Europa (Invest in Holland, 2019). Mede hierdoor wordt een forse stijging verwacht van nationale en internationale bedrijven welke zich in de regio Utrecht zullen gaan vestigen.

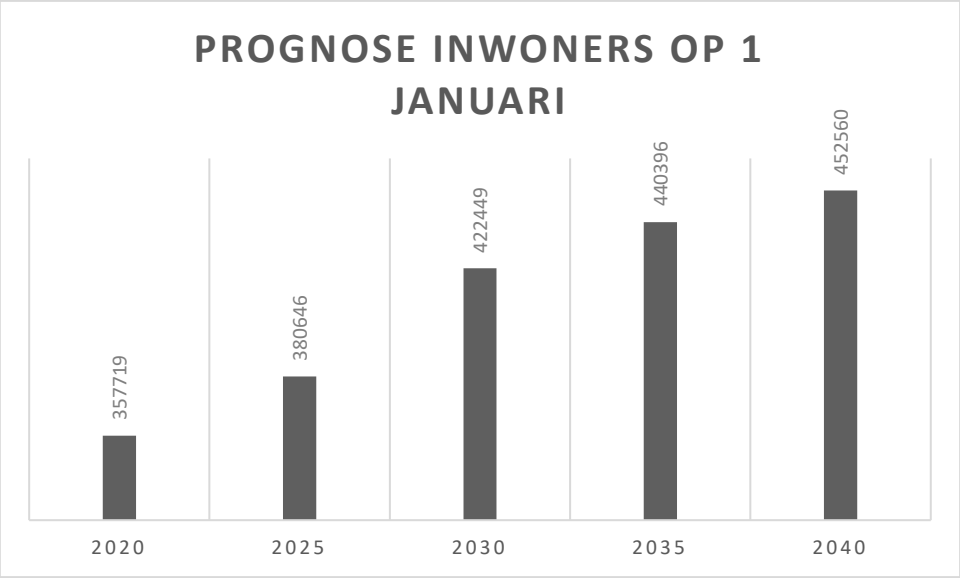
4.1 ONTWIKKELING INWONERS

De groei die in de komende twintig jaar verwacht wordt (gemiddeld 5.000 per jaar) is in vrijwel dezelfde trend ook terug te zien in de periode 2016-2020. In deze periode steeg het inwonersaantal gemiddeld met ruim 4500 inwoners per jaar.



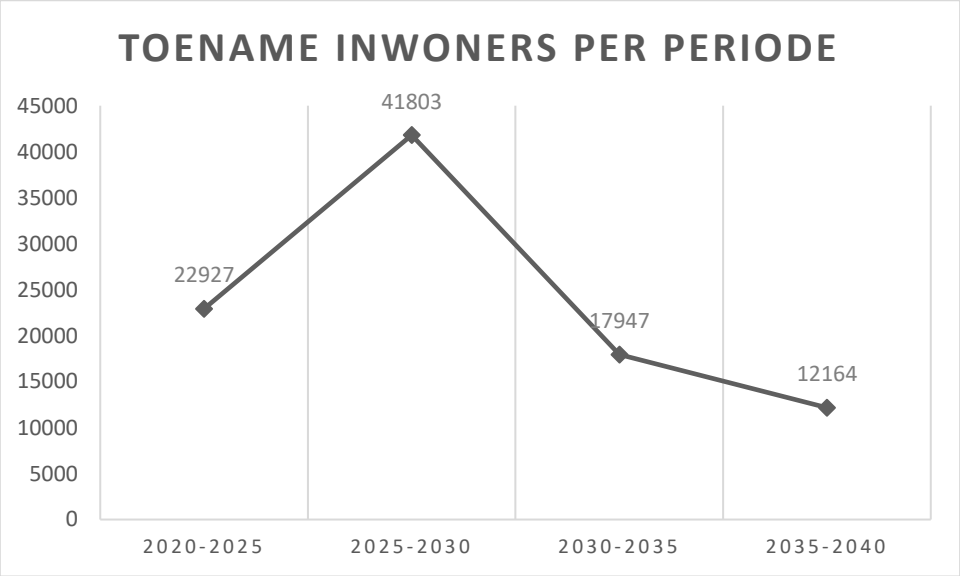
Grafiek 4: Aantal inwoners Utrecht op 1 januari (Utrecht Monitor, 2020)

De bevolkingsprognose van Utrecht voor de komende twintig jaar ziet er als volgt uit:



Grafiek 5: Prognose inwoners Utrecht op 1 januari (Selten, Roy, & Slob, 2020)

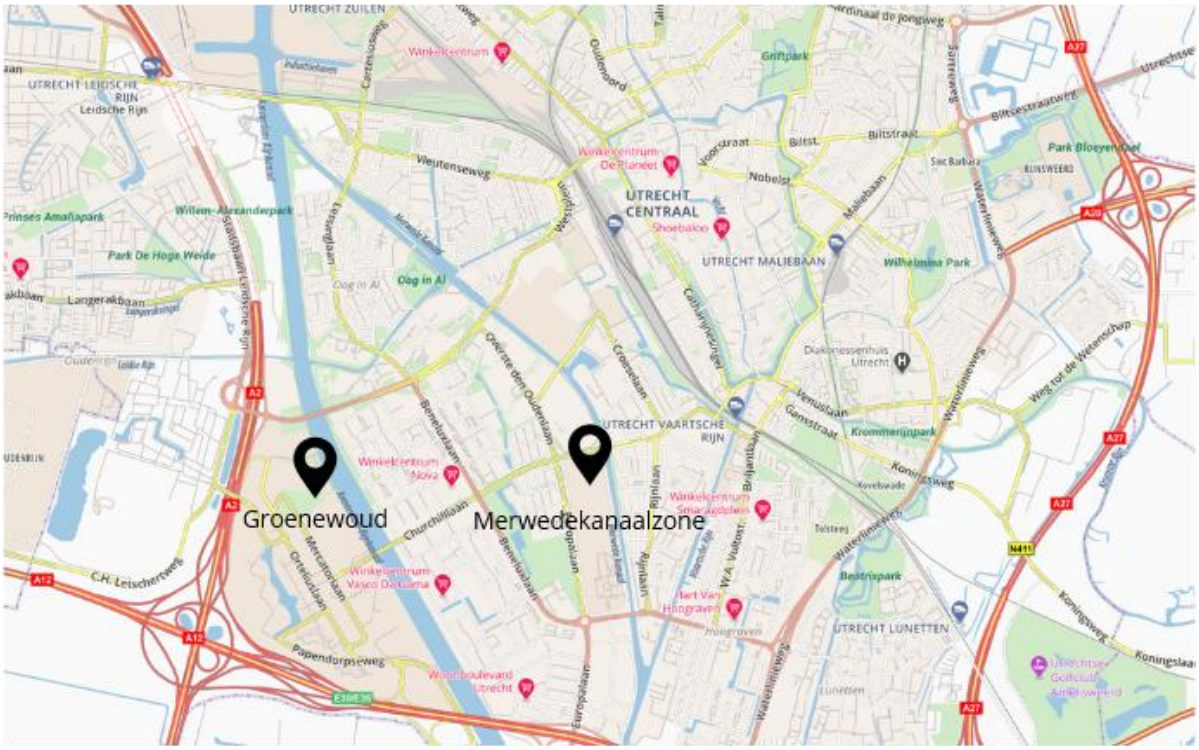
De prognose van de bevolkingsgroei tussen 2020 en 2040 per periode van vijf jaar is als volgt:



Grafiek 6: Toename inwoners Utrecht per periode van 5 jaar (Selten, Roy, & Slob, 2020)

Uit deze prognose blijkt heel duidelijk dat vooral in de periode van 2025 tot 2030 de meeste groei verwacht wordt. De verklaring hiervoor is te vinden in het feit dat er vooral in deze periode twee grote wijken gerealiseerd zullen gaan worden. In Utrecht Zuidwest wordt de MWKZ ontwikkeld en in Papendorp het Groenewoud. Deze nieuwe wijken zijn samen goed voor een toename van ruim 11.000 inwoners. Hoewel een nieuwbouwwijk zou kunnen zorgen voor een verloop van inwoners van de ene naar de andere wijk, blijkt uit de *Bevolkingsprognose 2020* niet dat de bevolkingsaantallen in de andere wijken zullen dalen en het inwonersaantal als geheel dus zal stijgen (Selten, Roy, & Slob, 2020).

Deze twee wijken zijn ook direct de wijken die van grote invloed zijn op de haalbaarheid van de Papendorplijn. De wijk MWKZ (zie Figuur 4) bevindt zich tussen het Merwedekanaal en de Europalaan en vindt een belangrijke ontsluiting in de te verleggen SUNIJ-lijn/Merwedelijn. Zoals reeds benoemd in dit rapport is het verleggen van deze lijn van groot belang voor de Papendorplijn. Voor de Papendorplijn is het vervolgens mogelijk om de wijk Groenewoud, die zich bevindt in het noordelijk deel van Papendorp (zie Figuur 4), te bedienen.



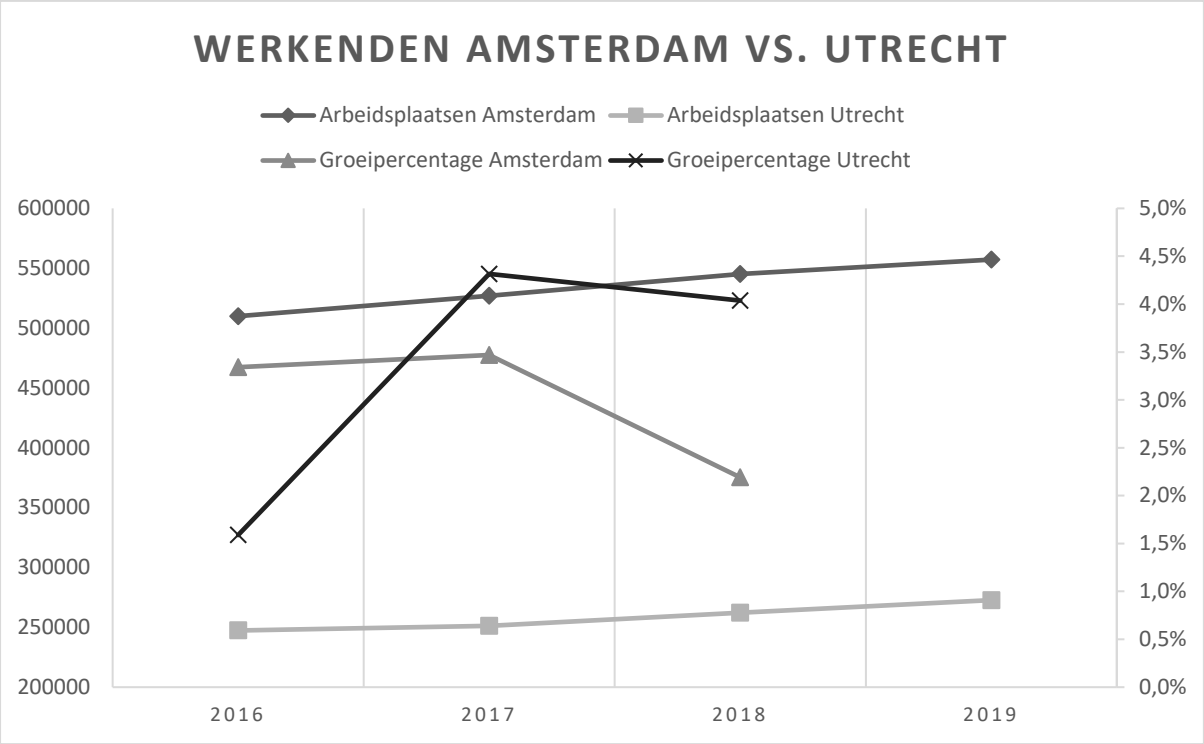
Figuur 4: De wijken Groenewoud en Merwedekanaalzone (Michelin, z.d.)

4.2 ONTWIKKELING BEDRIJVEN

Dat Utrecht voor veel bedrijven een aantrekkelijke locatie is om zich te vestigen, wordt bevestigd door het aantal arbeidsplaatsen binnen Utrecht. Uit onderzoek van de Provincie Utrecht blijkt namelijk dat er in 2019 in de stad Utrecht 272.712 arbeidsplaatsen bestonden. De stad was hiermee goed voor meer dan een derde van het totaal aantal arbeidsplaatsen (765.910) in de gehele provincie (Provincie Utrecht, 2020).

Ook ten opzichte van Nederland als geheel doet Utrecht het goed. In 2019 kende Utrecht op het gebied van arbeidsplaatsen een relatieve groei van 4,0% (Provincie Utrecht, 2020), ten opzichte van het Nederlands gemiddelde van 2,5% (Economic Board Utrecht, z.d.). Wanneer vervolgens de stad Utrecht vergeleken wordt met bijvoorbeeld Amsterdam, dan blijkt dat Utrecht vanaf 2017 in relatieve zin een grotere groei heeft dan Amsterdam (zie Grafiek 7). Ook in absolute zin scheelt het in 2018 niet veel van elkaar. Waar het aantal werkenden in Amsterdam gedurende 2018 groeide met 11.945, groeide dit in Utrecht met 10.581 (Gemeente Amsterdam, 2020; Utrecht Monitor, 2020).

Dat ook de komende jaren de populariteit van Utrecht als vestigingslocatie aanblijft, blijkt wel uit de prognoses die opgesteld zijn met betrekking tot de werkgelegenheid. In de periode 2020-2040 wordt hier namelijk een toename van 70.000 banen verwacht (Gemeente Utrecht, 2020).



Grafiek 7: Groei in aantal werkenden in Amsterdam en Utrecht (Gemeente Amsterdam, 2020; Utrecht Monitor, 2020)

4.3 CAPACITEIT OV

Op het traject Utrecht CS – Papendorp rijden nu alleen bussen. Op een reguliere werkdag[1] zijn dit zeven verschillende buslijnen van verschillende vervoerders. Deze verschillende buslijnen rijden met uiteenlopende frequenties. Waar de ene lijn tot 46 keer per werkdag rijdt, heeft de andere lijn alleen een aantal ritten in de ochtend.

Wanneer alle buslijnen die rijden tussen Utrecht CS en Papendorp (gedurende de in de voetnoot bepaalde werkdag) worden samengenomen, komt dit uit op een totaal van 161 ritten in de richting van Utrecht CS en 150 ritten in de richting van Papendorp (U-OV, 2021) (Q-Buzz, 2021) (Syntus Utrecht, 2020). In Bijlage B is dit per lijn en per richting uitgewerkt. De gemiddelde frequentie op het traject Utrecht CS – Papendorp gedurende een werkdag[1] en vice versa is daarmee als volgt:

- Utrecht CS → Papendorp: $\frac{150\ ritten}{11\ uur} = 13{,}6\ ritten/uur$
- Papendorp → Utrecht CS: $\frac{161\ ritten}{11\ uur} = 14{,}6\ ritten/uur$

Op de drukste momenten van de dag liggen deze waardes een stuk hoger. Voor de richting Utrecht CS – Papendorp geldt dan een aantal van 31 bussen in het uur (tussen 08:00 en 09:00). Voor de richting Papendorp – Utrecht CS zijn dit er 24 (tussen 07:00 en 08:00). Volgens het mobiliteitsplan geldt voor het aantal trams ten opzichte van bussen het volgende: “Een tram is efficiënter dan de bus in hoogstedelijke gebieden. Voor eenzelfde hoeveelheid reizigers is een vijfde van het aantal voertuigen nodig.” (Gemeente Utrecht, 2020, p. 89). Dit zou dus betekenen dat er tijdens de piekuren minstens 31/5 = 6,2 trams nodig zijn.

[1] Maandag tot en met vrijdag, van 7:00 tot 18:00.

4.4 GEGEVENS VERKEERSMODEL

In aanvulling op bovenstaande gegevens uit openbare bronnen wordt ook gebruik gemaakt van gegevens vanuit het Strategisch verkeersmodel Midden-Nederland, afgekort als Stravem. Stravem is het nieuwe verkeersmodel van de Provincie Utrecht dat sinds begin 2021 in gebruik is. Dit model is daarmee de opvolger van het Verkeersmodel Regio Utrecht 3.0. Stravem is een gedetailleerd verkeersmodel dat uitgaat van een zogenaamde 'tour-based' benadering. Dat wil zeggen dat er niet gewerkt wordt met losse ritten zoals in oude modellen vaak het geval was, maar met reizen als geheel. In andere woorden: het model gaat uit van een multimodale benadering (Mijjer & Tamminga, 2018). Bovenop de reisgegevens wordt er ook gebruik gemaakt van gegevens zoals inwonersaantallen en aantal banen, maar ook gemiddelde inkomens en opleidingsniveaus. Het jaar 2017 is als basisjaar genomen voor het verkeersmodel.

Om de ontwikkeling van de stad en mate van verstedelijking voor de afweging van de alternatieven goed in beeld te krijgen, zijn inwonersaantallen, het aantal banen en ov-bewegingen per buurt voor de jaren 2017 en 2040 op een rij gezet. Het betreft de volgende wijken, vallend binnen het onderzoeksgebied:

- Bedrijvengebied Kanaleneiland
- Bedrijvengebied Oudenrijn
- Bedrijvengebied Papendorp
- Bedrijvengebied Strijkviertel
- De Meern-Noord en -Zuid
- Dichterswijk
- Galecop
- Halve Maan-Noord en -Zuid
- Hoog-Catharijne, NS en Jaarbeurs
- Kanaleneiland-Noord en -Zuid
- Oog in Al
- Rijnenburg
- Rijnvliet
- Transwijk-Noord en -Zuid
- Welgelegen, Den Hommel

De volledige tabel met de cijfers per wijk is te vinden in Bijlage C. In Bijlage D zijn op tekening AFO-TEK002 dezelfde gegevens visueel op een tekening/kaart weergegeven. In de paragraaf hierna worden de belangrijkste conclusies die volgen uit het verkeersmodel beschreven.

4.4.1 Analyse

Stationsgebied

In de modelcijfers valt allereerst het stationsgebied 'Hoog-Catharijne, NS en Jaarbeurs' op met hoge waardes. Ten opzichte van 2017 is het aantal inwoners vertienvoudigd en neemt het aantal banen met 60% toe. Ook het aantal ov-bewegingen in 2040 steekt boven alle andere cijfers uit. Ondanks dat dit allemaal erg hoge waardes zijn, zal het merendeel te maken hebben met het Centraal Station. Dat is daarmee direct aanleiding om de tram per definitie op het Centraal Station aan te laten sluiten, wat in overeenstemming is met de vraag naar de Papendorplijn op zich.

Bedrijvengebieden

Opvallend in de vergelijking van de geanalyseerde gebieden is de ontwikkeling van de betreffende bedrijvengebieden. Relatief gezien is de toename van het aantal inwoners in de bedrijvengebieden Kanaleneiland en Rijnvliet juist het grootst, waar het aantal arbeidsplaatsen slechts een lichte stijging vertoont. Een ander voorbeeld hiervan is Papendorp. Het aantal inwoners stijgt van 15 in 2017 naar ruim 2900 in 2040 (+19367%), het aantal arbeidsplaatsen met 'slechts' 30%. Daarentegen staat Papendorp evengoed op plek 2 op het gebied van aantal arbeidsplaatsen, na het stationsgebied. Ook op het gebied van aantal ov-bewegingen in 2040 scoort Papendorp van de geanalyseerde gebieden relatief hoog; plek 6 van de 19. Aan de hand van deze cijfers kan worden gesteld dat de vraag naar hoogwaardig ov hier in de toekomst groot zal zijn.

Kanaleneiland
Ook de wijk Kanaleneiland (zowel Noord als Zuid) valt op in zowel inwonersaantallen, arbeidsplaatsen alsook ov-bewegingen. Wanneer de als bedrijvengebied bestempelde wijken niet worden meegenomen, staat Kanaleneiland op elk criteria in de top 3 van de geanalyseerde wijken. Ook hier zal, net als in Papendorp, de vraag naar een hoogwaardige ov-verbinding in de toekomst naar alle waarschijnlijkheid toenemen.

Dichterswijk
Een zelfde vergelijking als bij Kanaleneiland kan worden gemaakt voor de Dichterswijk. Hoewel het aantal arbeidsplaatsen hier relatief laag is in vergelijking met andere wijken, zijn zowel de inwonersaantallen en ov-bewegingen hoog. Ook hier zal vrijwel eenzelfde vraag komen naar de eerdergenoemde hoogwaardige ov-verbinding.

Conclusie
Aan de hand van bovenstaande gegevens uit het verkeersmodel kan worden geconcludeerd dat een tramverbinding naar Papendorp voldoende reizigers kan bedienen. Naast Papendorp zijn ook de verwachtingen voor de wijken Kanaleneiland en Dichterswijk erg hoog en idealiter zou een tramverbinding langs of tussen bovengenoemde wijken van Utrecht het meest voor de hand liggend zijn.

5 SCHETSMATIGE ALTERNATIEVEN

De eerste stap in het opstellen van de alternatieven voor een tramverbinding tussen Utrecht Centraal en Papendorp is om op zeer schetsmatige wijze te kijken naar de ogenschijnlijke opties die er zijn. Dat wil zeggen dat er nog niet gekeken wordt naar eventuele eisen of randvoorwaarden, maar slechts naar de inpassing (op het oog) in de omgeving. Hier wordt echter wel rekening gehouden met bovenstaande analyse en daarmee de locaties die bediend moeten worden. Door deze werkwijze is het mogelijk om op een vrije manier verschillende mogelijke alternatieven te creëren en 'out of the box' te denken.

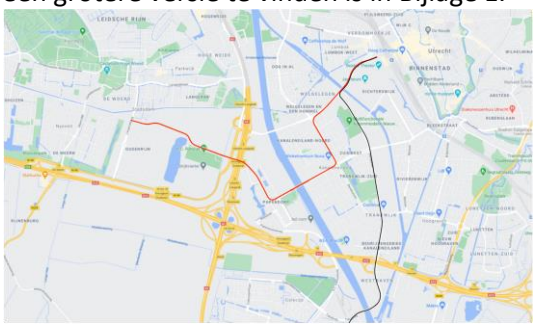
Na het opstellen van deze schetsmatige alternatieven wordt bepaald welk van deze alternatieven als 'kansrijk' worden gezien en eventueel verder uitgewerkt gaan worden. Het kansrijk bestempelen van de alternatieven gebeurt op basis van eisen, randvoorwaarden en wensen die in paragraaf 5.2 beschreven worden.

5.1 DE ALTERNATIEVEN

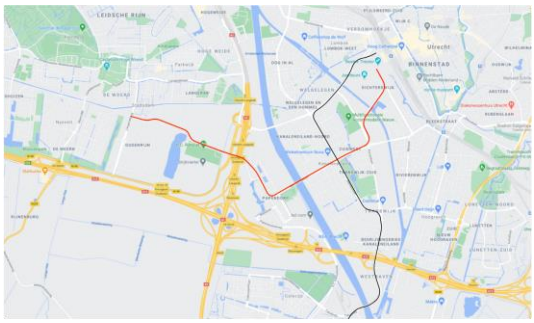
Tijdens een brainstormsessie zijn er verschillende alternatieven tot stand gekomen. Uit deze sessie zijn vijf alternatieven ontstaan, met een variërend aantal varianten daarop. Dit loopt uiteen van één variant tot vier varianten. In Bijlage E worden deze alternatieven uitgebreid toegelicht. De alternatieven in deze bijlage zijn de volgende:

- Orteliusviaduct
  - Variant A t/m D
- Ikea
- Lus Papendorp
- Rijnenburg
  - Variant A t/m D
- Papendorp Noord tot Zuid

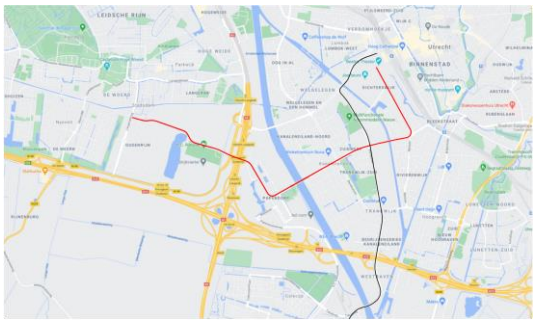
In de afbeeldingen hieronder zijn deze alternatieven in het klein weergegeven. Ook hiervoor geldt dat een grotere versie te vinden is in Bijlage E.



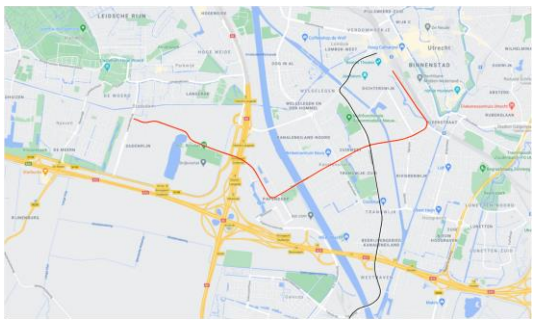
Figuur 5: Alternatief Orteliusviaduct, variant A



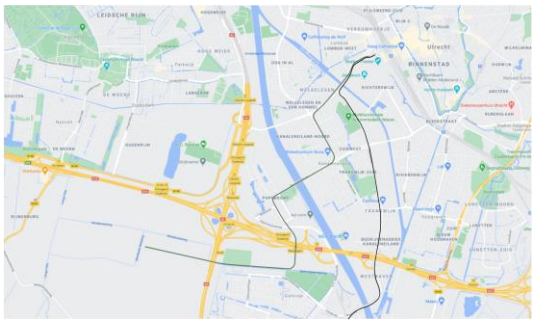
Figuur 6: Alternatief Orteliusviaduct, variant B



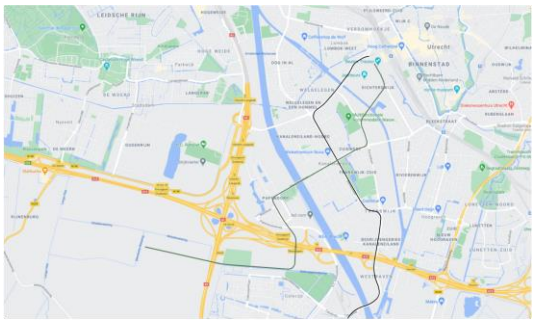
Figuur 7: Alternatief Orteliusviaduct, variant C



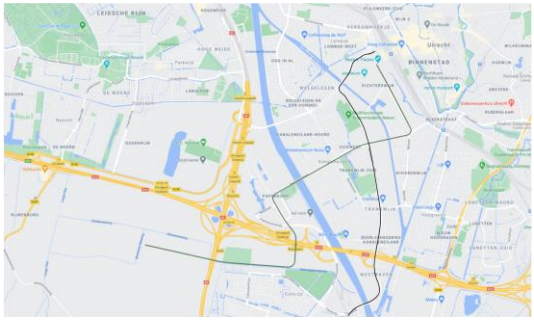
Figuur 8: Alternatief Orteliusviaduct, variant D



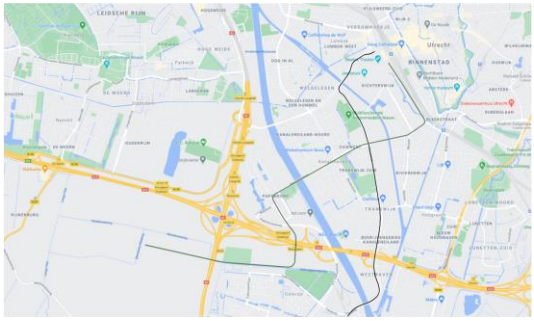
Figuur 9: Alternatief Rijnenburg, variant A



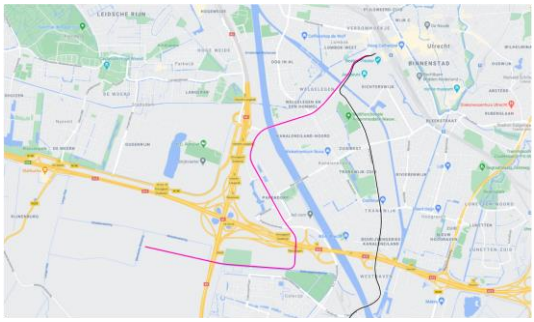
Figuur 10: Alternatief Rijnenburg, variant B



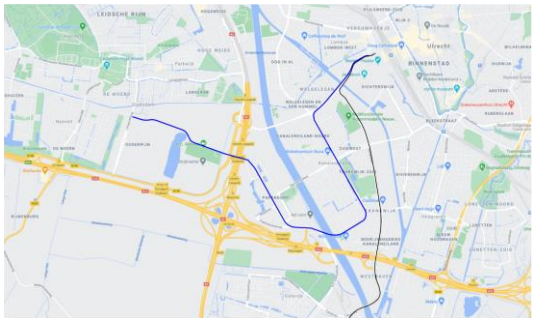
Figuur 11: Alternatief Rijnenburg, variant C



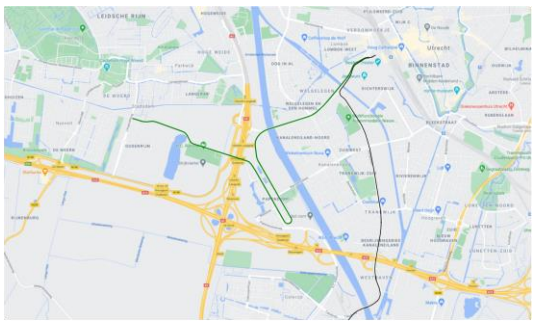
Figuur 12: Alternatief Rijnenburg, variant D



Figuur 13: Alternatief Papendorp noord tot zuid



Figuur 14: Alternatief Ikea



Figuur 15: Alternatief lus Papendorp

5.2 Toetsingscriteria en vaststellen uit te werken alternatieven

Om vast te stellen welke alternatieven er het meest kansrijk zijn en vervolgens verder uitgewerkt gaan worden, wordt gebruik gemaakt van een zeefanalyse. Deze zeefanalyse is een afgeslankte vorm van de MCA. In de zeefanalyse wordt gebruik gemaakt van een negental criteria waar de alternatieven aan

getoetst worden. Voor het bepalen van deze criteria is gebruik gemaakt van een aantal interviews die gehouden zijn met contactpersonen van zowel de gemeente Utrecht als de provincie Utrecht. Deze interviews zorgen ervoor dat er bekend is waar de wensen en eisen van beide partijen liggen en waar in dit onderzoek dus aandacht naar uit moet gaan. De interviews zijn opgenomen in Bijlage F, Bijlage G en Bijlage H. Door per criterium scores toe te kennen aan de alternatieven, wordt een rangschikking gecreëerd waaruit zal blijken welk alternatief als kansrijk beschouwd wordt. In dit stadium van afwegen worden er nog geen wegingen toegekend aan de criteria. Ook de toe te kennen scores zijn beperkter dan in een reguliere MCA. Voor deze zeefanalyse wordt namelijk slechts gebruik gemaakt van een score 0, 1 of 2 en betekenen het volgende:

- 0: Voldoet niet aan het criterium
- 1: Een deel van het alternatief voldoet aan het criterium
- 2: Voldoet geheel aan het criterium

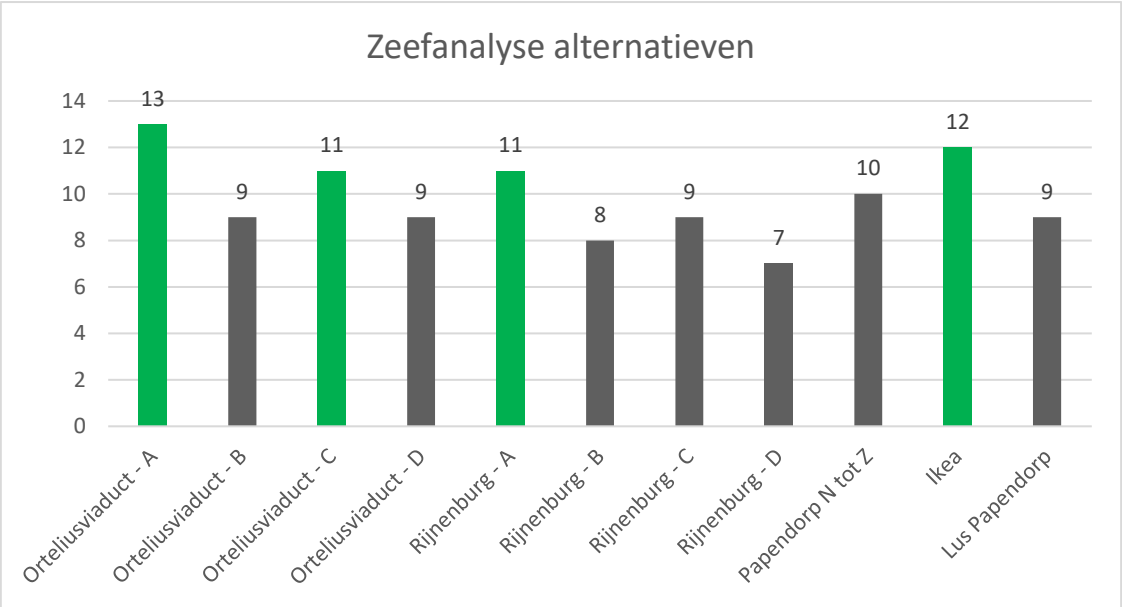
Op deze manier kunnen de meest kansrijke opties relatief eenvoudig uit de selectie worden gefilterd. De toegepaste criteria, met omschrijving, luiden als volgt:

- Inpassing stationsgebied; in hoeverre wordt de benodigde infrastructuur rondom Utrecht CS ingepast, zonder al te veel ingrijpende aanpassingen?
- Gebruik bestaande railinfra; wordt er gebruik gemaakt van reeds aanwezige railinfrastructuur?
- Gebruik bestaande kunstwerken; wordt er bij het kruisen van (water)wegen gebruik gemaakt van bestaande kunstwerken, of dienen er nieuwe kunstwerken te worden gerealiseerd?
- Inpassing maaiveldniveau; in hoeverre heeft de ligging van het tracé invloed op de omgeving, bijvoorbeeld op de doorstroming op de weg?
- Toekomstvastheid tracé; is het tracé in de toekomst relatief eenvoudig aan te passen, te verlengen of is bijvoorbeeld de capaciteit opschaalbaar, uitgaande van een basisfrequentie van 8 keer per uur per richting?
- Vrijliggend tracé; wordt de benodigde (vrijliggende) infrastructuur gedeeld met bijvoorbeeld lijnbussen of heeft de tram een volledig vrije baan?
- In lijn met verwachte groeicijfers en gegevens verkeersmodel; worden de sterkst groeiende stadsdelen of de stadsdelen met het hoogst aantal verwachte reizigers in 2040 (Dichterswijk, Kanaleneiland en Papendorp) bediend door de tram en sluit dit aan op de groeiprognoses zoals beschreven in hoofdstuk 4?
- Ontsluiting Merwedekanaalzone; wordt de toekomstige wijk MWKZ voldoende bediend door de tram?
- Ontsluiting Groenewoud; wordt de toekomstige wijk Groenewoud voldoende bediend door de tram?

Na het toebedelen van de diverse scores, waarvan de verantwoording in Bijlage I te vinden is, volgt uit de zeefanalyse dat de volgende vier tracés als meest kansrijk worden beschouwd. Deze zullen in een volgend stadium verder worden uitgewerkt:

- Alternatief Orteliusviaduct A.
- Alternatief Orteliusviaduct C.
- Alternatief Rijnenburg A.
- Alternatief Ikea.

De totaalscores van alle alternatieven en varianten zijn als volgt:



Grafiek 8: Resultaat zeefanalyse

6 TOELICHTING ALTERNATIEVEN

6.1 ORTELIUSVIADUCT A

Het tracé zoals deze bij dit alternatief is bedacht is het meest eenvoudige en korte tracé van elk van de alternatieven. Het huidige SUNIJ-lijn tracé wordt tot en met het 5 Meiplein gevolgd, waarna deze afbuigt richting Papendorp en aansluit op de HOV-busbaan tussen Utrecht Centraal, Papendorp en station Vleuten. Na het kruisen van het ARK wordt afgebogen richting de toekomstige wijk Groenewoud. Zo wordt er een hoogwaardige ontsluiting geboden tussen Utrecht Centraal en deze wijk. Wanneer in de toekomst wordt besloten de lijn door te trekken richting De Meern (of verder), sluit het tracé aan de noordzijde van Papendorp opnieuw aan op de bestaande (vertrambare) busbaan.

6.2 ORTELIUSVIADUCT C

Het tracé in dit alternatief volgt de Croeselaan en Balijelaan, waarna deze ter hoogte van het Anne Frankplein aansluit op de HOV-busbaan. Deze wordt, net als bij het Orteliusviaduct A-alternatief, gevolgd tot na het kruisen van het ARK. Kijkend naar de inpassing zal dit alternatief veel uitdaging met zich mee inbrengen. Daarentegen is het bereik binnen enkele van de sterkst groeiende wijken het meest interessant bij dit alternatief. Als enige van de vier uit te werken tracés wordt hier de Dichterswijk ontsloten. Ook de nieuwe wijk Groenewoud wordt in dit alternatief bediend door een hoogwaardige ontsluiting. Wanneer in de toekomst wordt besloten de lijn door te trekken richting De Meern (of verder), sluit het tracé aan de noordzijde van Papendorp opnieuw aan op de bestaande (vertrambare) busbaan.

6.3 RIJNENBURG A

Net als het alternatief Orteliusviaduct A, volgt dit alternatief tot en met het 5-Meiplein het huidige SUNIJ-tracé. Vanaf het punt dat dit alternatief het ARK over is en in Papendorp aankomt, ontstaat het verschil. Dit alternatief buigt namelijk af richting het zuiden. Hiermee worden vooral en aantal bedrijven in Papendorp goed ontsloten. De nieuw te realiseren woonwijk heeft een minder goede aansluiting op deze tram. Wanneer in de toekomst besloten wordt om de wijk Rijnenburg te gaan ontwikkelen, kan dit alternatief, zoals op de tekeningen te zien zal zijn, via Galecop doorgetrokken worden naar Rijnenburg. Op deze manier wordt dan aan twee grote wijken een hoogwaardige ontsluiting geboden, wat een hoog reizigersaantal kan opleveren.

6.4 IKEA

Het Ikea-alternatief volgt zo ver als mogelijk het tracé van de huidige SUNIJ-lijn, tot aan het Europaplein. Via de Aziëlaan buigt het tracé af in de richting van Papendorp. In een eerste oogopslag lijkt deze route via het zuiden van Kanaleneiland een flinke omweg richting Papendorp. Echter bevindt zich in het zuidelijke deel van Kanaleneiland een aantal interessante locaties. Denk hierbij aan verschillende opleidingen die onderdeel zijn van ‘MBO Utrecht’. Niet alleen deze opleidingen maar ook de meubelboulevard kan een aantrekkende kracht hebben op het aantal reizigers in de tram. Het vervolg van het tramtracé gaat door richting Papendorp via een nieuw viaduct over het ARK. Het tracé loopt dus van zuid tot noord door Papendorp heen. Wanneer wordt besloten de lijn door te trekken richting De Meern (of verder), sluit het tracé aan de noordzijde van Papendorp aan op de bestaande busbaan.

7 VORMGEVING TRAMLIJN

7.1 RICHTLIJNEN TRACÉ

Eén van de richtlijnen in Nederland op het gebied van trams en de inpassing daarvan is te vinden in de CROW. Het betreft een leidraad met betrekking tot de inpassing van trams in stedelijk gebied. Diverse onderwerpen worden in de leidraad behandeld; van kruispunten met gemengd verkeer tot gemiddelde halteafstanden en factoren die invloed kunnen hebben op de gemiddelde snelheid van trams.
Voor een tramlijn met een ontsluitende functie wordt in Nederland een onderlinge halteafstand toegepast van grofweg 300-400 meter. Bij een tramlijn met een verbindende functie is dit 400-700 meter. Gemiddeld genomen is dit zo'n 500 meter. De gemiddelde snelheid die bij dergelijke onderlinge halteafstanden komt kijken is zo'n 18-25 km/h.

Daarnaast wordt ook beschreven wat de invloed van hoogwaardig ov kan zijn bij de ontwikkeling van nieuw te bouwen woonwijken. In een later stadium (als de wijk bijvoorbeeld al deels is ontwikkeld) is het lastiger de benodigde infrastructuur aan te passen. Daarnaast wordt de kans steeds kleiner dat mensen dan het ov verkiezen boven de auto, aangezien autogebruik dan al als 'standaard' wordt gezien. Om de inwoners van een nieuwe woonwijk vanaf het begin een goed werkend en hoogwaardig ov-netwerk te kunnen bieden, is het van belang dit vroegtijdig mee te nemen in de inrichting van woonwijken (CROW, 2007).

7.2 UITWERKING TRACÉS

7.2.1 Tracéontwerp

Met een combinatie van bovenstaande aandachtspunten en de eerder benoemde toetsingscriteria uit Hoofdstuk 5.2 in acht nemend zijn de vier gekozen alternatieven verder uitgewerkt. Dit is ook gedaan in combinatie met het Ontwerpvoorschrift Spoor (OVS) van de Provincie Utrecht, met daarin formules voor de berekeningen van onder andere horizontale boogstralen. De basis hierbij is de combinatie met overig verkeer en daarmee de ontwerpsnelheid, zoals te zien is in Bijlage N. Door de berekende bogen visueel weer te geven in het tracé kan vrij eenvoudig worden bepaald of het daadwerkelijk inpasbaar is. De gedetailleerde uitwerking van elk alternatief is te vinden in Bijlage J tot en met M. De belangrijkste en ook toegepaste begrippen, tabellen en formules uit het OVS zijn te vinden in Bijlage N.

Als uitgangspunt is in eerste instantie getracht de meest gunstige variabelen op de betreffende locatie toe te passen. Dit om een zo hoog mogelijk comfort te realiseren, maar ook om een hoge snelheid te behalen en dus de doorstroming te bevorderen. Wanneer de daaruit volgende horizontale boogstraal niet inpasbaar is, worden de verschillende variabelen middels een 'afpelmethodiek' stapsgewijs aangepast tot de benodigde boog wél inpasbaar is.

7.2.2 Haltes en perrons

Bij het bepalen van de halteplaatsen is gebruik gemaakt van het 600 meter gebied dat in de literatuur is beschreven (Engebretsen et al., 2017). De grens van bereidheid tussen wel, geen of in mindere mate gebruik van de tram ligt namelijk rond de 600 meter rondom een halte. Dit is ook als uitgangspunt genomen om de benodigde haltes langs het tracé te plaatsen. Tevens zijn de cirkels die dit gebied weergeven met zo min mogelijk overlap geplaatst. Op deze manier wordt een zo groot mogelijk gebied bereikt, zonder het gebruik van onnodig veel haltes. Dit kan de gemiddelde snelheid en dus doorstroming namelijk op een negatieve manier beïnvloeden. In bijvoorbeeld Rijnenburg zullen de haltes elkaar wat sneller opvolgen, aangezien dit het 'ophaalgebied' is. Het bereiken en dus ophalen

van zoveel mogelijk reizigers krijgt hier prioriteit boven het behalen van een hogere snelheid. Vice versa resulteert dit dichter bij Utrecht Centraal in het vervallen van enkele bestaande haltes of het verplaatsen hiervan. Bij het plaatsen of verplaatsen van haltes is telkens de afweging gemaakt tussen enerzijds het bereik van de reizigers en anderzijds de doorstroming en snelheid op de tramlijn. De halte 'Graadt van Roggenweg' ligt bijvoorbeeld op zo'n 400 meter afstand van Utrecht Centraal. De bereidheid om gebruik te maken van de tram in dit gebied is naar alle waarschijnlijkheid even groot of zelfs kleiner dan de bereidheid om geen gebruik te maken van deze halte en gelijk naar Utrecht Centraal te lopen/fietsen. Het onnodig halteren bij de Graadt van Roggenweg zorgt er uiteindelijk weer voor dat de gemiddelde snelheid naar beneden gaat dan dat dit daadwerkelijk van toegevoegde waarde is. Het opheffen van deze halte resulteert in zowel een hogere gemiddelde snelheid over het traject, alsook een verhoogd reiscomfort voor de reiziger. Een overzicht van de halteplaatsing en een principetekening van perrons zijn te vinden in respectievelijk Bijlage O en Bijlage P.
Verdere toelichting op de aanpassingen van haltes of bestaande infrastructuur is te vinden in Hoofdstuk 7.2.3. Kort opgesomd doen de vier alternatieven elk de volgende haltes aan:

Tabel 2: Haltes per alternatief

Orteliusviaduct A	Orteliusviaduct C	Rijnenburg A	Ikea
Utrecht CS Jaarbeurszijde	Utrecht CS Jaarbeurszijde	Utrecht CS Jaarbeurszijde	Utrecht CS Jaarbeurszijde
~~Graadt van Roggenweg~~ (vervalt)	Balijelaan	~~Graadt van Roggenweg~~ (vervalt)	~~Graadt van Roggenweg~~ (vervalt)
24 Oktoberplein	Kanaleneiland	24 Oktoberplein	24 Oktoberplein
~~5 Meiplein~~ (vervalt)	Groenewoud	~~5 Meiplein~~ (vervalt)	5 Meiplein (verplaatst 200m)
Kanaleneiland	Sportpark Rijnvliet	Kanaleneiland	~~Vasco Da Gamalaan~~ (vervalt)
Groenewoud	Bedrijvengebied Oudenrijn	Mercatorlaan	Aziëlaan
Sportpark Rijnvliet		Galecopperlaan	Mercatorlaan
Bedrijvengebied Oudenrijn		Rijnenburg Oost	Groenewoud
		Rijnenburg West	Sportpark Rijnvliet
			Bedrijvengebied Oudenrijn

7.2.2.1 *Principe-ontwerp perron*

Voor het ontwerp van de toekomstige haltes/perrons is een principe-ontwerp opgesteld. Dit ontwerp wordt in de basis op alle haltelocaties toegepast. Op de tekeningen in Bijlage P zijn de contouren van het principe-ontwerp overgenomen en op tekening geplaatst.

Het principe-ontwerp is tot stand gekomen met behulp van de voorschriften die door de CROW zijn opgenomen in de *Leidraad inpassing tram in stedelijk gebied*. Deze ontwerpeisen zijn gebaseerd op de Amsterdamse tram en zullen in Utrecht dus niet altijd toepasbaar zijn. Indien dat het geval is, wordt het hieronder toegelicht. Omtrent de globale afmetingen van de tramhalte staat het volgende beschreven:

- Er moet ruimte zijn voor twee trams om te halteren.
  In Utrecht rijden vaak gekoppelde tramstellen. Deze tramstellen hebben een maximale lengte van 75 m. De tramhaltes zullen op deze maat ontworpen worden.
- Het 'kopteken' moet een afstand van minstens 5,00 m vanaf een oversteekplaats hebben. Het kopteken stelt de plek voor waar de voorkant van de tram tot stilstand komt.

Principe-ontwerp: 5,00 m.
- Een hellingbaan heeft een lengte van minimaal 3,00 m.
  Principe-ontwerp: 5,00 m.
- De minimale breedte van het perron bedraagt 3,00 m.
  Principe-ontwerp: 3,00 m.
- De perronhoogte bedraagt 200 mm boven de bovenkant spoorstaaf (BS).
  In Utrecht geldt voor de hoogte van het perron dat deze 300 mm boven bovenkant spoor is. Dit staat tevens zo op tekening.

De perronafstand vanaf hart spoor volgt niet uit het voorschrift van de CROW maar uit het *Technisch PvE PVR* van de Provincie Utrecht, zie Bijlage S.

Naast deze voorschriften is er ook een tekening van een zogenaamde normhalte beschikbaar via de leidraad. Deze tekening is geraadpleegd voor de inrichting van de halte.

7.2.3 Aanpassingen omgeving

Om de tracés passend in de omgeving te krijgen en daarnaast te laten voldoen aan de ontwerpvoorschriften, zal het nodig zijn om bijvoorbeeld de inrichting van de bestaande infrastructuur op enkele plaatsen aan te passen. Bij het uitwerken van de tracés is getracht zoveel mogelijk van de bestaande infrastructuur intact te houden. Waar mogelijk is er ook rekening gehouden met het voorkomen van combinaties met overig verkeer en het creëren van zoveel mogelijk vrije baan voor de tram. Dit verhoogt de veiligheid rondom de trambaan en daarnaast de vervoerswaarde van de lijn zelf.

De meest ingrijpende aanpassingen om de alternatieven te realiseren zijn hieronder opgesomd. Overige, meer algemene aanpassingen zijn te vinden in Bijlage Q. Dit gaat in veel gevallen om kleinere aanpassingen in bijvoorbeeld het straatbeeld. Ook onderstaande punten zijn daarin nogmaals in beschouwing genomen.

5 Meiplein

Voor de alternatieven Orteliusviaduct A en Rijnenburg A zal het 5 Meiplein op de schop moeten. Er is in de huidige situatie weinig tot geen ruimte om de tram van de Beneluxlaan af te laten buigen richting de Bevrijdingslaan. Wanneer dit op maaiveldniveau gerealiseerd zou worden, betekent dit dat de onderdoorgang van de busbaan mogelijk komt te vervallen. De inrichting van het maaiveld zal hierdoor ingrijpend wijzigen: de tram zal op maaiveld afslaan, waar ook auto's en andere bussen rijden. Er zijn ongetwijfeld ook andere en meer complexe oplossingen mogelijk, bijvoorbeeld boven of onder maaiveldniveau. Deze zijn in dit onderzoek niet uitgebreid onderzocht.

Kruising Amsterdam-Rijnkanaal

In het Ikea-alternatief kruist de tram het ARK op een locatie waar geen viaduct aanwezig is. Om dit toch mogelijk te maken dient er op die locatie een nieuw kunstwerk gerealiseerd te worden. Ook dit heeft grote invloed op de omgeving, zowel tijdens aanleg als gedurende de exploitatiefase. Met deze inpassing zijn veel kosten gemoeid en is veel tijd benodigd.

Jaarbeursplein

Voor het alternatief Orteliusviaduct C is het nodig om nieuwe eindhaltes te creëren op het Jaarbeursplein vanwege de route via de Croeselaan. De inpassing van deze nieuwe haltes op het Jaarbeursplein heeft een redelijke impact op de inrichting van het plein. De haltes zullen namelijk diagonaal op het huidige busplein geplaatst worden. De wenselijkheid van een dergelijke oplossing vormt mogelijk een probleem. Ook voor dit alternatief zijn er wellicht mogelijkheden te bedenken om dit boven of onder maaiveld te realiseren. Ook deze oplossingen zijn in dit onderzoek niet in beschouwing genomen.

Algemeen
Wanneer een bestaande (bus)halte in één van de uitgewerkte tracés ook door de tram wordt aangedaan, zal hier de perronhoogte moeten worden verhoogd van 18 naar 30 cm. Het verschil tussen de instaphoogte van het huidige materieel (eveneens 30 cm) en de perronhoogte die wordt toegepast bij de bushaltes is te groot. In het geval de trambaan door of langs een woonwijk gaat, zal er omwille van de veiligheid rondom kruisingen een fysieke afscheiding (in de vorm van een hekwerk of heg) worden geplaatst tussen de trambaan en het naastgelegen stuk weg/trottoir.

7.2.3.1 Inpassing
Om de inpassing van de trambaan op enkele bijzondere punten langs de tracés visueel weer te geven, is een drietal principedoorsnedes opgesteld. Het betreft doorsnedes op de Mercatorlaan, het Orteliusviaduct en de HOV-busbaan ter hoogte van Sportpark Rijnvliet. De betreffende doorsnedes zijn te vinden in Bijlage R.
De afmetingen in de doorsnedes zijn onder andere bepaald aan de hand van de op de betreffende locatie aanwezige breedte van bijvoorbeeld rijstroken. Zo is de 10 meter brede groenstrook op de Mercatorlaan gebruikt om twee trambanen te plaatsen. De afmetingen van de trambanen zijn bepaald door gebruik te maken van het *Technische PvE PVR* van de Provincie Utrecht. De gebruikte tabellen zijn te vinden in Bijlage S.
Bij het uitwerken van de dwarsdoorsnedes is getracht zoveel mogelijk van de huidige situaties intact te houden. Echter valt niet uit te sluiten dat dit op elk gewenst punt langs het tracé mogelijk is, waar de kans bestaat dat moet worden afgeweken van deze dwarsdoorsnedes. In grote lijnen zullen de opgestelde doorsnedes als uitgangspunt worden genomen voor de resterende delen van de tracés.

8 KNELPUNTEN

Het realiseren van een volledig vrijliggende trambaan in een dichtbebouwde stad als Utrecht is vrijwel onmogelijk. Dit zal op enkele plaatsen gepaard moeten gaan met ingrijpende wijzigingen in het straatbeeld, dan wel met het maken van compromissen met betrekking tot bijvoorbeeld de exploitatie of capaciteit op de tramlijn. Deze grote wijzigingen of compromissen kunnen leiden tot knelpunten waar mogelijk nader onderzoek naar nodig is. De (mogelijke) knelpunten bij elk alternatief worden hieronder kort opgesomd.

Orteliusviaduct A

- Tussen de halte Utrecht CS Jaarbeurszijde en kilometer 0,9 van het bestaande SUNIJ-tracé wordt de aanwezige infrastructuur gedeeld met de toekomstige Merwedelijn.
- De afbuiging ter hoogte van het 5 Meiplein, aansluiting op de HOV-busbaan en daarmee de inpassing aldaar zal het aanpassen van de indeling of verleggen van enkele zaken tot gevolg hebben. Een voorbeeld hiervan is de huidige tunnel voor de busbaan. Wanneer er een tram vanaf de Beneluxlaan naar de Bevrijdingslaan zal afbuigen, lijkt er geen ruimte over te blijven voor deze tunnel.
- Om met een hogere snelheid te kunnen afbuigen naar de Mercatorlaan, wordt hier een relatief grote boogstraal toegepast. Deze zal gelijkvloers worden gerealiseerd, wat de indeling van en de doorstroming op de rijbaan zal beïnvloeden.
- De aansluiting van de tramlijn op de HOV-busbaan, ter hoogte van het Orteliusviaduct, zal enkele aanpassingen met betrekking tot de indeling van de rijbaan tot gevolg hebben.
- Het delen van de trambaan met het busverkeer zal de doorstroming hierop beïnvloeden. Daarnaast is het bij enkele bogen noodzakelijk deze minder krap te maken, om zo meer ruimte te creëren en te kunnen voldoen aan het OVS Sporen.

Orteliusviaduct C

- Op het Jaarbeursplein zal minimaal een tweetal perrons moeten worden gerealiseerd, wat ten koste zal gaan van het busplein. Ook het skatepark zal mogelijk verkleind of verlegd moeten worden. Het realiseren van een tramverbinding op het Jaarbeursplein heeft in algemene zin een flinke invloed op de inrichting en uitstraling hiervan.
- De bomenrijen in de groenstrook van de Croeselaan zullen moeten worden verplaatst. Daarnaast wordt het straatbeeld ingrijpend beïnvloed door het realiseren van de trambaan op de groenstrook.
- Het afbuigen op de krappe kruising ter hoogte van de Balijelaan zal de indeling van het kruispunt en de rijbaan fors doen veranderen. Ook de invloed op de snelheid van de tram is hier aanzienlijk; om hier veilig en comfortabel de bocht te kunnen maken dient de snelheid van de tram teruggebracht te worden naar slechts 20 km/h.
- De huidige Balijebrug over het Merwedekanaal is niet geschikt voor gebruik door een tram. Wanneer er over dit stuk tracé een tram komt te rijden, moet de brug op zijn minst versterkt worden.
- Tussen de Balijebrug en het Anne Frankplein zal de trambaan naar '-1' moeten zakken om aan te kunnen sluiten op de verdiepte HOV-busbaan. De tunnel waarop aangesloten zal worden dient dan ook ingrijpende aanpassingen te ondergaan. De tunnel buigt in de huidige situatie vanuit westelijke richting af in noordelijke richting. In de mogelijke nieuwe situatie zal dit dus een rechtdoor gaande tunnel moeten worden.
- De afbuiging en kruising ter hoogte van de Mercatorlaan zal de indeling van en de doorstroming op de rijbaan beïnvloeden.
- De aansluiting van de tramlijn op de HOV-busbaan, ter hoogte van het Orteliusviaduct, zal enkele aanpassingen met betrekking tot de indeling van de rijbaan tot gevolg hebben.

- Het delen van de busbaan met het busverkeer zal de doorstroming hierop beïnvloeden. Daarnaast is het bij enkele bogen noodzakelijk deze minder krap te maken, om zo meer ruimte te creëren en te kunnen voldoen aan het OVS Sporen.

Rijnenburg A

- Tussen de halte Utrecht CS Jaarbeurszijde en kilometer 0,9 van het bestaande SUNIJ-tracé wordt de aanwezige infrastructuur gedeeld met de toekomstige Merwedelijn.
- De afbuiging ter hoogte van het 5 Meiplein, aansluiting op de HOV-busbaan en daarmee de inpassing aldaar zal het aanpassen van de indeling of verleggen van enkele zaken tot gevolg hebben. Een voorbeeld hiervan is de huidige tunnel voor de busbaan. Wanneer er een tram vanaf de Beneluxlaan naar de Bevrijdingslaan zal afbuigen, lijkt er weinig ruimte over te blijven voor deze tunnel.
- De afbuiging en kruising ter hoogte van de Mercatorlaan zal de indeling van en de doorstroming op de rijbaan waarschijnlijk beïnvloeden.
- Het verleggen van de op- en afrit van de A12 zal een ingrijpende aanpassing zijn. Daarbij komt het verdiepen van de reeds bestaande fietstunnel en daarmee het kruisen van de A12.
- Ook de kruising met de A2, ter hoogte van de wijk Galecop, zal ongelijkvloers moeten worden gerealiseerd. Vanwege de aanwezigheid van een basisschool zal de exacte inpassing hier nog verder moeten worden onderzocht. De mogelijkheid is om dit grotendeels ondergronds te doen, ten behoeve van het straatbeeld.

Ikea

- Tussen de halte Utrecht CS Jaarbeurszijde en kilometer 0,9 van het bestaande SUNIJ-tracé wordt de aanwezige infrastructuur gedeeld met de toekomstige Merwedelijn.
- Het afbuigen ter hoogte van het Europaplein, richting het ARK, zal gelijkvloers gebeuren en daarmee de doorstroming op de Beneluxlaan in negatieve zin beïnvloeden.
- Om het ARK te kruisen zal een nieuw viaduct moeten worden gerealiseerd.
- De inpassing en aansluiting ter hoogte van de Papendorpseweg en Mercatorlaan zal de toegangswegen van enkele bedrijfspanden doen verplaatsen.
- De bomenrijen in de groenstrook van de Mercatorlaan zullen moeten worden verplaatst.
- De aansluiting van de tramlijn op de HOV-busbaan, ter hoogte van het Orteliusviaduct, zal enkele aanpassingen met betrekking tot de indeling van de rijbaan tot gevolg hebben.
- Het delen van de trambaan met het busverkeer zal de doorstroming hierop beïnvloeden. Daarnaast is het bij enkele bogen noodzakelijk deze minder krap te maken, om zo meer ruimte te creëren en te kunnen voldoen aan het OVS Sporen.

9 AFWEGING ALTERNATIEVEN

Om vanuit de uitgewerkte alternatieven tot een voorkeursalternatief te komen dient er vanzelfsprekend een afweging gemaakt te worden. Om deze afweging zo objectief mogelijke uit te voeren, wordt gebruik gemaakt van een multicriteria-analyse (MCA). In een MCA worden de alternatieven aan verschillende criteria getoetst en beoordeeld met een score. Deze criteria hebben ook allemaal een weging toegekend gekregen waarmee bepaald is hoe zwaar een bepaald criterium meetelt in het bepalen van de totale score. De wegingen zijn toegekend op basis van een inschatting. Vanuit verschillende invalshoeken zijn er mogelijk andere wegingen van toepassing. Door vervolgens de scores met inbegrip van de wegingen bij elkaar op te tellen, volgt daaruit een ranglijst op basis van de scores. Om te bepalen wat de invloed van de wegingen is op de uitkomst van de MCA wordt een gevoeligheidsanalyse toegepast. Zie hiervoor hoofdstuk 9.3.

Naast de toetsingscriteria die uit de gehouden interviews volgen, wordt ook in het *Mobiliteitsplan 2040* een aantal aandachtspunten benoemd voor het tracé. Deze aandachtspunten zijn nodig om de visie uit het Mobiliteitsplan vorm te kunnen geven. Dit heeft voornamelijk te maken met de veiligheid, het gebruik van de beschikbare ruimte in de stad en het creëren van efficiënt en hoogwaardig ov.

In de volgende paragrafen wordt de MCA uitgebreid besproken, met daarbij enkele scoretabellen. In deze tabellen zijn de toegekende scores weergegeven en de bewerkingen die daarop uitgevoerd worden.

9.1 CRITERIA

In de MCA worden de criteria verdeeld in drie verschillende aspecten: vervoerswaarde, ruimtelijk (aspect) en ‘overige’ criteria.

9.1.1 Vervoerswaarde

Reistijd

In dit rapport wordt meerdere malen gesproken over snel en betrouwbaar ov. De reistijd is dan ook een bepalende factor voor de vervoerswaarde van de ov-verbinding. De reistijd is bepaald door middel van de berekening van de gemiddelde snelheid en de lengte van het tracé. Voor de berekening van de snelheid is gebruik gemaakt van het aantal haltes, de ontwerpsnelheid op de tracédelen en het optrekken en afremmen rondom de haltes. De score die wordt toegekend is het aantal minuten van begin tot eind. Een hoge score op dit criterium heeft een negatieve invloed op de totaalscore.

VF-factor

Eén van de aandachtspunten bij het creëren van een ov-verbinding is de concurrentiepositie van deze verbinding ten opzichte van de auto. Deze verhouding wordt weergegeven door een VF-factor (VF = verplaatsingstijdfactor). Hier wordt voornamelijk gekeken naar de tijd die het kost om met hetzelfde begin- en eindpunt, in de ochtend- of avondspits, de reis per ov danwel auto af te leggen. De reistijd per ov wordt vervolgens gedeeld door de reistijd per auto, waarbij een factor kleiner dan 1,0 betekent dat het ov sneller is dan de auto. Bij HOV-verbindingen wordt deze waarde geacht maximaal 1,5 te zijn (de HOV-reistijd dus maximaal 1,5 keer de reistijd per auto) (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, z.d.). De score die in de MCA wordt toegekend is de verhouding ov-reistijd/reistijd per auto. Een hoge score op dit criterium heeft een negatieve invloed op de totaalscore.

Potentieel aantal reizigers

Hier zal worden gekeken naar potentiële reizigersaantallen per wijk, per alternatief in 2040 die uit het verkeersmodel volgen. In deze benadering wordt aangenomen dat deze aantallen gelijkmatig verdeeld zijn over de gehele wijk. Dit wordt in verhouding gezet tegenover de oppervlakte van de wijk en het

bereik van de '600 meter-cirkels' per halte. De verhouding tussen de oppervlakte van de wijk en het deel dat de cirkel beslaat geeft in deze benadering een grove schatting van het aantal reizigers dat per wijk te bereiken is. De score die wordt toegekend is het potentieel aantal reizigers. Een hoge score op dit criterium heeft een positieve invloed op de totaalscore.

Mogelijkheid tot vervallen van bussen
Per alternatief wordt gekeken of het door de tram af te leggen tracé tevens door enkele buslijnen wordt bediend. In dat geval zal de toegevoegde waarde van deze buslijnen wellicht onvoldoende zijn en ligt het voor de hand om deze buslijnen in enkele gevallen te laten vervallen. Alternatieven waar enkele buslijnen kunnen worden opgeheven zullen als positief worden beschouwd. De score die wordt toegekend loopt van 'zeer goed' tot 'zeer slecht', waarbij laatstgenoemde vanzelfsprekend een negatieve invloed heeft op de totaalscore.

9.1.2 Ruimtelijk

Inpassing
Bij de inpassing zal worden gekeken naar de beschikbare ruimte in de huidige situatie en welke aanpassingen er eventueel nodig zijn om de trambaan inpasbaar te maken. Een alternatief waar een volledig kruispunt opnieuw moet worden ingericht zal bijvoorbeeld minder goed uit de toetsing komen dan het creëren van een vrije trambaan waar voldoende ruimte beschikbaar is. Alternatieven waar relatief weinig ingrijpende aanpassingen nodig zijn worden als positief beschouwd. De score die wordt toegekend loopt van 'zeer goed' tot 'zeer slecht', waarbij laatstgenoemde vanzelfsprekend een negatieve invloed heeft op de totaalscore.

Oversteekbaarheid
Bij de oversteekbaarheid wordt er per alternatief gekeken naar het aantal punten waar op dit moment nog kruisingen voor auto-/fietsverkeer of voetgangers zijn. Het aantal oversteekpunten wordt in verhouding tot de lengte van het tracé gezet, wat resulteert in een gemiddeld aantal oversteekpunten per kilometer. Ten behoeve van de veiligheid rondom de trambaan zal in deze toetsing een laag aantal oversteekpunten per kilometer als positief worden beschouwd. Een hoge score op dit criterium heeft een negatieve invloed op de totaalscore.

Gedeelde infra met bus
Net als bij de zeefanalyse in hoofdstuk 5.2 is het ook hier van belang of de tram het tracé moet delen met bussen. Hoe meer meters er gedeeld moeten worden, hoe lager de doorstroming van de tram potentieel is. De score die wordt toegekend is het aantal kilometers gedeelde infra met busverkeer. Een hoge score op dit criterium heeft een negatieve invloed op de totaalscore.

Gebruik bestaande railinfra
Het opnieuw gebruiken van de reeds bestaande railinfrastructuur van de huidige SUNIJ-lijn is een aspect dat sterk aangemoedigd wordt. Hoe meer hiervan opnieuw gebruikt kan worden, hoe minder ingrijpende aanpassingen in de omgeving er gedaan moeten worden en hoe lager de aanlegkosten mogelijk zullen uitvallen. De score die wordt toegekend is het aantal kilometers dat gebruik wordt gemaakt van de huidige railinfra. Een hoge score op dit criterium heeft een positieve invloed op de totaalscore.

Uitbreidingsmogelijkheden
Vanwege de aanhoudende groei van Utrecht is nu niet altijd te voorzien hoe de ontwikkeling over enkele tientallen jaren plaatsvindt. Om die reden is het goed om rekening te houden met mogelijke uitbreidingen van het tramtracé naar andere, nieuwe delen van de stad. Hoe meer een alternatief hiervoor geschikt is, hoe hoger de score op een schaal van 'zeer goed' tot 'zeer slecht' zal zijn. Een hogere score op dit criterium heeft een positieve invloed op de totaalscore.

9.1.3 Overig

Opschaalbaarheid frequentie

Omdat Utrecht ook in de toekomst blijft groeien kan het nodig zijn om de basisfrequentie van 8 keer per uur te verhogen. Hiervoor moeten dan wel mogelijkheden bestaan. Voor deze opschaalbaarheid is een inschatting per alternatief gemaakt op een schaal van 'zeer goed' tot 'zeer slecht'. Deze inschatting is gebaseerd op het ontwerp van het tracé. Denk hierbij bijvoorbeeld aan beperkende snelheden op bepaalde tracédelen of gedeelde infrastructuur met andere tramlijnen. Een hogere score op dit criterium heeft een positieve invloed op de totaalscore.

Aantal trams

Bij dit criterium wordt er gekeken naar het aantal tramstellen dat bij elk alternatief nodig is om de eerdergenoemde basisfrequentie van 8 keer per uur te rijden. De score die wordt toegekend is het aantal trams. Een hoge score op dit criterium heeft een negatieve invloed op de totaalscore.

Investeringskosten

Geld speelt vrijwel altijd een belangrijke rol. Om die reden worden ook de globale investeringskosten van de verschillende tramlijnen beschouwd. Om een kosteninschatting te maken van de verschillende tracés wordt hoofdzakelijk gebruik gemaakt van een publicatie van de CROW over kostenkengetallen van het ov (CROW, 2015). Andere kosten zijn inschattingen. De score die wordt toegekend is het investeringsbedrag. Een hoge score op dit criterium heeft een negatieve invloed op de totaalscore.

9.2 Scores MCA

Tabel 3: Scoretabel Multicriteria-analyse

Scoretabel								
				Alternatief				
	Criterium	Eenheid	Pos/Neg	Ortelius-viaduct A	Ortelius-viaduct C	Rijnenburg A	Ikea	Weging
Vervoerswaarde	Reistijd	min	Neg	11,06	12,32	12,85	14,61	2
	VF-factor	-	Neg	0,88	0,99	1,03	1,17	3
	Potentieel aantal reizigers	aantal	Pos	22108	23166	20175	35600	1
	Vervallen bussen	-	Pos	↑	↑	↓	↓	1
Ruimtelijk	Inpassing	-	Pos	↗	↓	→	↘	3
	Oversteekbaarheid	aantal ovp's/km	Neg	3,89	3,45	3,05	4,10	1
	Gedeelde infra overig verkeer	km	Neg	3,54	4,02	1,94	2,58	2
	Gebruik bestaande railinfra	km	Pos	2,24	0,00	2,24	3,14	2
	Uitbreidingsmogelijkheden	-	Pos	↑	↘	↑	→	2
Overig	Opschaalbaarheid frequentie	-	Pos	↘	↓	→	→	1
	Aantal trams	aantal	Neg	4	6	6	6	1
	Investeringskosten	M€	Neg	109,40	159,71	146,39	151,42	3

In bovenstaande tabel is per criterium de betreffende waarde ingevuld. Zoals te zien is lopen deze waardes uiteen, bijvoorbeeld van miljoenen euro's tot reistijd in minuten. Om elk van deze waardes om te zetten in gelijkwaardige en vergelijkbare waardes, wordt er gebruik gemaakt van een 'transformatietabel' (zie Tabel 4). In deze tabel worden de ingevoerde waardes omgezet naar een waarde tussen 0 en 1, zodat de waardes ten opzichte van elkaar vergelijkbaar zijn. De waardes uit deze tabel worden vervolgens gewogen en opgeteld in de 'gewogen sommatietabel' (zie Tabel 5).

Tabel 4: Transformatietabel Multicriteria-analyse

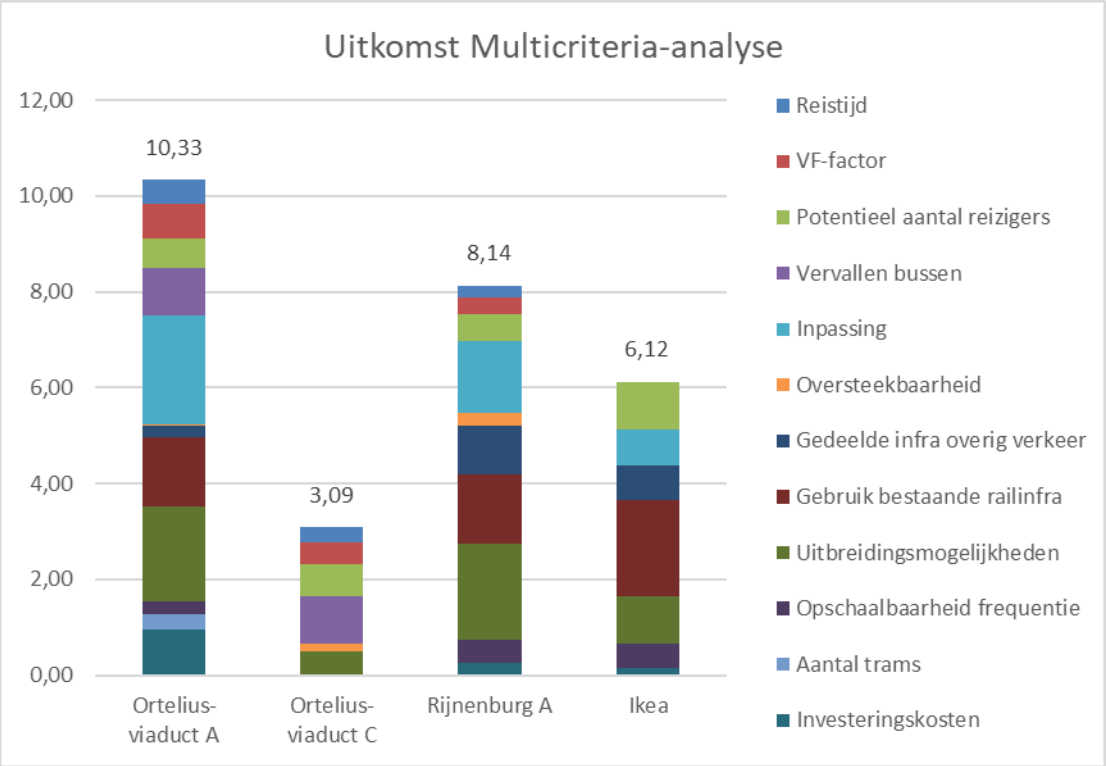
Transformatietabel							
	Criterium	Pos/Neg	Ortelius-viaduct A	Ortelius-viaduct C	Rijnenburg A	Ikea	Weging
Vervoerswaarde	Reistijd	Neg	0,24	0,16	0,12	0,00	2
	VF-factor	Neg	0,24	0,16	0,12	0,00	3
	Potentieel aantal reizigers	Pos	0,62	0,65	0,57	1,00	1
	Vervallen bussen	Pos	1,00	1,00	0,00	0,00	1
Ruimtelijk	Inpassing	Pos	0,75	0,00	0,50	0,25	3
	Oversteekbaarheid	Neg	0,05	0,16	0,26	0,00	1
	Gedeelde infra overig verkeer	Neg	0,12	0,00	0,52	0,36	2
	Gebruik bestaande railinfra	Pos	0,71	0,00	0,71	1,00	2
	Uitbreidingsmogelijkheden	Pos	1,00	0,25	1,00	0,50	2
Overig	Opschaalbaarheid frequentie	Pos	0,25	0,00	0,50	0,50	1
	Aantal trams	Neg	0,33	0,00	0,00	0,00	1
	Investeringskosten	Neg	0,32	0,00	0,08	0,05	3

9.3 UITKOMST MCA

Door middel van het toepassen van de diverse wegingen volgt onderstaande uitkomst. Onder elke kolom staat de totale score per alternatief, waaruit blijkt dat het alternatief Orteliusviaduct A de voorkeur geniet. Een uitgebreider overzicht van de uiteindelijke scores is te vinden in Bijlage T.

Tabel 5: Gewogen sommatietabel en uitkomst Multicriteria-analyse

Gewogen sommatietabel						
	Criterium	Pos/Neg	Ortelius-viaduct A	Ortelius-viaduct C	Rijnenburg A	Ikea
Vervoerswaarde	Reistijd	Neg	0,49	0,31	0,24	0,00
	VF-factor	Neg	0,73	0,47	0,36	0,00
	Potentieel aantal reizigers	Pos	0,62	0,65	0,57	1,00
	Vervallen bussen	Pos	1,00	1,00	0,00	0,00
Ruimtelijk	Inpassing	Pos	2,25	0,00	1,50	0,75
	Oversteekbaarheid	Neg	0,05	0,16	0,26	0,00
	Gedeelde infra overig verkeer	Neg	0,24	0,00	1,03	0,72
	Gebruik bestaande railinfra	Pos	1,43	0,00	1,43	2,00
	Uitbreidingsmogelijkheden	Pos	2,00	0,50	2,00	1,00
Overig	Opschaalbaarheid frequentie	Pos	0,25	0,00	0,50	0,50
	Aantal trams	Neg	0,33	0,00	0,00	0,00
	Investeringskosten	Neg	0,95	0,00	0,25	0,16
			10,33	**3,09**	**8,14**	**6,12**



Grafiek 9: Uitkomst Multicriteria-analyse

9.4 GEVOELIGHEIDSANALYSE

Om te toetsen hoe robuust de uitkomst van de MCA is, wordt een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Getest wordt of de uitkomst van de MCA verandert bij het veranderen van de gewichten. Wanneer hier geen of nauwelijks veranderingen in plaatsvinden, kan gesteld worden dat de MCA voldoende solide is en een betrouwbare uitkomst oplevert. De gewichten voor deze gevoeligheidsanalyse worden met behulp van Excel willekeurig gekozen en ingevuld. Dit proces wordt in totaal vijf keer doorlopen. De willekeurige gewichten (Wil.1 t/m Wil.5) zijn als volgt gegenereerd:

Tabel 6: Gewichten gevoeligheidsanalyse

Criterium	Origineel gewicht	Wil.1	Wil.2	Wil.3	Wil.4	Wil.5
Reistijd	2	3	1	2	1	1
VF-factor	3	3	2	3	3	2
Potentieel aantal reizigers	1	3	2	2	1	1
Vervallen bussen	1	3	1	2	3	2
Inpassing	3	1	3	2	2	1
Oversteekbaarheid	1	1	2	3	2	1
Gedeelde infra met bus	2	1	1	1	1	2
Gebruik bestaande railinfra	2	3	2	2	2	1
Uitbreidingsmogelijkheden	2	1	1	3	2	3
Opschaalbaarheid frequentie	1	2	3	2	3	2
Aantal trams	1	2	1	3	3	3
Investeringskosten	3	1	2	3	2	3

De hierboven gepresenteerde wegingen worden vervolgens verwerkt in de MCA-tabellen om de uitkomst hiervan te toetsen op de robuustheid. Het resultaat hiervan is in onderstaande tabel gepresenteerd.

Tabel 7: Uitkomst gevoeligheidsanalyse

Gewogen sommatietabel gevoeligheidsanalyse				
	Ortelius-viaduct A	Ortelius-viaduct C	Rijnenburg A	Ikea
Willekeurig 1	11,86	6,30	7,92	8,16
Willekeurig 2	9,58	3,34	8,12	7,21
Willekeurig 3	13,10	5,31	9,70	7,51
Willekeurig 4	12,12	5,09	8,17	6,46
Willekeurig 5	10,55	4,03	7,68	5,62

Uit Tabel 7 blijkt dat in vier van de vijf gevallen de uitkomst van de gevoeligheidsanalyse wat rangschikking betreft exact gelijk is aan de uitkomst van de MCA. Slechts bij 'Willekeurig 1' wijkt de tweede en derde plaats af. Aangezien dit de enige kleine afwijking is en het alternatief Orteliusviaduct A structureel het hoogst scoort, wordt de uitkomst van de MCA als betrouwbaar bestempeld.

9.5 Niet meegenomen criteria

Tijdens de voorbereiding van de MCA is er een aantal criteria opgesteld waaraan de alternatieven getoetst zouden worden. Tijdens de uitvoer van de MCA bleek echter dat een aantal van deze criteria ofwel onvoldoende onderscheidend zou zijn, ofwel dat er in dit onderzoek geen mogelijkheid was de alternatieven op deze criteria te beoordelen.

- De volgende criteria zijn niet meegenomen vanwege enerzijds een tijdsaspect en anderzijds het ontbreken van kennis over deze specifieke zaken. Het wel meenemen van deze criteria zou leiden tot een schijnnauwkeurigheid (vanwege ontbrekende kennis) in het resultaat van de MCA:
    - Criteria die effecten op de omgeving beschrijven. Denk hierbij aan MER-gerelateerde aspecten zoals ruimtebeslag, effect op stedelijk groen, geluidshinder, hinder tijdens aanleg, effect op ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie en bodemkwaliteit.
- Onderstaand criterium is tijdens de uitvoer van de MCA komen te vervallen met als reden dat dit criterium niet onderscheidend bleek te zijn en dus geen meerwaarde zou hebben voor de uitkomst van de analyse. Wanneer dit het geval is bij een criterium, is het verstandig deze achterwege te laten.
    - Gemiddelde snelheid op het tracé van het alternatief. Deze snelheid is bepaald door middel van de ontwerpsnelheden, het aantal haltes en een inschatting van het optrekken en afremmen van de tram rondom deze haltes. Na berekening bleek dat de snelheid van alle alternatieven binnen 1,3 km/h van elkaar lagen. Op een snelheid van rond de 33 km/h is dit verschil verwaarloosbaar.

10 CONCLUSIE

In dit onderzoek staat een tracéstudie naar een tramverbinding tussen Utrecht Centraal en Papendorp centraal. Hierbij is gezocht naar een antwoord op de vraag: “op welke wijze kan de tramlijn tussen Utrecht Centraal, Kanaleneiland en Papendorp worden geprojecteerd in de omgeving, om zo een optimale ontsluiting te bieden?” Hiertoe is een kwalitatief onderzoek uitgevoerd naar de ontwikkeling van Utrecht en de daarbij mogelijke oplossingsrichtingen voor een nieuwe tramlijn.

Allereerst is uit literatuurstudie gebleken dat er verschillende factoren zijn die een rol spelen bij het succes van nieuwe tramverbindingen. Het aantal reizigers blijkt één van die factoren. Dit aantal reizigers wordt weer gevoed door banen- en bevolkingsdichtheid rondom het tracé. Ook de inpassing in de omgeving en ervaring van reizigers is van belang voor het succes. Voor een succesvolle exploitatie moet het tracé zodanig ingepast worden dat er binnen een straal van 600 meter rondom het tracé een groot bereik aan potentiële reizigers bereikt kan worden.

Uit het onderzoek is naar voren gekomen dat het aantal inwoners en het aantal arbeidsplaatsen richting 2040 significant zal toenemen ten opzichte van 2017. Deze stijging is vooral te zien in Kanaleneiland, de Dichterswijk en de bedrijvengebieden (waaronder Papendorp). Gebleken is dat ook de verwachte reizigersaantallen in deze gebieden relatief hoog zijn en hier een tramlijn uitkomst kan bieden. De ontwikkeling van deze wijken zal van grote invloed zijn op het succes van een tramlijn alhier.

Aan de hand van de informatie uit de literatuurstudie is schetsmatig een elftal alternatieven opgesteld dat in Utrecht een mogelijke oplossing kan bieden voor de vraag naar een tramverbinding. Deze alternatieven zijn vervolgens vergeleken met de diverse cijfers omtrent inwonersaantallen, arbeidsplaatsen en de vraag naar openbaar vervoer. Uit deze gegevens is gebleken dat een aantal schetsalternatieven kansrijk of juist minder kansrijk zal zijn. Tracés die langs of door de wijken Dichterswijk, Kanaleneiland en Papendorp lopen zijn als meest kansrijk bestempeld. Dit vanwege de eerder benoemde succesfactoren bij een tramlijn. Een viertal alternatieven is gebleken het ‘meest kansrijk’ te zijn, te weten:

- Orteliusviaduct A.
- Orteliusviaduct C.
- Rijnenburg A.
- Ikea.

Bovengenoemde tracés zijn verder in detail uitgewerkt. Tijdens de uitwerking van deze alternatieven kwamen steeds meer knelpunten aan het licht. Het alternatief Orteliusviaduct C bracht op het gebied van inpassing de nodige uitdagingen met zich mee en vormde daarmee diverse knelpunten in de gebouwde omgeving. Deze uitdagingen werden bevestigd na het uitvoeren van een multicriteria-analyse. Uit de analyse bleek verder dat het alternatief Orteliusviaduct A als beste uit de score kwam; uit vrijwel alle getoetste criteria volgde een goede score. De alternatieven Rijnenburg A en Ikea bleken goed te zijn voor een respectievelijk tweede en derde plek. Met het uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse werd aangetoond dat de uitkomst van de multicriteria-analyse tevens betrouwbaar is, waarmee de keuze voor Orteliusviaduct A als voorkeursalternatief wordt bevestigd.

Het antwoord op de hoofdvraag luidt als volgt:
Om een optimale ontsluiting en verbinding te realiseren tussen Utrecht Centraal en Papendorp, geniet het tracé en de inpassing zoals dat bij het alternatief Orteliusviaduct A wordt geprojecteerd de voorkeur.

11 DISCUSSIE

Bij aanvang van dit onderzoek zijn er verschillende uitgangspunten gekozen. Enkele hiervan hebben te maken met de mogelijke omvangrijkheid van het onderwerp. Eén van deze uitgangspunten betreft de Merwedelijn. Hiervoor is de aanname gedaan dat deze via de Graadt van Roggenweg en de Overste Den Oudenlaan zal lopen. Echter is op dit punt, net als over de Papendorplijn, nog veel onduidelijk. Op het moment van schrijven van dit rapport is er nog volop onderzoek gedaan naar verschillende mogelijkheden voor de ontsluiting van dit tracé. De verwachting is dat dit de komende periode ook nog zal gebeuren. Wanneer al dan niet besloten wordt dat er voor de Merwedelijn ander tracé gekozen gaat worden dan in deze rapportage is aangenomen, heeft dit mogelijk gevolgen voor de tracékeuze van de Papendorplijn. Desondanks is dit wel een belangrijk uitgangspunt geweest. De reden hiervoor is dat er anders een te groot aantal variabelen zou zijn voor de omvang van dit onderzoek.

Uit de diverse interviews kwam naar voren dat de volgorde van verstedelijking in Utrecht nog niet vastligt, maar wel degelijk van groot belang zal zijn op het succes van de tramlijn. Bij de uitwerking van de tracéstudie is aangenomen dat de wijken Merwedekanaalzone, Groenewoud en Rijnenburg uiteindelijk zullen worden gerealiseerd. Ook de komst van andere mogelijke nieuwe woonwijken of uitbreidingen van bestaande woonwijken is deels meegenomen, zoals in Galecop. De ligging van de tracés langs of door deze wijken is ook tijdens de multicriteria-analyse meegenomen in de beoordeling. Een verandering in volgorde van verstedelijking of het niet realiseren van deze wijken kan dus effect hebben op het succes van de tramlijn en heeft daarmee ook mogelijke gevolgen voor de tracékeuze van de Papendorplijn.

Daarnaast kunnen, in lijn met bovenstaande, andere wijzigingen in het Mobiliteitsplan of de RSU andere uitkomsten of vraagstukken opleveren. Zo kunnen bijvoorbeeld enkele uitgangspunten zoals die voorafgaand aan de tracéstudie zijn beschreven of aangenomen anders uitpakken. Dit kan tot gevolg hebben dat de uitkomst van de tracéstudie verandert, waardoor het nu gekozen voorkeursalternatief wellicht niet de voorkeur geniet.

Een ander uitgangspunt heeft te maken met COVID-19. De verschillende cijfers (inwoners, banen, ov) waar rekening mee is gehouden zijn van de periode voor corona. Het is echter niet uit te sluiten dat de coronasituatie blijvende gevolgen zal hebben op de manier hoe men bijvoorbeeld reist of werkt. Als de 'thuiswerktrend' zoals die in 2020 en 2021 is geweest aan zal blijven, heeft dit een behoorlijke impact op de (mogelijk verminderde) druk op het ov.

Bij het uitwerken van de vier tracés is gebruik gemaakt van het ***Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.***. D it document is onder andere nageslagen om het Profiel van Vrije Ruimte (PVR), de toe te passen boogstralen en de lengtes van het CAF-materieel te gebruiken en zo het tracé op een juiste manier in te passen. Wanneer er in de toekomst nieuw materieel aangeschaft dient te worden, zal hier een nieuwe aanbesteding voor moeten worden uitgeschreven. Hierbij bestaat de kans dat de keuze niet eenvoudig op CAF als leverancier valt, met als gevolg dat de eigenschappen van het nieuwe materieel mogelijk niet overeenkomen met die van het huidige materieel. Dit kan de nodige uitdagingen met zich meebrengen om het geschikte materieel te vinden dat in te zetten is op de tramlijn.

De multicriteria-analyse is zo zorgvuldig en objectief mogelijk opgezet. De objectiviteit wordt zoveel mogelijk behaald door gebruik te maken van meetbare waardes voor de scores (zoals kilometers, minuten, aantallen). Om deze reden en om schijnnauwkeurigheid te voorkomen is besloten om criteria met betrekking tot effecten op de omgeving niet mee te nemen in de analyse. Hierbij valt te denken aan verschillende criteria die ook in een MER-rapportage naar voren zouden kunnen komen.

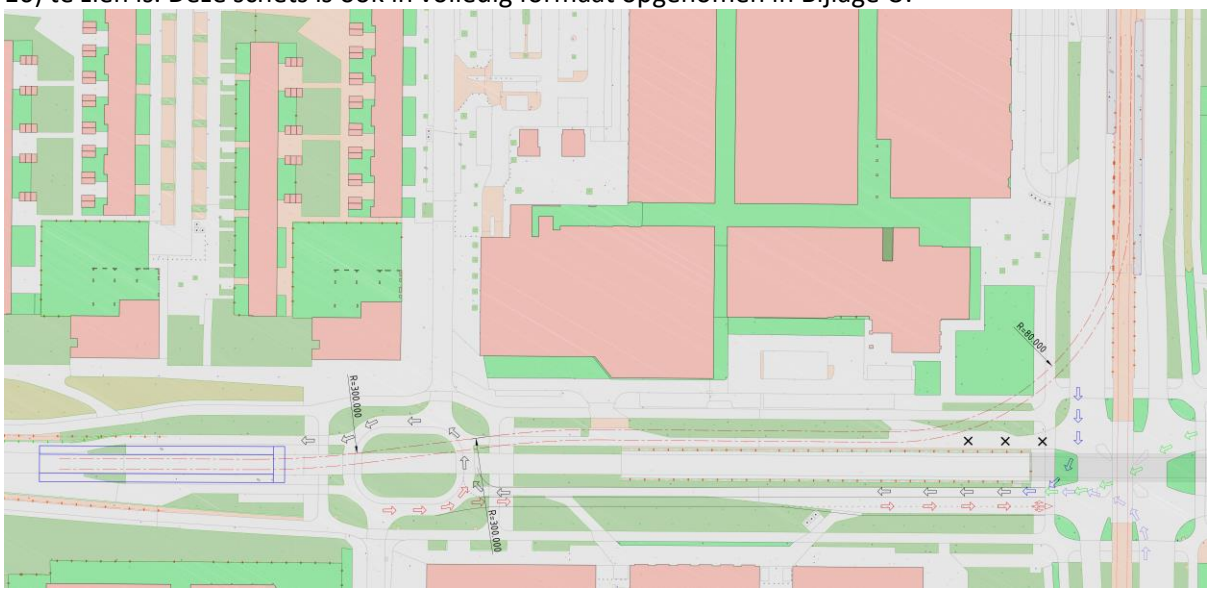
Denk hierbij aan archeologie, geluidshinder en bodemkwaliteit. Vanwege enerzijds een tijdsaspect en anderzijds een kennisaspect zijn deze zaken dus niet meegenomen. Wanneer dit wel meegenomen zou zijn, zou de uitkomst eerder onbetrouwbaarder dan betrouwbaarder geworden zijn. Daarnaast zou er, bij het wél correct verwerken van deze MER-criteria, mogelijk een ander voorkeursalternatief uit de MCA kunnen volgen.

Een ander discussiepunt over de MCA betreft een viertal criteria waarbij gebruik is gemaakt van een score op een schaal van 'zeer goed' tot en met 'zeer slecht'. Zoals in de alinea hierboven is beschreven, is getracht alle criteria zo objectief mogelijk te beoordelen. Het is echter niet altijd mogelijk om meetbare waardes te koppelen aan de criteria, waardoor de keuze is gevallen op voornoemde beoordelingsschaal. Ondanks dat de beoordeling op deze criteria zo zorgvuldig mogelijk is uitgevoerd, is het toch mogelijk dat andere beoordelaars hier andere resultaten verkrijgen.

12 AANBEVELINGEN

12.1 INPASSING 5-MEIPLEIN

De inpassing van de tramlijn ter hoogte van het 5-meiplein vormt, zoals eerder aangegeven, een grote uitdaging. Ondanks dat eerder in deze rapportage gesteld is dat andere oplossingsrichtingen niet zijn onderzocht, wordt hier toch aandacht besteed aan een mogelijke oplossing voor het inpassingsprobleem. Er zijn gedurende het onderzoek namelijk wel degelijk *ideeën* ontstaan over mogelijke oplossingsrichtingen. In het huidige ontwerp wordt uitgegaan van een oplossing waarbij de tunnel van de busbaan komt te vervallen en de tram rechtstreeks op de busbaan aansluit. Eén van de mogelijke andere oplossingsrichtingen zou kunnen zijn om de tramsporen ten noorden van de tunnel en het wegverkeer ten zuiden van de tunnel langs te laten gaan, zoals in onderstaande schets (Figuur 16) te zien is. Deze schets is ook in volledig formaat opgenomen in Bijlage U.



Figuur 16: Schets oplossingsrichting inpassing 5-Meiplein

Zoals reeds beschreven wordt het tramspoor ten noorden van de bustunnel aangelegd. Vanaf de rotonde zal de tram vervolgens aansluiten op de busbaan om via de bestaande busbanen over de Prins Clausbrug te gaan. Dit betekent dat er aan de noordzijde van de tunnel geen ruimte meer is voor regulier wegverkeer. Dat zal in dit geval verlegd moeten worden naar de zuidzijde van de tunnel. Het wegverkeer richting het ARK blijft één enkele rijstrook. Het wegverkeer in oostelijke richting zal echter van drie rijstroken teruggebracht worden naar twee rijstroken. Dit betekent ook dat de groenstrook aan deze zijde versmald dient te worden. Verder zal er in de richting van het ARK een voldoende ruime bocht gerealiseerd moeten worden om het verkeer de draai te laten maken om de rotonde te betreden.

Het spreekt voor zich dat, ondanks dat dit een kansrijke oplossing lijkt, deze oplossingsrichting nog steeds de nodige uitdagingen met zich meebrengt. Zo ontstaat er bijvoorbeeld de situatie waarbij de tram moet invoegen op de busbaan, het feit dat autoverkeer richting het ARK een scherpe bocht moet maken om de rotonde te betreden maar ook het punt waar de trambaan het huidige SUNIJ-tracé verlaat. Dit laatste zorgt ervoor dat de verkeersregelinstallatie voor het regulier wegverkeer in noordelijke richting verplaatst moet worden, zodat de trambaan niet geblokkeerd wordt door het wegverkeer. Al met al lijkt dit een mogelijke oplossing voor de inpassing op deze locatie. Wel wordt vooropgesteld dat het om een *mogelijke* oplossing gaat en er meer mogelijkheden voor te bedenken maar vooral ook te onderzoeken zijn.

12.2 Halteplaatsing Papendorp

In de uitgewerkte varianten is in Papendorp, nabij de wijk Groenewoud, uitgegaan van één halte langs het tracé. Dit is onder andere gekozen door het bereik van de halte en om een hogere snelheid zoveel als mogelijk te bevorderen. Echter, de functie van de tram kan in Papendorp ook grotendeels als een 'ophaalfunctie' worden bestempeld; het ophalen van reizigers krijgt dan de voorkeur boven een snelle ontsluiting van de tram. Wanneer de focus naar het ophalen van reizigers wordt verschoven, zal verder onderzoek moeten uitwijzen of nog een extra halte hier tot de mogelijkheden behoort.

12.3 Tracé via De Meernbrug

De uitdaging bij het kruisen van onder andere het ARK wordt gevormd door het gebruik van viaducten. In de uitgewerkte varianten is uitgegaan van de Prins Clausbrug of een nieuw te realiseren viaduct naast de Galecopperbrug (A12) om het ARK te kruisen. Een andere mogelijkheid zou kunnen zijn dat de locatie ter hoogte van de De Meernbrug hiervoor wordt gebruikt, zoals dat in eerdere schetsalternatieven is opgesteld. Dit zou wellicht via de huidige De Meernbrug kunnen, of door middel van een nieuw te realiseren viaduct naast deze brug. Door het tracé vanaf het 24 Oktoberplein door te trekken, parallel aan de Ds. Martin Luther Kinglaan, kan het viaduct worden bereikt. De voornaamste reden dat er niet voor is gekozen om deze variant verder uit te werken is dat het voorbij gaat aan het uitgangspunt dat vooraf aan de Papendorplijn is gesteld; Kanaleneiland moet voor het grootste deel bereikbaar en ontsloten blijven per ov. Via dit tracé wordt enkel Kanaleneiland-Noord voor een deel ontsloten, Kanaleneiland-Zuid en Transwijk als geheel vallen hierbuiten. Daarentegen is de afstand tussen Papendorp en Utrecht Centraal via dit tracé aanzienlijk korter, zal de snelheid mogelijk hoger zijn en kan er daarmee een zeer hoogwaardige ov-verbinding worden gerealiseerd. Het succes en de haalbaarheid van deze variant is dan ook zeer afhankelijk van waar de focus op wordt gelegd; Kanaleneiland voor een groot deel blijven ontsluiten of een zeer korte en snelle verbinding realiseren tussen Utrecht Centraal en Papendorp. In het laatste geval kan deze verbinding dan ook zeker opnieuw worden onderzocht in de zoektocht naar een snellere tramverbinding tussen Utrecht Centraal en Papendorp (en mogelijk verder).

12.4 Uitbreiding Rijnenburg

Bij het uitwerken van de MCA is gebleken dat het alternatief *Rijnenburg A* als tweede uit de toetsing volgt. Bij de komst van Rijnenburg en mogelijke uitbreidingen in Galecop is dit tracé een interessant alternatief om een tramverbinding tussen Utrecht Centraal en Rijnenburg te realiseren. Wanneer er voor de tramverbinding tussen Utrecht Centraal en Papendorp wordt gekozen voor het alternatief *Orteliusviaduct A*, is het in de toekomst mogelijk interessant om na het kruisen van het ARK ook een aftakking richting Galecop/Rijnenburg te maken. Op deze manier worden de alternatieven *Orteliusviaduct A* en *Rijnenburg A* gecombineerd, vergelijkbaar met de splitsing bij de huidige SUNIJ-lijn in Nieuwegein.

Om in de huidige indeling van Galecop de meeste reizigers te kunnen bereiken, is het van belang de halte naast en parallel aan de Galecopperlaan te plaatsen. Een aandachtspunt hierbij is de locatie van de basisschool *OBS De Toonladder*. De trambaan zal hier hemelsbreed zo'n 50 meter van gesitueerd zijn en vooral de rotonde nabij de basisschool kan een mogelijk knelpunt zijn. Bij het recht doortrekken van de tramlijn richting de A2 zal een tweetal huizen, inclusief opslagloodsen, voor de volgende uitdaging zorgen. De ligging van het tracé en de mogelijke tunnel zoals deze bij alternatief *Rijnenburg A* zijn beschreven is slechts indicatief en dienen verder te worden onderzocht op noodzaak en haalbaarheid.

12.5 Ontwikkeling Merwedelijn

Zoals in voorgaande hoofdstukken al meermaals is beschreven hangt het succes van het 'Wiel-met-Spaken' veel af van diverse ontwikkelingen. Zo zal er een groot samenspel zijn tussen de Papendorplijn en de nieuwe locatie van de Merwedelijn. Net als dat bij de Papendorplijn het geval is, ligt er ook bij de Merwedelijn vrij weinig daadwerkelijk vast. Zo kan het tracé van laatstgenoemde tussen Utrecht Centraal en Westraven op -1-, maaiveld- of +1-niveau komen te liggen. Voornamelijk rondom Utrecht Centraal kan dit, vanwege de inpassing, van invloed zijn op de Papendorplijn. Bij de uitwerking van de tracés is er bij de Merwedelijn van uitgegaan dat deze op maaiveldniveau zal komen te liggen en de twee tramlijnen gedeeltelijk eenzelfde tracé hebben. Bij een andere ligging van de Merwedelijn (bovengronds, ondergronds of volledig ander tracé) kan dit van invloed zijn op de Papendorplijn en daarmee op de uitkomst van de MCA.

13 BIBLIOGRAFIE

Babalik-Sutcliffe, E. (2002). Urban rail systems: analysis of the factors behind success. *Tranport Reviews, 22*, 415-447. doi:10.1080/01441640210124875

Businesspark Papendorp. (z.d.). *Over het park*. Opgeroepen op 28 04, 2021, van Papendorp.nl: https://www.papendorp.nl/nl/home/

Commissie MER. (z.d.). *Wat is MER?* Opgeroepen op 19 mei, 2021, van Commissie MER: https://www.commissiemer.nl/onze-diensten/wat-is-mer

CROW. (2007, 1 september). *Leidraad inpassing tram in stedelijk gebied*. Opgeroepen op 8 maart, 2021, van https://kennisbank-1crow-1nl-1l955wctm05d5.stcproxy.han.nl/kennismodule#7022

CROW. (2015). *Kostenkengetallen regionaal openbaar vervoer 2015.* Opgeroepen op 19 april, 2021, van https://rocov-nh.nl/wp-content/uploads/2018/01/CROW-Kostenkengetallen-regionaal-OV.pdf

Economic Board Utrecht. (z.d.). *Banen*. Opgeroepen op 4 maart, 2021, van https://www.economicboardutrecht.nl/domeinen/research/snapshots-regionaal/economische-structuur/banen

Encyclo.nl. (2010, 26 december). *Definitie CROW*. Opgeroepen op 10 mei, 2021, van https://www.encyclo.nl/lokaal/10853

Encyclo.nl. (2012, 7 september). *Kopie van `TravEcademy - Vaktermen`*. Opgeroepen op 5 mei, 2021, van https://www.encyclo.nl/lokaal/10965&page=7

Engebretsen, Ø., Christiansen, P., & Strand, A. (2017). Bergen light rail – Effects on travel behaviour. *Journal of Transport Geography, 62*, 111-121. doi:10.1016/j.jtrangeo.2017.05.013

Ensie.nl. (2016, 27 december). *Betekenis en definitie volgens ProRail*. Opgeroepen op 22 maart, 2021, van Ensie.nl: https://www.ensie.nl/prorail/vervoerwaarde

Ensie.nl. (2016, 27 december). *Betekenis Profiel van Vrije Ruimte*. Opgeroepen op 10 mei, 2021, van https://www.ensie.nl/prorail/profiel-van-vrije-ruimte

Geerts, G., & Den Boon, T. (1999). *Van Dale Groot Woordenboek der Nederlandse Taal* (13e herziene druk ed.). Utrecht: Van Dale Lexicografie.

Gemeente Amsterdam. (2020). *Kerncijfers Amsterdam 2020.* Opgeroepen op 4 maart, 2021, van https://data.amsterdam.nl/publicaties/publicatie/kerncijfers-amsterdam-2020/d4c0cb76-463c-4aac-9afb-efdae11d54ca/

Gemeente Utrecht. (2020, november). *Mobiliteitsplan 2040.* Opgeroepen op 4 februari, 2021, van https://omgevingsvisie.utrecht.nl/fileadmin/uploads/documenten/zz-omgevingsvisie/thematisch-beleid/verkeer-mobiliteit/2020-11-mobiliteitsplan-2040.pdf

Gemeente Utrecht. (2021). *Ruimtelijke Strategie Utrecht 2040.* Opgeroepen op 4 februari, 2021, van https://ris2.ibabs.eu/Reports/ViewListEntry/Utrecht/48c33e94-3684-4681-bb5c-60cc71f2ac6c

González, R., Martínez-Budría, E., Díaz-Hernández, J., & Esquivel, A. (2015). Explanatory factors of distorted perceptions of travel time in tram. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 30*, 107-114. doi:10.1016/j.trf.2015.02.006

Google. (z.d.). *Google Maps.* Opgeroepen op 11 maart, 2021, van https://www.google.com/maps/

Invest in Holland. (2019, 7 oktober). *Utrecht Region*. Opgeroepen op 3 maart, 2021, van https://invest.utrechtregion.com/en/news/one-of-europes-most-competitive-regions

McGreevy, M. (2021). Cost, reliability, convenience, equity or image: The cases for and against the introduction of light rail and bus rapid transit in inners suburban Adelaide, South Australia. *Case Studie on Transport Policy, 9*, 271-279. doi:10.1016/j.cstp.2021.01.001

McKinley, S. A., & Wei, H. (2017). Viability assessment of light rail line planning: case study of Cincinnati Easern Corridor. *Urban Rail Transit, 3*, 34-44. doi:10.1007/s40864-017-0059-z

Michelin. (z.d.). *Viamichelin*. Opgeroepen op 17 februari, 2021, van https://www.viamichelin.nl/

Mijjer, P., & Tamminga, G. (2018). Stravem: een inhaalslag met bewezen innovaties. *NM Magazine, 13*(3), pp. 16-18. Opgehaald van https://www.nm-magazine.nl/pdf/NM_Magazine_2018-3.pdf

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (z.d.). *Informatie Mobiliteitsscan*. Opgeroepen op 29 april, 2021, van Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat: https://mobiliteitsscan-info.nl/analyse/modulegroepen/modulegroep-ruimte-bereikbaarheid/vf-factor/

Pan, H., Li, J., Shen, Q., & Shi, C. (2017). What determines rail transit passenger volume? Implications for transit oriented development planning. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 57*, 52-63. doi:10.1016/j.trd.2017.09.016

Provincie Utrecht. (2020). *Resultaten werkgelegenheidsonderzoek 2019.* Opgeroepen op 4 maart, 2021, van https://www.provincie-utrecht.nl/sites/default/files/2020-09/Resultaten%20Werkgelegenheidsonderzoek%20PAR%202019%20provinciale%20huisstijl.pdf

Q-Buzz. (2021). *Dienstregeling Drechtsteden, Molenlanden en Gorinchem.* Opgeroepen op 5 maart, 2021, van https://www.qbuzz.nl/dmg/reizen/2021

Selten, R., Roy, E., & Slob, A. (2020). *Bevolkingsprognose 2020.* Opgeroepen op 3 maart, 2021, van https://www.utrecht.nl/fileadmin/uploads/documenten/bestuur-en-organisatie/publicaties/onderzoek-en-cijfers/bevolkingsprognose/2020-12-bevolkingsprognose-2020.pdf

Syntus Utrecht. (2020). *Lijnfolder Utrecht 2021 Rijn en IJssel.* Opgeroepen op 5 maart, 2021, van https://www.syntusutrecht.nl/getattachment/Reisinformatie/Dienstregeling/KEO-20-0301-Lijnfolder-Utrecht-2021-Rijn-en-IJssel-BW_HR.pdf?lang=nl-nl

Topalovic, P., Carter, J., Topalovic, M., & Krantzberg, G. (2012). Light Rail Transit in Hamilton: Health, Environmental and Economic Impact Analysis. *Social Indicators Research, 108*, 329-350. doi:10.1007/s11205-012-0069-x

U-OV. (2021). *Dienstregeling 85 en 285.* Opgeroepen op 5 maart, 2021, van https://www.u-ov.info/reizen/lijnfolders

Utrecht Monitor. (2020, 16 december). *Samenstelling naar groepen*. Opgeroepen op 3 maart, 2021, van https://www.utrecht-monitor.nl/bevolking-bestuur/bevolking/samenstelling-naar-groepen

Utrecht Monitor. (2020, 8 mei). *Werkgelegenheid.* Opgeroepen op 4 mei, 2021, van https://www.utrecht-monitor.nl/economie-inkomen/economie/werkgelegenheid

Van den Berg, S. (2019, 23 juli). *Uithoflijn Tram Utrecht Weg tot de Wetenschap.* Opgeroepen op 17 februari, 2021, van https://www.flickr.com/photos/156048244@N04/48388108772/in/photolist-28HcgU2-2gHTGVs/

Van der Bijl, R., Baartman, J., & Van Witsen, M. (2010). *Uitweg uit de spraakverwarring: definitie & begrippenkader light rail.* Opgeroepen op maart 10, 2021, van https://www.lightrail.nl/downloads_lrnl/lightrail_brochure_mei2010.pdf

Van der Bijl, R., Utsunomiya, K., & Van Oort, N. (2020). *Sustainable urban development with LRT: Lessons from Netherlands and Japan.* Opgeroepen op 23 februari, 2021, van http://smartptlab.tudelft.nl/images/media_Niels/LRT-VANDERBIJL-UTSUNOMIYA-VANOORT.pdf

Vissers, P. (2019, 6 mei). Nederlandse steden worden drukker, slimmer, rijker - dus ook exclusiever. *Trouw*. Opgeroepen op 4 februari, 2021, van https://www.trouw.nl/nieuws/nederlandse-steden-worden-drukker-slimmer-rijker-dus-ook-exclusiever~b3b71cd6/?referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F

Woorden.org. (z.d.). *Invloedssfeer*. Opgeroepen op 11 maart, 2021, van https://www.woorden.org/woord/invloedssfeer

Ye, M., Yang, N., Li, Z., Ma, L., & Chen, Y. (2019). Modeling Influencing Factors for Passenger Flow Growth of Modern Trams Using System Dynamics Method. *Journal of Advanced Transportation, 2019*, 14 pagina's. doi:10.1155/2019/8475937

14 FIGUREN, TABELLEN EN GRAFIEKEN

14.1 FIGURENLIJST

Figuur 1: Conceptueel model 2040: 'Wiel met Spaken' (Gemeente Utrecht, 2021) 2
Figuur 2: Schematische weergave huidige situatie (Michelin, z.d.) 3
Figuur 3: De uitbreidingen van de tramlijn in Bergen, (Engebretsen et al., 2017) 7
Figuur 4: De wijken Groenewoud en Merwedekanaalzone (Michelin, z.d.) 13
Figuur 5: Alternatief Orteliusviaduct, variant A 17
Figuur 6: Alternatief Orteliusviaduct, variant B 17
Figuur 7: Alternatief Orteliusviaduct, variant C 17
Figuur 8: Alternatief Orteliusviaduct, variant D 17
Figuur 9: Alternatief Rijnenburg, variant A 18
Figuur 10: Alternatief Rijnenburg, variant B 18
Figuur 11: Alternatief Rijnenburg, variant C 18
Figuur 12: Alternatief Rijnenburg, variant D 18
Figuur 13: Alternatief Papendorp noord tot zuid 18
Figuur 14: Alternatief Ikea 18
Figuur 15: Alternatief lus Papendorp 18
Figuur 16: Schets oplossingsrichting inpassing 5-Meiplein 37

14.2 TABELLENLIJST

Tabel 1: Factoren tot succes en falen van een tramverbinding (Babalik-Sutcliffe, 2002) 10
Tabel 2: Haltes per alternatief 23
Tabel 3: Scoretabel Multicriteria-analyse 30
Tabel 4: Transformatietabel Multicriteria-analyse 31
Tabel 5: Gewogen sommatietabel en uitkomst Multicriteria-analyse 31
Tabel 6: Gewichten gevoeligheidsanalyse 32
Tabel 7: Uitkomst gevoeligheidsanalyse 33

14.3 GRAFIEKENLIJST

Grafiek 1: De ontwikkelingen van het OV-gebruik, inwonersaantal en autogebruik in Bergen sinds de opening van de tramlijn (Engebretsen et al., 2017) 7
Grafiek 2: De verhouding tussen het aantal reizen per tram (y-as) en de afstand tussen de woning en dichtsbijzijnde halte (x-as) (Engebretsen, Christiansen, & Strand, 2017) 8
Grafiek 3: OV als percentage van gemotoriseerd vervoer. Onderverdeeld in ‘binnen de invloedssfeer' (LRC) en 'buiten de invloedssfeer' (o.a.) (Engebretsen et al. 2017) 9
Grafiek 4: Aantal inwoners Utrecht op 1 januari (Utrecht Monitor, 2020) 11
Grafiek 5: Prognose inwoners Utrecht op 1 januari (Selten, Roy, & Slob, 2020) 12
Grafiek 6: Toename inwoners Utrecht per periode van 5 jaar (Selten, Roy, & Slob, 2020) 12
Grafiek 7: Groei in aantal werkenden in Amsterdam en Utrecht (Gemeente Amsterdam, 2020; Utrecht Monitor, 2020) 14
Grafiek 8: Resultaat zeefanalyse 20
Grafiek 9: Uitkomst Multicriteria-analyse 32

15 BIJLAGEN

De bijlagen bij deze rapportage zijn in één afzonderlijk bestand bijgevoegd:
"De Papendorplijn - Bijlagen hoofdrapportage - versie Kennisbank.pdf"

Bijlage A	Tekening ontwikkeling Utrecht
Bijlage B	Buslijnen Utrecht CS – Papendorp
Bijlage C	Gegevens verkeersmodel
Bijlage D	Tekening cijfers per wijk
Bijlage E	Schetsmatige alternatieven
Bijlage F	Interview Ambtelijk opdrachtgever mobiliteit - Provincie Utrecht
Bijlage G	Interview Programmamanager OV - Provincie Utrecht
Bijlage H	Interview Beleidsadv. mobiliteit/Strategisch adviseur mobiliteitsbeleid - Gemeente Utrecht
Bijlage I	Zeefanalyse: scores en verantwoording
Bijlage J	Tekeningen alternatief Orteliusviaduct A
Bijlage K	Tekeningen alternatief Orteliusviaduct C
Bijlage L	Tekeningen alternatief Rijnenburg A
Bijlage M	Tekeningen alternatief Ikea
Bijlage N	OVS Sporen Railnetwerk – Provincie Utrecht
Bijlage O	Tekeningen halteplaatsingen
Bijlage P	Principetekening perrons
Bijlage Q	Aanpassingen aan de omgeving
Bijlage R	Principedwarsdoorsnedes
Bijlage S	Technisch PvE PVR – Provincie Utrecht
Bijlage T	Multicriteria-analyse
Bijlage U	Oplossingsrichting inpassing 5-Meiplein