

Hoogwaardig openbaar vervoer in Leuven: onderzoek naar vervoerswijzekeuze en overstapbereidheid, met toepassing op de as Diest-Leuven-Tervuren

Bram Huyghe

Thesis voorgedragen tot het behalen
van de graad van Master of Science
in de ingenieurswetenschappen:
verkeer, logistiek en intelligente
transportsystemen

Promotor:
prof. dr. ir. Pieter Vansteenwegen

Academiejaar 2015 – 2016

Hoogwaardig openbaar vervoer in Leuven: onderzoek naar vervoerswijzekeuze en overstapbereidheid, met toepassing op de as Diest-Leuven-Tervuren

Bram Huyghe

Thesis voorgedragen tot het behalen
van de graad van Master of Science
in de ingenieurswetenschappen:
verkeer, logistiek en intelligente
transportsystemen

Promotor:

prof. dr. ir. Pieter Vansteenwegen

Assessor:

prof. dr. Stef Proost

Begeleiders:

dr. ir. arch. Matthias Blondia
dhr. Joost Swinnen

© Copyright KU Leuven

Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van zowel de promotor als de auteur is overnemen, kopiëren, gebruiken of realiseren van deze uitgave of gedeelten ervan verboden. Voor aanvragen tot of informatie i.v.m. het overnemen en/of gebruik en/of realisatie van gedeelten uit deze publicatie, wend u tot Centre for Industrial Management, Celestijnenlaan 300A Bus 2422, B-3001 Heverlee, +32-16-322567.

Voorafgaande schriftelijke toestemming van de promotor is eveneens vereist voor het aanwenden van de in deze masterproef beschreven (originele) methoden, producten, schakelingen en programma's voor industrieel of commercieel nut en voor de inzending van deze publicatie ter deelname aan wetenschappelijke prijzen of wedstrijden.

Dankwoord

Met het einde van mijn studieloopbaan in zicht en na meer dan 600 uur naar het finale resultaat te hebben toegewerkt, wil ik aan het begin van dit document graag iedereen bedanken die heeft bijgedragen tot de totstandkoming van deze thesistekst.

In de eerste plaats gaat mijn dank uit naar professor Vansteenwegen om mij de mogelijkheid te bieden dit onderwerp uit te werken en mijn voorlopige versies kritisch na te lezen. Zijn opmerkingen en adviezen hebben bijgedragen tot het gericht kunnen bijsturen, verbeteren en aanvullen van deze tekst. Tevens wil ik hem bedanken om mij te vergezellen tijdens de tussentijdse meetings met de mensen van De Lijn.

Daarnaast verdient mijn thesisbegeleider, Matthias Blondia, eveneens een gemeente bedanking. Ook hij las mijn eerste versies na, was een aanspreekpunt voor vragen en stond altijd paraat om te brainstormen over mogelijke verbeteringen en de verdere uitdieping van mijn thesistekst.

Een derde bedanking gaat uit naar Joost Swinnen en zijn collega's bij De Lijn Vlaams-Brabant. Tijdens onze meetings bracht hij telkens interessante denkpistes naar voren en stuurde hij de inhoud waar nodig bij, zodat deze thesis nog beter bij hun verwachtingen en eigen onderzoek kon aansluiten.

Vervolgens eveneens een uitdrukkelijk woord van dank aan mijn ouders, omdat ze mij gedurende mijn hele schoolcarrière altijd hebben gesteund en er zo mee voor zorgden dat mijn studies tot een succesvol einde konden gebracht worden.

Tot slot bedank ik ook zeker nog mijn vriendin, Marianne. Het samenleven met een student wiens dagen zich de laatste maanden vooral vulden met bussen en trams, was immers niet altijd evident. Toch stond zij altijd klaar met koekjes, brownies en een helpende hand.

Bram Huyghe

Abstract

Deze thesis stelt zich tot doel om het idee van hoogwaardig openbaar vervoer (HOV) in Leuven verder uit te werken, door het, zowel in termen van vervoerswijzekeuze als overstapbereidheid, concreet te maken en waar nodig en mogelijk ook specifiek te gaan toepassen op de as Diest-Leuven-Tervuren.

Voor het deel *vervoerswijzekeuze* levert een overzicht van mogelijke opties en de evaluatie van hun voor- en nadelen (in termen van gebruiksperspectief en technische haalbaarheid) op zichzelf al een interessant eindresultaat. Dit resultaat vormt echter ook de perfecte basis om het immense aanbod aan fabrikanten en bijhorende voertuigmodellen te herleiden tot een eerste selectie van een 16-tal voertuigen (trams en bussen), die het meest geschikt lijken voor een HOV-as in en rond Leuven. In een volgende fase wordt deze selectie nog bijkomend uitgediept aan de hand van een extra vergelijking op basis van enkele relevante parameterwaarden. De geselecteerde parameters zijn namelijk een maatstaf voor allerlei effecten (in termen van maatschappelijke baten), die beïnvloed worden door de specifieke voertuigkeuze. De bijkomende vergelijking in tabelvorm vormt opnieuw reeds een interessant en overzichtelijk geheel op zichzelf, maar blijkt daarnaast ook een goede aanvulling om uiteindelijk enkele voorkeursalternatieven naar voor te kunnen schuiven.

In het deel *overstapbereidheid* wordt er (aan de hand van een theoretisch kader op basis van internationale literatuur) in eerste instantie vastgesteld dat een bepaling van de maximale overstapkost, op basis van een vergelijking van de totale gegeneraliseerde kosten voor een OV-verplaatsing en verplaatsing met de eigen wagen, niet vanzelfsprekend is. Anderzijds kan echter wel op verschillende manieren worden nagegaan dat het aandeel en de impact van een overstap op de gehele verplaatsing aanzienlijk is en dat hier, vanuit het perspectief van de OV-exploitant, vaak nog belangrijke opportuniteiten aanwezig zijn. De verschillende beïnvloedbare factoren vallen daarbij typisch in twee groepen op te delen, zijnde de operationele planning en de ruimtelijke uitbouw van de overstaplocatie. Voor deze laatste groep wordt er daarom in een tweede sectie een concrete evaluatiemethodiek opgesteld om zowel bestaande infrastructuur te kunnen evalueren en bijsturen, als om mogelijke locaties voor nieuw aan te leggen infrastructuur tegen elkaar af te wegen. De evaluatie van de bestaande halteinfrastructuur wordt daarbij toegepast op de haltes Leuven Station, Leuven Gasthuisberg en Diest Station en mogelijke locaties voor nieuw aan te leggen infrastructuur worden onderzocht voor de omgeving van de halte Leuven Station.

Inhoud

1 Context & onderzoeksvraag	1
1.1 Beschrijving context	3
1.1.1 Algemeen	3
1.1.2 Beknopt overzicht van de beschouwde as Diest-Leuven-Tervuren.....	3
1.2 Vertaling naar onderzoeksvragen	5
2 Methodologie & afbakening.....	7
2.1 Methodologisch overzicht deel vervoerswijzekeuze	9
2.2 Methodologisch overzicht deel overstapbereidheid	10
3 Deel vervoerswijzekeuze	11
3.1 Inleiding.....	13
3.2 Overzicht en evaluatie van mogelijke opties	13
3.2.1 Type materieel	13
3.2.2 Sturing	15
3.2.3 Aandrijving	18
3.2.4 Evaluatie aan de hand van voor- en nadelen.....	26
3.3 Eerste selectie van voertuigmodellen en fabrikanten	36
3.3.1 Selectie van klassieke tramvoertuigen.....	37
3.3.2 Selectie van trams op banden.....	39
3.3.3 Selectie van klassieke busvoertuigen.....	39
3.3.4 Selectie van bussen met tramkarakteristieken ('trambussen')	42
3.4 Meer gedetailleerde vergelijking van de geselecteerde modellen.....	42
3.4.1 De maatschappelijke kosten-baten analyse als leidraad bij het bepalen van de belangrijkste parameters voor de meer gedetailleerde vergelijking.....	42
3.4.2 Vergelijking van de geselecteerde voertuigmodellen.....	48
3.4.3 Belangrijkste vaststellingen en besluitvorming bij de resultaten uit 3.4.2.....	51
3.5 Conclusie	55
4 Deel overstapbereidheid	57
4.1 Theoretisch kader op basis van internationale literatuur.....	59
4.1.1 Inleiding.....	59
4.1.2 De overstapkost als deel van de totale gegeneraliseerde kost	60
4.1.3 Gangbare waarden voor de parameters uit de uitdrukking voor de totale gegeneraliseerde kost van het openbaar vervoer en analyse van de impact van de overstap op het geheel	64

4.1.4 Invloedrijke factoren en bijhorende maatregelen ter verbetering van de overstapbereidheid	67
4.1.5 Een alternatieve evaluatiemethode: de verplaatsingstijdfactor	72
4.1.6 Conclusie	75
4.2 Concrete methodiek voor ruimtelijke uitbouw van halteplaatsen en vertaling naar de as Diest-Leuven-Tervuren	76
4.2.1 Inleiding	76
4.2.2 Doelstelling 1: Evaluatie van bestaande infrastructuur	76
4.2.3 Doelstelling 2: Evaluatie van nieuw aan te leggen infrastructuur	92
4.2.4 Conclusie	98
5 Besluit	101
5.1 Eindconclusie.....	103
5.1.1 Besluitvorming voor het deel vervoerswijzekeuze	103
5.1.2 Besluitvorming voor het deel overstapbereidheid	104
5.2 Mogelijkheden voor verder onderzoek.....	105
6 Bijlagen	107
Bijlage A: Afbeeldingen as Diest-Leuven-Tervuren	109
Bijlage B: Afbeeldingen Leuven Station	111
Bijlage C: Afbeeldingen en checklists Leuven GHB en Diest Station.....	117
7 Bibliografie	121
Referenties naar papers & onderzoeksrapporten	123
Referenties naar websites & online geraadpleegde brochures, technische fiches, persberichten,... (laatste raadpleging op 5 januari 2016)	125
Figurenlijst	128
Tabellenlijst	129

1

Context
&
onderzoeksvraag

1.1 Beschrijving context

1.1.1 Algemeen

Wanneer er gekeken wordt naar de recente geschiedenis van Leuven als aantrekkingspool voor werk en onderwijs kan er een sterke groei worden vastgesteld in het aantal pendelaars dat zich dagelijks richting de stad en haar directe omgeving begeeft. Deze groeiende verplaatsingsstroom zorgt de laatste jaren voor een sterk toegenomen druk op de mobiliteit van en naar de stad, met autoverkeer dat de capaciteit van de verschillende invalswegen steeds vaker overstijgt. Daarnaast kan het openbaar vervoer (OV) van De Lijn hiervoor maar moeilijk een waardig alternatief bieden, doordat de vele buslijnen zich grotendeels in gemengd verkeer afwikkelen en mee komen vast te zitten in de toenemende congestie. Om deze problemen aan te pakken heeft Leuven bijgevolg nood aan een nieuwe stap voorwaarts in de vorm van hoogwaardig openbaar vervoer (HOV), dat meer reizigers kan aantrekken door hen een aantrekkelijk alternatief voor de eigen wagen aan te bieden.

De afgelopen jaren heeft er rond dit onderwerp dan ook al heel wat onderzoek plaatsgevonden. Een interessant voorbeeld hiervan is het recente SBO-project ORDERin'F¹, met de bijhorende casestudie van het adviesbureau BUUR onder de noemer Regionet Leuven². In deze casestudie worden onder andere de verschillende corridors richting Leuven (veelal gelijklopend met de belangrijkste gewestwegen) van naderbij bekeken, waarbij er onderzocht wordt hoe een hertekening en opwaardering van het huidige OV-netwerk een vlottere mobiliteit in en rond de stad kan mogelijk maken. Bovendien wordt er in opdracht van De Lijn sinds kort ook voortgebouwd op deze studie en worden in het bijzonder de assen Leuven-Diest en Leuven-Tervuren, op gebied van meest aangewezen tracé, verder uitgedacht (zie ook 1.1.2).

Voor deze thesis wordt er als doel vooropgesteld om het idee van hoogwaardig openbaar vervoer in Leuven verder uit te werken, door het op bepaalde vlakken concreet te maken. Enerzijds zullen verschillende vervoerswijzen (bus, tram,...), die voor dit netwerk kunnen ingezet worden, met elkaar worden vergeleken en anderzijds wordt ook het belang van goede overstappen onderzocht. Om het geheel nog bijkomend te concretiseren, zal er voornamelijk gefocust worden op een specifiek deel van het OV-netwerk in en rond de stad, zijnde de reeds aangehaalde as van Diest tot Tervuren, die ook Leuven doorkruist. Wel dient hierbij duidelijk vermeld te worden dat het niet de bedoeling is om met de vernoemde studie van BUUR te overlappen, maar om hierop net een extra aanvulling te bieden.

1.1.2 Beknopt overzicht van de beschouwde as Diest-Leuven-Tervuren

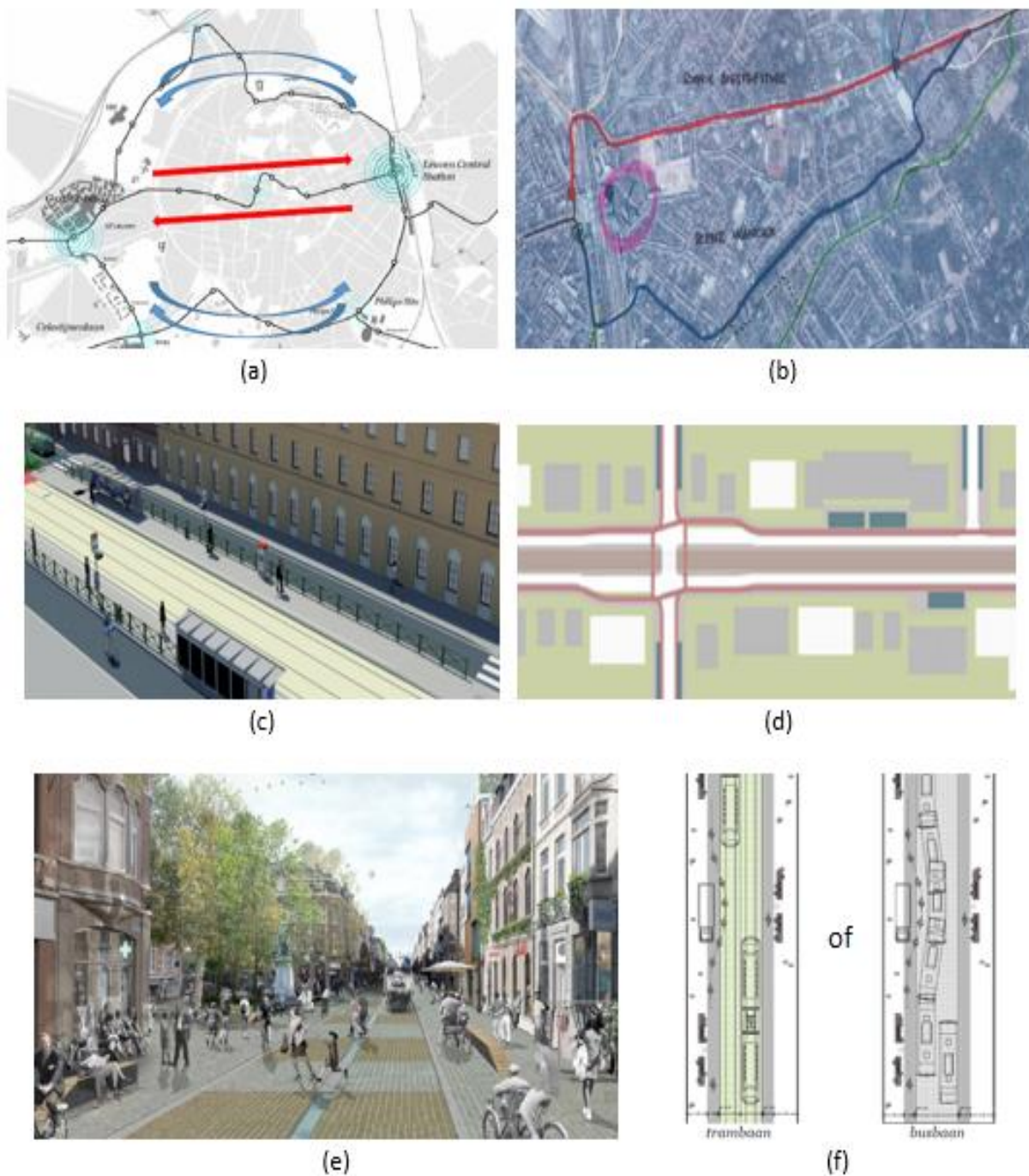
Alvorens toe te spitsen op de vertaling naar meer concrete onderzoeksvragen is het interessant om, ter aanvulling van de thesiscontext, eerst nog een korte beschrijving te geven van de stand van zaken en voornaamste veronderstellingen met betrekking tot de as Diest-Leuven-Tervuren, die doorheen deze tekst nog zullen terugkomen. Twee elementen verdienen hierbij een extra toelichting. Het zijn enerzijds de tracéopties voor deze as zoals ze momenteel bij De Lijn op tafel liggen en anderzijds ook de veronderstellingen naar ruimtelijke vertaling, gebaseerd op de voorstellen van BUUR (zoals aangereikt in het reeds vernoemde Regionet Leuven).

Wat de tracéopties betreft zijn er op zich heel wat vanzelfsprekende elementen. Zo zal de route tussen Diest en het oosten van Leuven (Kessel-Lo) en ook de route tussen de westelijke zijde (Gasthuisberg) en Tervuren (zie bijlage A voor afbeeldingen) zo veel mogelijk op de huidige steenwegen (ofwel vlak ernaast) worden aangelegd.

¹ Projectwebsite ORDERin'F, Consortium ORDERin'F, <http://www.orderinf.eu/>

² Projectwebsite Regionet Leuven, BUUR, <http://www.regionetleuven.be/>

Daarnaast zijn er echter (naast de beslissing rond het concrete eindpunt in de buurt van Tervuren) nog twee belangrijke knopen die voorlopig nog altijd moeten worden doorgesneden. Dit zijn de tracékeuze voor Leuven zelf (tussen het Leuvense station en Gasthuisberg) en die voor het traject doorheen Kessel-Lo (tussen het kruispunt Diestsesteenweg-Platte Lostraat en het Leuvense station). Voor het tracé tussen het station en Gasthuisberg is er namelijk de keuze tussen een directere link dwars doorheen het centrum (de rode pijlen in figuur 1a) of een route rondom het centrum, grotendeels samenvallend met de noordelijke of zuidelijke singel (de blauwe pijlen in figuur 1a). Voor de route doorheen Kessel-Lo zijn er eveneens twee opties die overblijven: een route via de Diestsesteenweg en Diestsepoort (de rode lijn in figuur 1b), of een route meer ‘achterdoor’ en met een nieuwe brug over de sporen, die vaak als het Jan Vranckxtracé wordt benoemd (de blauwe lijn in figuur 1b).



Figuur 1: (a) Tracéopties Leuven centrum², (b) Tracéopties Kessel-Lo, (c) & (d) Concept van de vrije bedding², (e) & (f) Toekomstbeeld Bondgenotenlaan²

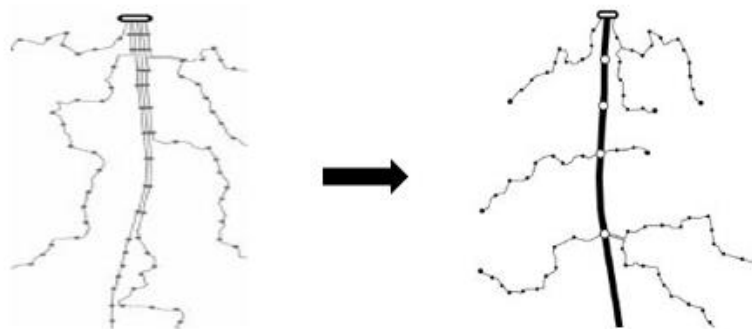
Tot slot zijn dan ook de veronderstellingen naar ruimtelijke vertaling (waar in deze thesis dus zal van worden uitgegaan) nog hun vermelding waard. Zo is het ten eerste belangrijk om aan te geven dat er wordt verondersteld dat, voor de delen buiten de Leuvense kern, zoveel mogelijk eigen beddingen zullen worden voorzien en dit dus bij voorkeur centraal op de steenwegen (figuren 1c (3D) en 1d (2D)) of anders vlak erlangs. Een tweede veronderstelling houdt daarnaast in dat, wanneer er voor een centrumroute dwars doorheen de Leuvense kern zou worden geopteerd, dit zich op termijn ook zal vertalen in een herinrichting van de Bondgenotenlaan (figuren 1e (3D) en 1f (2D)). Dit betekent dat er een evolutie naar een autovrije zone zal plaatsvinden, waarbij centraal een tram- of busbaan wordt voorzien, geflankeerd door een brede fiets- en wandelstrook. Deze strook zal bovendien ook voor laden en lossen van vrachtwagens kunnen aangewend worden, wat maakt dat fietsers eveneens vlot moeten kunnen uitwijken naar het centrale gedeelte (zoals dit specifiek wordt afgebeeld op figuur 1f).

1.2 Vertaling naar onderzoeksvragen

De concrete uitwerking van deze thesis bevat twee duidelijke delen en kan dan ook als een dubbele onderzoeksvraag beschouwd worden.

Een eerste element dat onderzocht zal worden is de *vervoerswijzekeuze* voor de as Diest-Leuven-Tervuren. Wordt er voor deze nieuwe verbinding namelijk uitgegaan van enkele typische HOV-karakteristieken zoals een hoge capaciteit, voldoende comfort en een goede betrouwbaarheid, dan spreekt het voor zich dat een specifieke afstemming van de vervoerswijze op de noden en wensen van de reizigers en beperkingen en eigenschappen van de omgeving van groot belang is. Vertrekkend vanuit enerzijds een algemeen overzicht van opties qua materieel en aandrijvings- en sturingsmechanismen en anderzijds het gebruiksperspectief en de specifieke kenmerken van het HOV dat hier wordt ontwikkeld, zal er getracht worden om uiteindelijk een onderbouwde vervoerswijzekeuze te kunnen maken.

De tweede onderzoeksvraag vertrekt vanuit de vaststelling dat voor het HOV ook de snelheid en stiptheid belangrijke doelen zijn en er daarvoor logischerwijs gedacht wordt aan een tracé dat veelal in eigen bedding kan worden aangelegd en waarbij er slechts een gering aantal haltes wordt voorzien. Een dergelijk concept vertaalt zich typisch in een meer ‘feeder-trunk’ georiënteerde structuur, zoals weergegeven in figuur 2. Dit betekent echter ook dat voor heel wat individuele reizigerstrajecten een overstap onvermijdelijk zal worden. Het is bijgevolg een bijkomend doel om, op basis van (internationaal) wetenschappelijk onderzoek, na te gaan in welke mate en onder welke voorwaarden reizigers bereid zijn zo’n overstap al dan niet te maken en hoe deze bevindingen in verband met *overstapbereidheid* in rekening kunnen gebracht worden voor het ontwikkelen van het HOV in de regio rond Leuven.



Figuur 2: Overgang naar een meer ‘feeder-trunk’ georiënteerde structuur²

2

Methodologie & afbakening

2.1 Methodologisch overzicht deel vervoerswijzekeuze

Voor het deel rond de vervoerswijzekeuze is het uiteindelijke doel om aanbevelingen te kunnen formuleren rond welk specifiek vervoersmiddel het meest aangewezen is om het tracé tussen Diest en Tervuren via Leuven te bedienen. Hoewel er getracht zal worden dit keuzeproces in een concreet resultaat te laten uitmonden (dat bovendien ook nuttig kan zijn voor de andere HOV-lijnen in de regio rond Leuven die misschien later nog ontwikkeld worden), is het echter niet de bedoeling om uiteindelijk te komen tot een resultaat waarin één bepaald voertuig van één bepaalde fabrikant als absoluut beste optie naar voren wordt geschoven. Dergelijke uitspraak is immers simpelweg niet realistisch omdat hiervoor een volledig uitgewerkte maatschappelijke kosten-baten analyse (MKBA) zou nodig zijn, met een zo exact mogelijke becijfering van alle kosten, baten en beschikbare budgetten. De daarvoor vereiste modelmatige aanpak (met bijvoorbeeld verkeerskundige analyses ter vergelijking van de nieuw voorgestelde scenario's en het business-as-usual-scenario) valt echter buiten de scope van deze thesis.

Er zal zo bijvoorbeeld geen sluitend antwoord kunnen gegeven worden op de vraag of een tram dan wel een bus (of eender welke andere vorm van OV) de absolute voorkeur geniet voor de beschouwde HOV-as. Deze keuze zal immers voor een belangrijk deel ook afhangen van de grootte van de vraag naar transport (zowel nieuw aangetrokken als nieuw gecreëerd) en bijhorende bezettingsgraad die door het nieuwe aanbod gerealiseerd kan worden. Wél zal er daarentegen getracht worden om, gefocust op het gebruiksperspectief, voor- en nadelen van een bepaalde keuze (bv. voor- en nadelen van railgebondenheid,...) te bespreken en ook bijvoorbeeld één (of enkele) voorkeurtrams en één (of enkele) voorkeurbussen (en/of andere OV-vormen) uit het enorme aanbod aan voertuigen te selecteren.

Concreet betekent dit dat allereerst een overzicht zal worden gegeven van de beschikbare opties in verband met de vervoerswijzekeuze, waarbij een opdeling wordt gemaakt naar type materieel en daarnaast ook de mogelijkheden op gebied van sturing en aandrijving worden toegelicht. Met de kenmerken en veronderstellingen rond de as Diest-Leuven-Tervuren indachtig, laat een evaluatie van de belangrijkste voor- en nadelen en praktijkervaringen met betrekking tot de besproken opties dan toe om een eerste selectie van vervoersmodi door te voeren. Deze eerste selectie focust vooral op technologische haalbaarheid en betrouwbaarheid en heeft tot doel het grote aanbod aan modi van ontelbare fabrikanten te herleiden tot een overschouwbaar geheel.

Vervolgens wordt deze eerste selectie aan een verdere analyse onderworpen. Hiertoe zullen de overgebleven alternatieven op relevante criteria zoals snelheid, comfort, voertuigbreedte, bochtstraal, aanlegtermijn,... tegen elkaar worden afgewogen door middel van een eenvoudig vergelijkingssysteem. Voor de bepaling van de evaluatiecriteria zal de batenzijde van een typische MKBA van transportinfrastructuurprojecten als leidraad worden aangewend. Het identificeren van de voornaamste baten die beïnvloed worden door de vervoerswijzekeuze vormt immers een handig hulpmiddel om eenvoudig de voornaamste parameters te kunnen oplijsten.

De opgestelde tabellen met parameterwaarden vormen op hun beurt dan de basis om de overgebleven alternatieven bijkomend met elkaar te kunnen vergelijken. Aangezien het, zoals reeds aangehaald, geen doel is om een volledige economisch onderbouwde vergelijking uit te voeren, moet deze vergelijking wel voornamelijk gezien worden als een overzicht van onderlinge sterktes en zwaktes. Hieraan ook echte waardeoordelen verbinden van welke optie uiteindelijk het allerbest is, is niet de bedoeling.

2.2 Methodologisch overzicht deel overstapbereidheid

Voor het deel rond overstapbereidheid is er voor gekozen om dit op te splitsen in twee logische delen.

Een eerste deel vormt een theoretisch kader rond overstapbereidheid op basis van internationale literatuur. Hierin wordt onderzocht hoe de overstapbereidheid en het aan een overstap verbonden ongemak het best kunnen worden uitgedrukt. Vervolgens wordt een antwoord gezocht op de vraag naar het aandeel en de impact van een overstap op het totale reistraject. Een laatste vraag die daarnaast nog beantwoord wordt is de vraag welke factoren de overstapbereidheid beïnvloeden en welke factoren door de OV-exploitant zelf beïnvloedbaar zijn.

In een tweede deel wordt toegespitst op de problematiek van de ruimtelijke uitbouw van een overstaplocatie. Hiertoe wordt een breed toepasbare evaluatie-methodiek opgesteld met een dubbel doel. Enerzijds is het de bedoeling om bestaande overstaplocaties (zowel op zichzelf als in onderlinge vergelijking) te kunnen evalueren en vervolgens ook gericht bij te sturen. Anderzijds is het de bedoeling om ook voor nieuw te plannen infrastructuur mogelijke locaties op gebied van overstapcomfort met elkaar te kunnen vergelijken.

Ter illustratie wordt deze methodiek vervolgens ook toegepast op enkele belangrijke knooppunten van de as Diest-Leuven-Tervuren. De concrete toepassing op de case van Leuven beperkt zich dus tot het aanreiken en toepassen van ontwerpmethodes ter aftoetsing en maximalisatie van de vereiste overstapbereidheid aan specifiek geselecteerde haltes. Een antwoord op meer algemene ontwerpvragen met betrekking tot overstapbereidheid, zoals bijvoorbeeld de keuze tussen een tracé door het centrum dan wel via de ring rond Leuven, vereisen immers een meer modelmatige aanpak op basis van uitgebreide herkomst-bestemmingsanalyses en behoren niet tot de scope van deze thesis.

3

Deel vervoerswijzekeuze

3.1 Inleiding

Zoals in het methodologisch overzicht van deel 2.1 reeds werd toegelicht, zal er voor de vooropgestelde vervoerswijzekeuze allereerst worden getracht om het enorme aanbod aan mogelijke vervoersmodi te reduceren tot een eerste selectie, die focust op het gebruiksgemak en de technologische haalbaarheid van de verschillende mogelijkheden. Dit betekent dat er in 3.2 zal gestart worden met een overzicht en evaluatie van alle mogelijke opties, door deze, via opdelingen naar type materieel (3.2.1), sturingsmechanismes (3.2.2) en aandrijvingsmethoden (3.2.3), op basis van hun voor- en nadelen tegen elkaar af te wegen (3.2.4). Vervolgens wordt deze evaluatie in 3.3 dan omgezet in een eerste selectie van voertuigmodellen en fabrikanten.

In een tweede fase worden de geselecteerde modellen nadien nog verder in detail met elkaar vergeleken (3.4). Hiertoe worden in 3.4.1 eerst de parameters voor deze meer gedetailleerde vergelijking bepaald, door hiervoor de batenzijde van een maatschappelijke kosten-baten analyse van transportinfrastructuurprojecten als leidraad aan te wenden. Daarna vindt in 3.4.2 de eigenlijke vergelijking van de geselecteerde voertuigmodellen plaats en worden in 3.4.3 de belangrijkste resultaten die hierin naar voren komen verder besproken.

Een korte conclusie vat tot slot de belangrijkste bevindingen uit dit deel rond de vervoerswijzekeuze nogmaals bondig samen (3.5).

3.2 Overzicht en evaluatie van mogelijke opties

3.2.1 Type materieel

3.2.1.1 Algemeen

Algemeen bekeken zijn er op gebied van vervoersmodi voor openbaar vervoer heel wat opties mogelijk. Dit gaat van treinen op het hoogste niveau tot OV-dienstverlening door middel van taxi-vormen op het meest lokale niveau. Daartussen bevinden zich dan verder nog voertuigcategorieën zoals lightrail, metro, tram en bus (en ook nog tussenvormen met de zogenaamde ‘trambussen’ als bekendste voorbeeld).

Wordt er echter gedacht in de context van de as Diest-Leuven-Tervuren, dan is het meteen duidelijk dat de trein- of lightrailoptie, net als een metrosysteem, om financiële en rentabiliteitsredenen geen realistische opties zijn. Dergelijke systemen zijn immers enkel toepasbaar wanneer er op veel grotere schaal (en met een veel grotere vraag) te werken valt. Aan het andere uiteinde van het vervoersaanbod zijn daarnaast ook de taxi-vormen, die zich richten op lagere individuele capaciteiten maar hogere frequenties, geen goed idee. In tijden van besparingen op overheidsuitgaven is hierbij alleen al de extra personeelskost (in de zin van chauffeurs) haast niet te financieren (zolang tenminste autonome besturingssystemen voorlopig nog onvoldoende ontwikkeld zijn, waarover meer in 3.2.2.3).

Conclusie is dan ook al snel dat bij de vervoerswijzekeuze voor de nieuwe HOV-lijn de focus logischerwijs zal liggen op trams en bussen. Hoewel op zich de laatste tijd het onderscheid tussen beide groepen steeds meer lijkt te vervagen, wordt in deze tekst toch de klassieke tweedelige structuur behouden en worden dus ook tussenvormen ofwel in de vervoersgroep ‘tram’, ofwel in de vervoersgroep ‘bus’ ingedeeld. Hoe elk van beide groepen exact wordt afgebakend en welke verdere onderverdeling daarbij nog ontstaat, wordt in deel 3.2.1.2 (trams) en 3.2.1.3 (bussen) verder uitgewerkt.

3.2.1.2 Tramvoertuigen

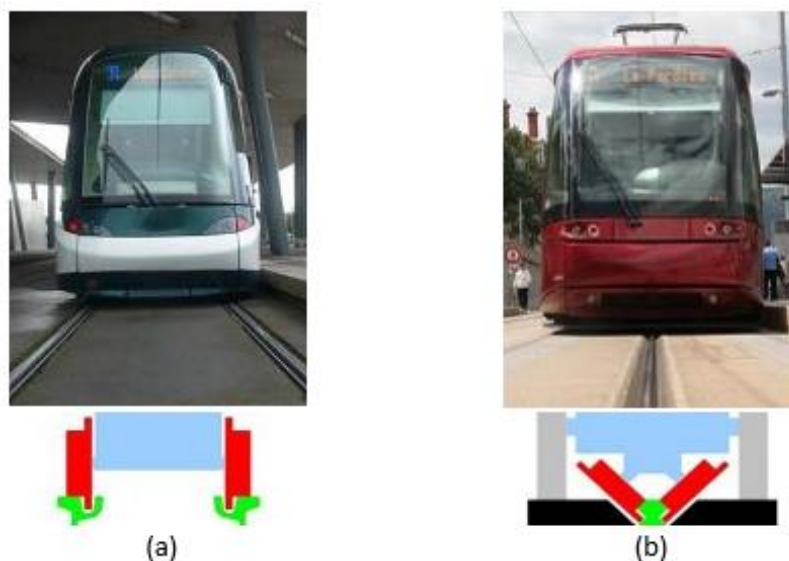
a) Definitie

Een voertuig wordt in de groep van de tramvoertuigen ingedeeld wanneer het voertuig op gebied van sturing letterlijk *onlosmakelijk verbonden is aan de infrastructuur* waarover het zich voortbeweegt. De bestuurder van het voertuig heeft met andere woorden wel invloed op de snelheid van het voertuig, maar niet op het precieze traject dat gevolgd wordt (aangezien dit volledig bepaald wordt door de aangelegde infrastructuur).

b) Opdeling

Om de groep van tramvoertuigen verder in te delen, zijn er op basis van fundamentele opbouw in feite twee grote subgroepen van trams te onderscheiden. Deze subgroepen zijn:

- de **'klassieke' trams**, die zich door middel van metalen wielen over een systeem van twee parallelle rails voortbewegen (figuur 3a)
- een alternatief tramconcept, in wat volgt ook aangeduid als **'tram op banden'**, met slechts één centrale rail die voor de sturing zorgt en waarbij het voertuig steunt en zich voortbeweegt via rubberen banden op een gewoon wegdek; er wordt hierbij tot doel gesteld om onder andere de infrastructuurleermekost en mindere wendbaarheid van een tram ten opzichte van een bus te kunnen verkleinen, zonder daarbij het betere comfortniveau en de hogere capaciteit van de tram te hoeven opgeven (figuur 3b)



Figuur 3: (a) Klassieke tram, (b) Tram op banden

3.2.1.3 Busvoertuigen

a) Definitie

Een voertuig wordt in de groep van de busvoertuigen ingedeeld wanneer het voertuig op gebied van sturing *NIET onlosmakelijk verbonden is aan de infrastructuur* waarover het zich voortbeweegt. Het bepalen van het te volgen traject gebeurt, op zijn minst in bepaalde situaties of voor bepaalde delen van het traject, dus wél nog door een bestuurder met stuurwiel.

b) Opdeling

Net als bij de trams wordt er ook bij de busvoertuigen op basis van fundamentele opbouw een opdeling in twee grote subgroepen voorzien. De subgroepen die onderscheiden worden zijn:

- de '**klassieke**' bussen, zoals deze algemeen bekend zijn en veelvuldig voorkomen (figuur 4a)
- een alternatief busconcept, in wat volgt ook aangeduid als '**trambus**', met bussen die qua vormgeving en interne zowel als externe opbouw enkele typische elementen die normaal eerder met een tram zouden geassocieerd worden, gaan overnemen; op die manier wordt getracht om bepaalde elementen die een tram (bijvoorbeeld op gebied van comfort en capaciteit) typisch 'hoogwaardiger' maken dan een bus, toch te kunnen aanbieden, zonder daarbij de sterke punten van de bus (zoals een betere wendbaarheid en lagere infrastructuurkosten) te moeten opgeven (figuur 4b)



Figuur 4: (a) Klassieke bus, (b) Trambus

3.2.2 Sturing

3.2.2.1 Tramvoertuigen

Voor de groep van de tramvoertuigen valt over de sturingsmethode weinig bijzonders te vertellen. De in 3.2.1.2a opgestelde definitie voor tramvoertuigen geeft namelijk reeds aan dat de **sturing** van het voertuig **volledig bepaald** wordt **door de aangelegde rails** waarop de tram zich voortbeweegt. In feite betekent dit dus dat er simpelweg geen sturingsstelsel (in de zin van richtingsbepaling) aanwezig is; de infrastructuur bepaalt immers het traject.

3.2.2.2 Busvoertuigen

Voor de groep van de busvoertuigen zijn er daarentegen wel verschillende opties mogelijk voor de sturing van het voertuig.

De eerste en nog altijd **meest voorkomende optie** is uiteraard de optie waarbij de **bestuurder** de **volledige stuurtaak** op zich neemt. Het is dus de bestuurder die de volledige controle heeft over het precieze traject dat door de bus wordt afgelegd.

Anderzijds is er echter ook nog het **concept van de 'geleide bus'**. Hierbij wordt (een deel van) de stuurtaak van de bestuurder overgenomen, door een systeem dat de bus in meerdere of mindere mate mee helpt 'leiden'. Wel blijft de bestuurder beschikken over een stuur om in te grijpen in noodsituaties (zoals een plots obstakel) of voor het uitvoeren van moeilijke manoeuvres (zoals het stallen van het voertuig). Er vallen hierbij **vier verschillende systemen** te onderscheiden:

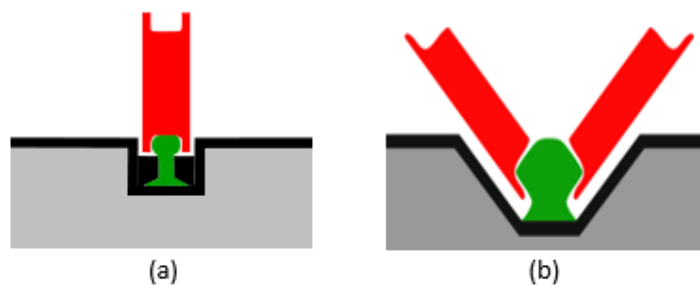
- **het GLT- / TVR-systeem** ('Guided Light Transit' / 'Transport sur Voie Reservée'):
(Murgier, 1995)

Bij dit systeem van het Canadese Bombardier wordt gebruik gemaakt van een centrale rail in het wegdek waaraan het voertuig kan worden vastgekoppeld. Wieltjes centraal onder het voertuig volgen dus de rail waarop ze neergeplant worden en nemen op die manier de stuurtaak over van de bestuurder.

Door het gebruik van één centrale rail en het feit dat TVR-voertuigen vaak ook qua vorm als meer tramachtige voertuigen worden ontworpen (figuur 5), is het onderscheid met de hiervoor reeds beschreven tram op banden maar heel beperkt. Het verschil tussen beiden en meteen ook de reden dat deze technologie toch onder de bussystemen wordt gerekend, ligt dan ook enkel in het feit dat deze optie dus wél nog los te koppelen valt (of m.a.w. niet *onlosmakelijk* met de rail verbonden is). De verschillende verbindingstechniek die hiermee gepaard gaat, wordt ook geïllustreerd in figuur 6, met links (a) het TVR-systeem en rechts (b) de verbindingmethode bij een tram op banden.



Figuur 5: TVR-voertuig



Figuur 6: (a) TVR-verbindingstechniek, (b) Verbindingstechniek bij tram op banden

- **het KGB-systeem** ('Kerb Guided Busway'):
(Ellis et al., 2006)

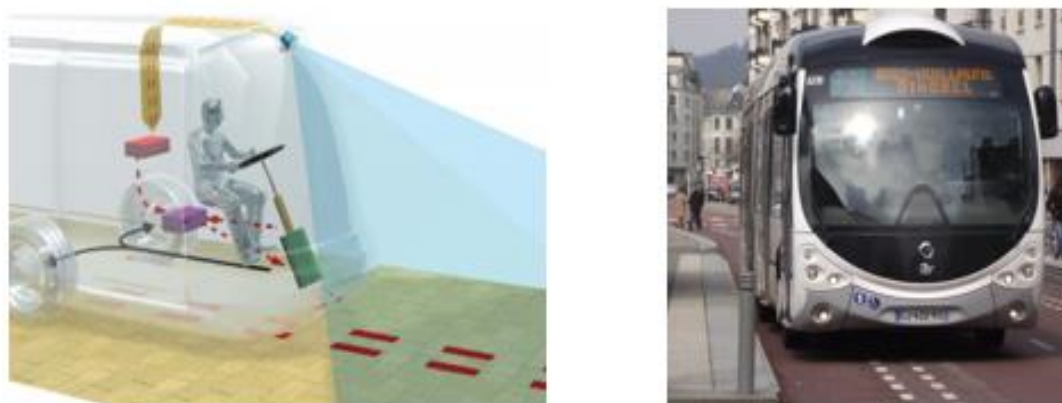
Een eerste logisch alternatief voor sturingswieltjes onderaan het voertuig vormt het gebruik van kleine wieltjes aan de zijkanten van het voertuig (figuur 7a). Daar waar een bus zich in eigen bedding met speciaal verhoogde randen kan voortbewegen (figuur 7b), wordt het door middel van deze wieltjes mogelijk de randen op een vlotte manier te volgen. Zodoende wordt dan ook het sturingsmechanisme van de bus beïnvloed en zal deze automatisch op het juiste traject blijven zonder dat de bestuurder nog hoeft bij te sturen.



Figuur 7: (a) Zijwieltjes KGB-systeem, (b) Bus tussen verhoogde randen

- het Optiguide-Optiboard-systeem³:

Een derde methode is het Optiguide-Optiboard-systeem. Dit systeem van het Duitse Siemens werkt op basis van optische geleiding. Een vooraan op het voertuig gemonteerde camera wordt hierbij aangewend om twee onderbroken lijnen op de weg te volgen (figuur 8). Het idee hierbij is om deze lijnen steeds perfect in het midden onder het voertuig te houden door middel van automatische correcties aan het stuurwiel en de wielas van het voertuig



Figuur 8: Optiguide-Optiboard-systeem³

- het FROG-systeem ('Free Ranging On Grid')⁴:

Een laatste techniek is het FROG-systeem van het Nederlandse Frog AGV Systems. De geleidingsmethode is deze keer niet mechanisch of optisch van aard, maar wel magnetisch. Bij dit systeem wordt een voorgeprogrammeerde route met behulp van in het wegdek ingebouwde magneten voortdurend gemonitord en indien nodig bijgestuurd. Deze techniek werkt dus analoog aan het optische geleidingsstelsel, alleen gebeurt de routecontrole nu met behulp van magnetisme in plaats van met een camera en lijnen.

³ Brochure Optiguide-Optiboard, Siemens, <https://w5.siemens.com/france/web/fr/sts/offre/solutions/transports/Documents/Fiche%20optiboard%20fr%2011%202014bis.pdf>

⁴ Productpagina FROG voertuigtechnologie, Frog AGV Systems, <http://www.frog.nl/Oplossingen/Technologie/Voertuigtechnologie.html>

3.2.2.3 Opmerking: autonome besturing

In alle opgesomde sturingsopties blijft er voorlopig wel nog altijd nood aan een bestuurder. Toch is het, kijkend naar meer recente ontwikkelingen op gebied van autonoom rijden, op (middel)lange termijn niet ondenkbaar dat ook OV-voertuigen zonder bestuurder zullen kunnen ingezet worden. Op dit gebied heeft de tram waarschijnlijk een streepje voor op de bus, door de vrijheidsgraad rond richtingsbepaling die bij trams niet aanwezig is. Dit betekent echter niet dat er ook niet volop gewerkt wordt aan het idee van zelfrijdende bussen, zoals onder meer blijkt uit een recent proefproject⁵ om tegen 2018 dergelijke busdienst te gaan inzetten op de luchthaven van Zaventem.

De impact die een verdere ontwikkeling rond autonoom rijden kan hebben op verhoudingen binnen de gehele vervoersmarkt kan erg groot zijn. Zo is het bijvoorbeeld perfect denkbaar dat het succesvol inzetten (voor HOV) van voertuigen die meer bij het taxi-concept aanleunen, niet langer onwaarschijnlijk is, doordat de hoge personeelskost van de vele extra chauffeurs plots wegvalt. Anderzijds zijn er, denkend vanuit een OV-context, ook minder positieve gevolgen denkbaar. Een voorbeeld hiervan is het mogelijk wegvallen van het voordeel van een OV-voertuig ten opzichte van de eigen wagen om hierop het maken van de verplaatsing ook nog met andere zaken (zoals jobgerelateerde bezigheden) te kunnen combineren.

Dergelijke ontwikkelingen en bijhorende gevolgen zijn voorlopig echter nog zo hypothetisch en onvoldoende matuur dat het quasi onmogelijk is om hier op dit moment al een eenduidige en gefundeerde toekomstvisie aan vast te knopen. Om die reden wordt er dan ook voor gekozen om de autonome optie hier enkel ter volledigheid te vermelden en ze dus niet in detail mee te nemen in de rest van het verhaal.

3.2.3 Aandrijving

3.2.3.1 Tramvoertuigen

In tegenstelling tot de sturing valt er over de aandrijvingsopties voor tramvoertuigen wél heel wat te vertellen.

Uiteraard is er ook hier **in de eerste plaats** weer de **'klassieke' optie**, zijnde de **elektrische bovenleiding**, met palen en bekabeling langsheen het tram-tracé en een pantograaf op het dak van de tram om de koppeling tussen bovenleiding en voertuig te realiseren (figuur 9).



Figuur 9: Bovenleiding en pantograaf

⁵ Persbericht zelfrijdende bus, De Lijn, <http://delijn.prezly.com/1e-zelfrijdende-bus-in-belgie-stapje-dichterbij>

Daarnaast zijn er echter ook nog heel wat **alternatieven zonder bovenleiding** beschikbaar, die typisch in te delen zijn in twee overkoepelende groepen. Een eerste groep zijn de systemen die uitgaan van een tijdelijke energieopslag aan boord, terwijl de systemen van de tweede groep gebaseerd zijn op een continue energietoevoer via de grond. Voor de tweede groep zijn er in principe wel ook altijd enkele eenheden uit de eerste groep aanwezig om eventuele korte onderbrekingen in de toevoer op te vangen, maar deze dienen enkel als 'back-up' en zijn dus typisch maar heel beperkt in capaciteit. Wordt er daarentegen enkel met tijdelijke opslagsystemen gewerkt, dan vereisen de gebruikte eenheden een grotere capaciteit, aangezien deze uitsluitend zullen worden bijgeladen aan de verschillende haltes en tussen de haltes enkel nog energie recupereren bij het remmen. Voor beide groepen is het tot slot nog belangrijk om op te merken dat dit normaal enkel oplossingen zijn die voor kleine delen van het gehele traject (zoals bijvoorbeeld een stadscentrum) worden toegepast. De reden hiervoor is dat ze, om over het gehele traject te voorzien, vaak simpelweg te kostelijk zijn en in het geval van de eerste groep voorlopig ook nog ontoereikend in bereik. In wat volgt worden de verschillende opties die in iedere groep voorkomen nu verder toegelicht (Novales, 2010).

Systemen gebaseerd op tijdelijke energieopslag aan boord

Zonder al te zwaar in detail te treden over de precieze werking van de verschillende systemen, zijn er voor energieopslag aan boord van een voertuig **twee verschillende technieken** te vermelden:

- energieopslag met behulp van een **herlaadbare batterij**:

De herlaadbare batterij zorgt voor een reversibel ladings-/ontladingsproces door middel van een omkeerbare elektrochemische reactie tussen de anode, kathode en het elektrolyt. De specifieke materiaalkeuze voor elk van deze delen bepaalt daarbij de vermogensdichtheid (in W/kg = hoeveel vermogen zal er worden geleverd?) en energiedichtheid (in Wh/kg = hoe lang kan deze vermogenslevering worden aangehouden?) van de batterij.

- energieopslag met behulp van een **supercondensator**:

De supercondensator zorgt eveneens voor een reversibel ladings-/ontladingsproces, maar dit keer door middel van twee dicht bij elkaar geplaatste elektroden, waarbij de aanwezigheid van een tussenliggend membraan de doorslag van elektronen verhindert. Het grote werkingsverschil met de herlaadbare batterij ligt vooral in de hogere vermogensdichtheid, maar lagere energiedichtheid van de supercondensator. Supercondensatoren kunnen dan ook een grotere energiecapaciteit afgeven, maar zullen wel veel sneller uitgeput zijn.

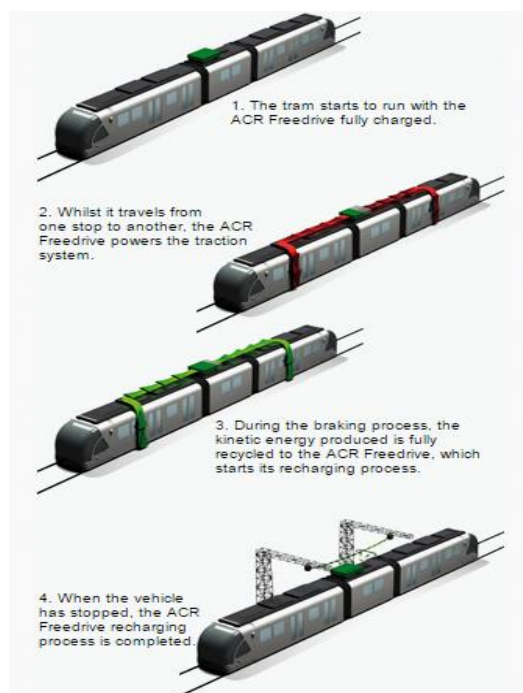
Doordat de supercondensator een nog veel recenter systeem is dan de herlaadbare batterij, gebruikt zowat iedere producent hiervoor wel zijn eigen merknaam. De vijf voornaamste (maar in se quasi analoge) opties die gebruik maken van supercondensatoren voor energieopslag (zei het vaak ook wel in combinatie met nog een kleine batterij) zijn:

- het Franse STEEM-systeem⁶ van Alstom
(‘Système de Tramway à Efficacité Énergétique Maximisé’)
- het Franse Ultracaps-systeem⁷ van NTL

⁶ Persbericht STEEM, Alstom, <http://www.alstom.com/press-centre/2011/5/STEEM-promoting-energy-savings-for-tramways>

⁷ Brochure WiPost & Ultracaps, NTL, <http://www.newtl.com/en/wp-content/uploads/sites/2/2013/02/2013-Dossier-Wipost-GB.pdf>

- het Canadese MITRAC-systeem⁸ van Bombardier ('Modular Integrated Traction')
- het Duitse Sitras HES-systeem⁹ van Siemens ('Hybrid Energy Storage')
- het Spaanse ACR/Freedrive-systeem¹⁰ van CAF (figuur 10) ('Acumulador de Carga Rapida')



Figuur 10: ACR/Freedrive-systeem¹⁰

Systemen gebaseerd op een continue energietoevoer via de grond

Voor de groep van de continue energietoevoer via de grond zijn er in totaal **drie verschillende technieken** te onderscheiden:

- **het APS-systeem**¹¹ ('Alimentation Par le Sol'):

Bij dit systeem van het Franse Alstom wordt er, voor de elektrische voeding van trams die zich op twee rails voortbewegen, gewerkt met een derde, centrale en eveneens in het wegdek ingewerkte rail. Deze derde rail bestaat uit 8 m lange geleidende railsegmenten, die telkens van elkaar worden gescheiden door stukken van 3 m isolerende (of niet-geleidende) rail. De spanningsvoorziening van 750 V gebeurt daarbij door ondergronds ingebouwde spanningsbronnen iedere 22 m (1,5+8+3+8+1,5), zoals weergegeven in figuur 11.

⁸ Brochure MITRAC, Bombardier, http://www.bombardier.com/content/dam/Websites/bombardiercom/supporting-documents/BT/Bombardier-Transport-ECO4-MITRAC_Energy_Saver-EN.pdf

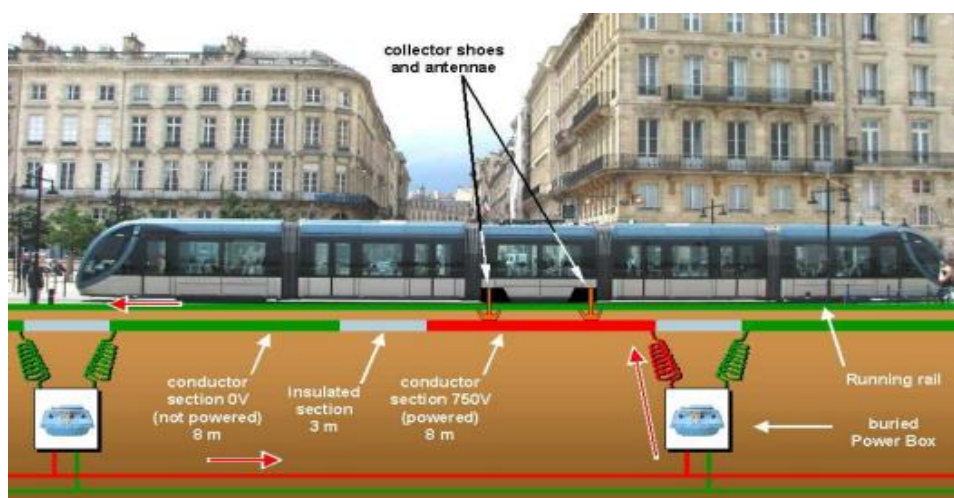
⁹ Brochure Sitras HES, Siemens, <https://w3.usa.siemens.com/mobility/us/Documents/en/rail-solutions/railway-electrification/dc-traction-power-supply/sitras-hes-en.pdf>

¹⁰ Productpagina ACR/Freedrive, CAF, <http://www.caf.es/en/ecocaf/nuevas-soluciones/tranvia-acr.php>

¹¹ Productpagina APS, Alstom, <http://www.alstom.com/products-services/product-catalogue/rail-systems/Infrastructures/products/aps-ground-level-power-supply/>

De spanning van een bepaalde spanningsbron wordt enkel vrijgegeven wanneer een daaraan gekoppeld segment zich volledig onder de tram bevindt (hetgeen via gecodeerde radiosignalen tussen tram en spanningsbron wordt geverifieerd). Op die manier wordt dan ook het gevaar op elektrocutie, bij contact met een segment van de rail dat zich niet onder het tramvoertuig bevindt, vermeden. Uiteindelijk zorgen twee contactpunten onderaan de tram, die als het ware voortdurend over de derde rail schuiven, dat de spanning van het onder spanning staande railsegment naar de tram wordt overgedragen en deze zodoende van de nodige elektrische energie wordt voorzien om zijn traject verder af te leggen. Doordat de activatie van een bepaald segment elektronisch gestuurd wordt, duidt men het APS-systeem soms ook wel aan als een *elektronisch gesegmenteerde derde rail*.

Zoals reeds aangegeven wordt een deel van de elektrische energie ook altijd als 'back-up' opgeslagen in kleine batterijen en/of condensatoren op het dak van de tram om indien nodig probleemloos een defect aan één van de geleidende segmenten te kunnen opvangen.



Figuur 11: APS-systeem (Novales, 2010)

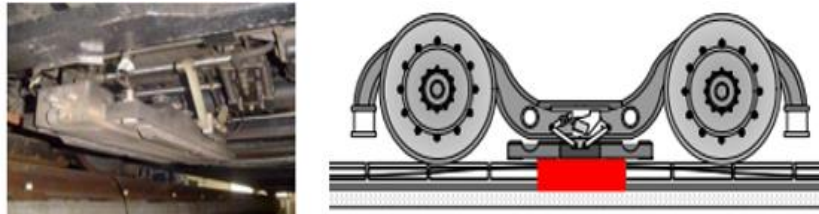
- het Tramwave-systeem¹²:

Het Tramwave-principe van het Italiaanse Ansaldo (dat intussen werd overgenomen door het Japanse Hitachi-rail) lijkt in principe zeer sterk op het zonet besproken APS-principe. Opnieuw wordt er immers gewerkt met een derde rail als primaire bron en enkele batterijen als 'back-up' voor het opvangen van kleine defecten. In tegenstelling tot APS is er hier echter geen sprake van een elektronische segmentatie, maar wordt er daarentegen uitgegaan van een *mechanisch gesegmenteerde derde rail*.

Hoewel er bij het Tramwave-systeem dus eveneens gewerkt wordt met een in het wegdek ingebouwde derde rail, zit het verschil met APS in de manier waarop een bepaald railsegment onder spanning wordt geplaatst. Ook hier is er weliswaar sprake van een contactpunt onderaan de tram dat mooi over de derde rail schuift, maar de activatie van het juiste segment gebeurt nu niet langer elektronisch. Het contactpunt onderaan de tram bevat namelijk magneten. Deze zorgen ervoor dat een flexibele kabel, die in de (binnenin uitgeholde) derde rail is ingebouwd, wordt aangetrokken tot tegen de bovenste zijde van de rail (figuur 12).

¹² Productpresentatie Tramwave, Ansaldo, <http://www.dcstreetcar.com/wp-content/uploads/2014/08/Section-D-Part-5-610-722-pagesred.pdf>

Enkel wanneer de ingebouwde kabel contact maakt met deze bovenkant wordt voor dat segment de elektrische kring gesloten en komt er een spanning te staan op het railsegment. De onder spanning geplaatste sectie is hierbij nooit langer dan 1,5 m en blijft dus ook altijd veilig onder de tram verborgen. Beweegt de tram zich immers verder dan verdwijnt de aantrekkingskracht van het magnetische contactpunt en valt de flexibele kabel automatisch terug op de bodem van de rail, waardoor dus ook de spanningslus verbroken wordt.



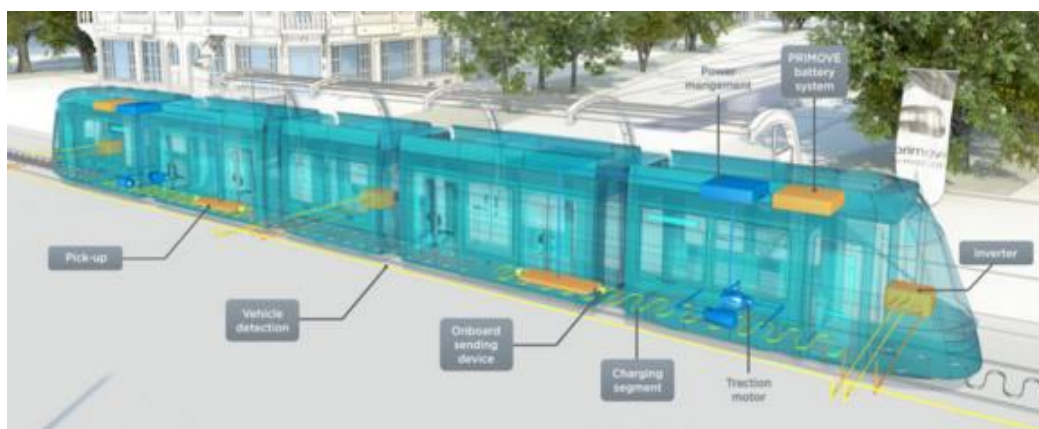
Figuur 12: Tramwave-systeem¹²

- het Primove-systeem¹³:

Een laatste systeem van continue energietoevoer is tenslotte het Primove-systeem van het Canadese Bombardier. Het belangrijkste verschil met APS en Tramwave is dat er hierbij geen zichtbare derde rail aanwezig is. Het gedeelte voor de energietoevoer verdwijnt bij het Primove-systeem namelijk volledig onder de toplaag van het wegdek.

Het werkingsprincipe van Primove is dan ook gebaseerd op inductie, waarbij de elektrische energie tussen twee componenten wordt overgebracht zonder dat hierbij sprake is van fysiek contact tussen deze componenten. Dit betekent dat er in het wegdek een kabel wordt ingebouwd die een elektrische stroom door een spoelt stuurt. De (veranderlijke) stroom in deze spoel zorgt voor de opwekking van een magnetische flux, die het op zijn beurt dan mogelijk maakt om in een tweede spoel, die wordt ingebouwd in de tram, een spanning op te wekken. De energie wordt dus overgebracht door gebruik te maken van een magnetisch veld, zonder dat er echt fysiek contact is tussen de energiebron en de verbruiker (figuur 13).

Ook bij het Primove-systeem is er overigens weer een bijkomende ('back-up') energieopslag voorzien, waarvoor door Bombardier logischerwijs het eigen MITRAC-systeem wordt aangewend.



Figuur 13: Primove-systeem¹³

¹³ Productpagina Primove, Bombardier, <http://primove.bombardier.com/applications/tram.html>

Nu de verschillende opties qua aandrijving bij trams zijn opgesomd, valt het tot slot nog op te merken dat er voor trams blijkbaar uitsluitend elektrische aandrijvingsopties beschikbaar zijn. De keuze voor deze energiebron (en dus het wegblijven van de brandstof-optie) is echter niet onlogisch, gegeven het feit dat trams onlosmakelijk met hun infrastructuur verbonden zijn. Deze koppeling met de infrastructuur zorgt er namelijk voor dat het af te leggen traject altijd heel precies valt in te schatten (er is immers slechts één optie, de weg van de rails) en dat bijgevolg ook de vereiste ruimtelijke flexibiliteit zeer beperkt is. Het belangrijke nadeel van de veel beperktere autonomie en de veel kleinere verbruiksmarge bij elektrische voertuigen ten opzichte van brandstofvoertuigen is hierdoor voor tramvoertuigen grotendeels verwaarloosbaar, waardoor voordelen zoals het wegvallen van de lokale uitstoot, een hogere efficiëntie door het niet hoeven meezeulen van grote hoeveelheden brandstof, verminderd brand- of ontploffingsgevaar bij zware ongevallen,... volop hun slag kunnen thuishalen.

3.2.3.2 Busvoertuigen

Voor de busvoertuigen zijn de aandrijvingsopties op te delen in drie overkoepelende groepen. Enerzijds zijn er de brandstofaandrijvingen, anderzijds de volledig elektrische aandrijvingen en daarnaast ook de combinatie van beide, de hybride aandrijvingsvormen. In wat volgt worden de opties die in iedere groep voorkomen opnieuw kort toegelicht (Živanović & Nikolić, 2012).

Brandstofaandrijvingen

- de dieselaandrijving:

Een eerste optie bij de brandstofaandrijvingen is uiteraard weer de meest ‘klassieke’ variant, die zich vertaalt in de vorm van een dieselaandrijving. Dergelijke aandrijvingsmethode is in feite even oud als de bus zelf. Wel hebben er door de jaren heen natuurlijk enorme evoluties plaatsgevonden in verband met de efficiëntie van de gebruikte motoren en de daaraan verbonden strengere emissiestandaarden (beter bekend als de Euro V, Euro VI,... -normen).

- aardgas of CNG (‘Compressed Natural Gas’):

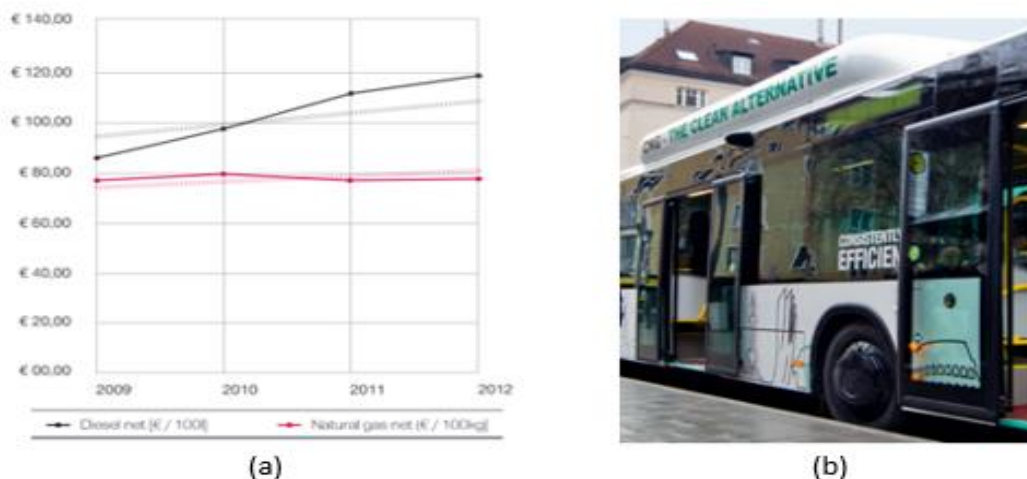
Onder impuls van de strengere emissiestandaarden en daarnaast ook mede door de sterke stijging van de dieselprijs¹⁴ door de toenemende problematiek van de steeds kleiner wordende oliereserves wereldwijd (figuur 14a), werd in recente jaren echter ook de optie van aardgas- of CNG-aandrijvingen (figuur 14b) voor heel wat constructeurs een aantrekkelijk alternatief om verder te ontwikkelen. Gevolg is dan ook dat in de huidige gamma’s van heel wat constructeurs ook de CNG-optie zijn doorgang heeft gevonden.

Volledig elektrische aandrijvingen

- de trolleybus:

Worden vervolgens de volledig elektrische aandrijvingen bekeken, dan is de eerste optie opnieuw een meer ‘klassieke’ variant, met name de trolleybus. Het principe is vrij analoog aan de klassieke tramaandrijving. Er wordt immers gewerkt met een elektrische bovenleiding en een stang bovenop de bus die hiervan de benodigde energie opneemt (figuur 15).

¹⁴ Productpagina van bus met CNG-aandrijving, MAN, <http://www.bus.man.eu/nl/nl/stadsbussen/man-lions-city-cng/overzicht/Overzicht.html>



Figuur 14: (a) Evolutie aardgas- en dieselprijs¹⁴, (b) Bus met CNG-aandrijving



Figuur 15: Trolleybus

- de batterij en/of supercondensator:

Alternatieven voor de vereiste bovenleiding bij trolleybussen worden dan logischerwijs (en opnieuw zoals bij de tram reeds in detail besproken) teruggevonden in de vorm van een energieopslag aan boord met behulp van batterijen en/of supercondensatoren. Heel wat namen en principes die bij de tramopties reeds werden besproken worden ook hier teruggevonden. Een mooi voorbeeld vormt de Canadese constructeur Bombardier, van wie het MITRAC-systeem en Primove-techniek (weliswaar enkel voor bijladen aan begin- en eindhaltes) door het Vlaamse Van Hool werden gebruikt voor een project met elektrische stadsbussen in Brugge¹⁵. Natuurlijk zijn er daarnaast ook nog heel wat andere en eigen systemen van busconstructeurs (of bedrijven die zich uitsluitend op de busindustrie toespitsen) beschikbaar, maar deze werken altijd zeer gelijklopend en worden dus niet verder in detail besproken.

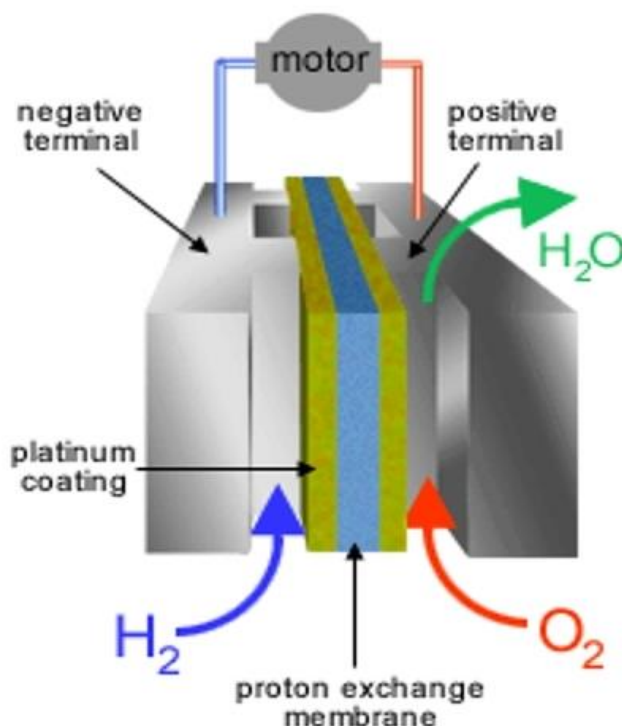
Hybride aandrijvingen (de combinatie van brandstof en elektrisch)

Een laatste groep aandrijvingen is tot slot die van de hybride types. Deze vormen dus een combinatie tussen de eerder besproken groepen van brandstofaandrijvingen en elektrische aandrijvingen in de vorm van batterijen en/of condensatoren.

¹⁵ Persbericht elektrische bussen, De Lijn, https://www.delijn.be/nl/overdelijn/nieuws/bericht/11888_elektrische_bussen

Typisch wordt er voor deze groep nog een **opdeling** gemaakt in **gewone hybrides** en **plug-in hybrides**. Bij de eerste groep wordt het elektrische deel in principe enkel aangewend om energie die bij het remmen en stoppen aan een halte wordt gerecupereerd opnieuw te gaan gebruiken bij het vertrek aan die halte. Eens op snelheid neemt dan de gewone brandstofmotor het opnieuw over om de afstand naar de volgende halte te overbruggen. De groep van de plug-in hybrides heeft daarentegen een grotere opslagcapaciteit en de bijkomende optie om deze aan de begin- en eindhalte in relatief korte tijd volledig te gaan opladen. Eens op snelheid is er dan ook nog (minstens voor een aanzienlijke tijd) voldoende elektrische energie over, om ook voor deze delen van het traject zonder brandstofmotor verder te kunnen.

Een logische combinatieoefening tussen de brandstofaandrijvingen en elektrische aandrijvingen leert dat in hoofdzaak de **diesel-elektrische variant** (of dieselhybride) en de **CNG-elektrische variant** (of CNG-hybride) zullen voorkomen. Toch valt er daarnaast nog een derde hybride variant te onderscheiden. Dit is de **HFC-elektrische** ('Hydrogen Fuel Cell') **variant**, die vaak ook als waterstofhybride wordt aangeduid. De HFC of waterstofcel is een brandstofcel waarbij de chemische energie die vrijkomt bij de elektrolytische reactie tussen waterstof (de brandstof) en zuurstof (opgenomen uit de lucht) wordt omgezet naar elektrische energie (figuur 16). In principe is een aandrijving die uitsluitend gebruik maakt van een waterstofcel dan ook perfect mogelijk, maar gegeven het feit dat deze sowieso op een elektrische motor wordt aangesloten ligt het voor de hand om hieraan ook altijd een extra batterijsysteem toe te voegen voor de recuperatie van energie bij het remmen. Een waterstofcel komt daarom in de praktijk quasi uitsluitend voor in de vorm van een (zuinigere) waterstofhybride, wat meteen ook de reden vormt dat deze enkel bij de hybrides en niet bij de brandstofaandrijvingen werd opgenomen.



Figuur 16: Principe waterstofcel

3.2.4 Evaluatie aan de hand van voor- en nadelen

Met aandacht voor de Leuvense HOV-context, zal de opsomming van opties uit delen 3.2.1 tot 3.2.3 in dit deel nu verder geanalyseerd worden door voor- en nadelen van de verschillende keuzemogelijkheden tegen elkaar af te wegen. De focus ligt hierbij in eerste instantie op de technische haalbaarheid en het gebruiksgemak en veel minder op de financieel economische vergelijking, maar uiteraard gaan prijs en kwaliteit vaak hand in hand en dienen belangrijke kostprijsverschillen waar nodig toch minstens ook vermeld te worden.

3.2.4.1 Type materieel

a) Railgebonden of niet?

Zoals in de methodologische beschrijving van 2.1 reeds werd aangegeven en toegelicht is het niet de bedoeling om uiteindelijk een antwoord te gaan leveren op de vraag of een tram dan wel een bus de absolute voorkeur geniet voor de bediening van de nieuwe HOV-as. In wat nog volgt wordt (net als in wat reeds vooraf ging) het selectieproces dan ook afzonderlijk en naast elkaar voor enerzijds de tramvoertuigen en anderzijds de busvoertuigen uitgevoerd. Toch betekent dit niet dat er over dit complexe keuzeprocess helemaal niets gezegd kan worden.

Een belangrijk debat dat in dit keuzeprocess immers (los van de economische context) ook zeker zijn plaats heeft is de vertaling van deze keuze tussen tram en bus naar het nadenken rond en stilstaan bij de voor- en nadelen van een al dan niet railgebonden vervoersmodus. Hét fundamentele onderscheid tussen tram en bus situeert zich namelijk in het feit dat een tram wél onlosmakelijk railgebonden is (zei het aan één dan wel aan twee rails), daar waar dit voor een bus typisch niet het geval is. Een kort overzicht van de voor- en nadelen van railgebondenheid is hier dus zeker op zijn plaats. **Tabel 1 levert hiervan het schematische besluit.**

Voordelen railgebondenheid

De voordelen van een railgebonden vervoersmodus zijn samen te vatten in de termen ‘herkenning’ en ‘permanentie’.

De term ‘herkenning’ duidt hierbij op de snelle visuele herkenbaarheid in het straatbeeld. Het komt er hierbij op neer dat in welke straat een bepaald persoon zich ook bevindt er simpelweg maar naar het wegdek hoeft gekeken te worden om meteen het uitsluitsel te krijgen of er een tramvoertuig zal passeren. Ook het vinden van de dichtstbijzijnde halte is dan zo eenvoudig als het volgen van de rails, daar waar dit (in een onbekende omgeving) bij busvoertuigen soms veel minder eenvoudig zal zijn. Bovendien biedt deze herkenbaarheid aan de halte ook een soort van mentale rust doordat perfect duidelijk is waar het voertuig zal passeren en halt houden.

Ook de ‘permanentie’ is daarnaast een interessant voordeel in het winnen van het reizigersvertrouwen. Dit uit zich in het feit dat, eens aangelegd, het bij railgebonden voertuigen veel zekerder zal zijn dat de lijn en haar traject er lange tijd hetzelfde zullen uitzien. De route en dienstregeling van een niet-railgebonden voertuig is immers veel sneller afgeschaft, aangepast of hertekend dan dit voor railgebonden voertuigen het geval zal zijn. Ook in de zin van tijdelijke aanpassingen zoals omleidingen bij wegenwerken is dit een belangrijk element. Het gegeven dat een railgebonden verbinding niet zomaar om te leiden valt komt de standvastigheid en betrouwbaarheid van de dienstregeling dan ook bijkomend ten goede. Zeker bij een eventuele keuze voor het centrumtracé doorheen de Leuvense stadskern, waar, alleen al in het kader van evenementen, een tijdelijke omleiding vaak snel wordt ingelegd, kan dit een interessante overweging zijn.

Nadelen railgebondenheid

Het belangrijkste en meest voor de hand liggende nadeel van een railgebonden voertuigkeuze is uiteraard de hogere investeringskost qua infrastructuur.

Andere nadelen zijn daarnaast ook het valgevaar voor zwakke weggebruikers en de beperkte wendbaarheid. Hoewel er door de jaren heen al heel wat aanpassingen qua railontwerp zijn uitgevoerd om bijvoorbeeld het tussen de rails gekneld geraken van fietswielen te voorkomen, creëert de metalen uitvoering van een railinfrastructuur bij nat weer of vrieskou vaak gevaarlijk gladde situaties. Ook de beperkte wendbaarheid in de zin van de onmogelijkheid om uit te wijken kan een bijkomend risico met zich meebrengen. Het is met railgebonden voertuigen namelijk niet mogelijk om blokkades (bv. een vrachtwagen die ongelukkig gepositioneerd staat te laden of lossen, een voetganger of fietser die plots en onverwacht voor het voertuig terecht komt,...) te omzeilen. Opnieuw geldt dus dat, zeker voor een centrumroute door de Leuvense stadskern en het daarbij voorziene gemengd verkeer van fietsers en OV indachtig (zie 1.1.2), dit gladheids- en uitwijkrisico een belangrijke overweging kan zijn.

Tabel 1: SAMENVATTING – Railgebonden of niet?

<u>VOORDELEN railgebondenheid</u>	<u>NADELEN railgebondenheid</u>
<ul style="list-style-type: none"> - Visuele herkenbaarheid ('herkenning') - Standvastigheid en betrouwbaarheid van de dienstregeling ('permanentie') 	<ul style="list-style-type: none"> - Investeringskost - Valgevaar - Onmogelijkheid tot uitwijken

b) Klassieke tram ('metalen wielen') of tram op banden ('rubberen wielen')?

Wordt er nu enkel op de groep van tramvoertuigen toegespitst, dan ontstaat er een keuze tussen enerzijds het type van de klassieke tram en anderzijds het type van de tram op banden. Ook hier zijn er weer enkele belangrijke voor- en nadelen die ten opzichte van elkaar moeten afgewogen worden. Bekeken vanuit het perspectief van de klassieke tram geeft dit dan onderstaand overzicht, dat opnieuw als een **schematisch besluit** wordt weergegeven in **tabel 2** en daarnaast ook bijkomend genuanceerd wordt in de daaropvolgende alinea.

Voordelen klassieke tram

De voordelen van de klassieke tram liggen voornamelijk in een drietal elementen:

- een lager energieverbruik bij het rijden aan constante snelheid op een relatief vlakke weg (rubberen banden op een wegdek en een groter totaal aantal wielen leveren meer contactpunten en een hogere wrijvingsweerstand dan bij metalen wielen op metalen rails)
- een kleinere kans op ontsporing (in tegenstelling tot de tram op banden, waarbij de centrale wielen sturen en de rubberen banden het grootste deel van het gewicht dragen, wordt het voertuiggewicht bij de klassieke tram gedragen op dezelfde as die ook de sturing bepaalt)
- een kleinere kans op het ontstaan van nog onbekende problemen (de klassieke tram biedt een veel matuurdere en dominantere technologie in vergelijking met de tram op banden; zo is bijvoorbeeld de totale levensduur van een bandentram nog veel onzekerder en moeilijker in te schatten dan die van een klassieke tram)

Nadelen klassieke tram

Anderzijds heeft de klassieke tram in vergelijking met de tram op banden ook wel enkele belangrijke nadelen:

- een maximale snelheid die minder lang kan worden aangehouden en een kleinere maximale hellingsgraad die kan worden overwonnen (de kleinere wrijvingsweerstand en lagere hoeveelheid grip vertaalt zich bij de klassieke tram in een lager vermogensrendement op een helling en een langere optrek- en remafstand bij het versnellen en afremmen; bovendien moet er bij de klassieke tram ook zand aan boord van het voertuig worden meegenomen om, via lozing van dit zand voor de wielen van het voertuig, de remafstand aanvaardbaar te houden)
- een mindere wendbaarheid in de bochten (de enkele rail van de bandentram maakt het mogelijk om met een scherpere bochtstraal te werken)
- een hogere investeringskost voor de aanleg van rails (dubbel zoveel rail voor de klassieke tram maakt dit een duurdere optie; wel moet er hierbij ook rekening gehouden worden met het feit dat bij de bandentram het wegdek onder de wielen eveneens een extra investering vraagt, aangezien er altijd op exact dezelfde strook gereden wordt en deze dus sneller kan gaan slijten)

Tabel 2: SAMENVATTING – Klassieke tram of tram op banden?

<u>VOORDELEN klassieke tram</u>	<u>VOORDELEN tram op banden</u>
<ul style="list-style-type: none"> - lager energieverbruik op vlakke weg - kleinere kans op ontsporing - kleinere kans op ontstaan van voorlopig nog onbekende problemen 	<ul style="list-style-type: none"> - langer aan te houden max. snelheid - hogere waarde van max. hellingsgraad - betere wendbaarheid in bochten - lagere investeringskost voor rails

Gekaderd in de concrete context van de as Diest-Leuven-Tervuren valt dan ook te besluiten dat beide voertuigtypes hun sterktes en zwaktes hebben. Zo kunnen de grote totale afstand (+/- 50 km) en de HOV-karakteristiek van het geringer aantal haltes, voor de klassieke tram, het voordeel van het lagere energieverbruik bij rijden aan constante snelheid extra in de hand werken en ook de impact van het nadeel van de lagere optrek- en afremsnelheden relatief minder belangrijk maken. Anderzijds kan de tram op banden dan weer mogelijks profiteren van de betere vermogensefficiëntie op de kleine heuvelruggen van het glooiende landschap tussen Diest en Leuven en kan ook een gering voordeel in infrastructuurkosten per km over het totale traject al gauw uitmonden in grote verschillen. Welke optie er uiteindelijk, over zijn totale levensduur en met inachtnaam van alle factoren, het meest efficiënt zal blijken is bijgevolg dus niet eenvoudig vast te stellen en vereist een veel diepgaandere analyse dan binnen de context van deze thesis mogelijk is. Om die reden kan dan ook geen uitgesproken voorkeur worden aangetoond en zullen de beide tramopties in wat volgt nog verder worden meegekomen.

c) Klassieke bus of trambus (bus met tramkarakteristieken)?

De keuze tussen een klassieke bus of bus met uitgesproken tramkarakteristieken valt op zich tamelijk bondig samen te vatten (**zie ook tabel 3**). Het essentiële verschil tussen beide voertuigtypes is namelijk vooral een verschil in externe vormgeving en in intern design en comfort. De belangrijkste verschilpunten situeren zich dan ook veel minder in voertuigtechnische aspecten. Uiteraard wordt er bij trambussen ook altijd wel nog extra ingezet op het zo perfect mogelijk uitbouwen van elementen zoals rijcomfort, maar heel deze 'high-end' uitvoering vertaalt zich logischerwijs in een duurdere prijs.

Tabel 3: SAMENVATTING – Klassieke bus of trambus?

<u>VOORDELEN klassieke bus</u>	<u>VOORDELEN trambus</u>
Lagere investeringskost/voertuig	Meer 'high-end' uitvoering in termen van comfort en busdesign

Welk van beide types uiteindelijk de voorkeur geniet zal bijgevolg vooral afhankelijk zijn van de beschikbare budgetten en de persoonlijke kijk van de exploitant op de vraag of het extra comfort van een trambus zijn meerkost (een bedrag waarover voorlopig helaas niet publiek gecommuniceerd wordt) waard kan zijn. Natuurlijk spreekt het daarbij wel voor zich dat, denkend in het kader van een nieuwe HOV-as, de H van hoogwaardigheid in principe het best door de 'high-end' trambus zal worden ingevuld.

3.2.4.2 Sturing

a) Geleide bus of niet?

Zuiver conceptueel bekeken zijn er voor het idee van een geleide bus wel een aantal voordelen aan te halen. Dergelijke systemen kunnen het bijvoorbeeld mogelijk maken om smallere secties vlotter te passeren, doordat, omwille van het goede traject dat in feite op voorhand reeds vastligt, hier een hogere snelheid kan worden aangehouden. Ook het halt houden op een perfecte tussenafstand van de rand van een (verhoogd) perron kan hierdoor een stuk vlotter en preciezer verlopen. Naast de vlottere passage aan haltes en smalle secties kan daarnaast ook de werklastvermindering voor de chauffeur nog een bijkomend voordeel zijn. Door de hulp van een geleidingssysteem wordt het immers mogelijk om tijdens het rijden ook (in beperkte mate) met andere dingen (zoals bijvoorbeeld de betaling van een vervoersbewijs, een vraag van een reiziger,...) bezig te zijn, zonder dat hierbij de stuurtaak wordt verwaarloosd. Bovendien gaan ook de incentive om zo veel mogelijk van dit systeem gebruik te maken en het gegeven om zo veel als mogelijk in te zetten op eigen beddingen hand in hand.

Denkend in het kader van gebruiksgemak, loont het dus zeker de moeite om de verschillende geleidingsopties nog verder te evalueren (sectie b) op technische haalbaarheid en bewezen successen. Wel geldt er natuurlijk nogmaals dat de keuze voor het implementeren van een geleidingssysteem een onvermijdelijke meerkost met zich zal meebrengen en dus dient deze kost dan ook opnieuw tegen de besproken voordelen te worden afgewogen. Bovendien kan door dergelijke geleidingssystemen ook het gevaar ontstaan van een vals gevoel van veiligheid bij de busbestuurder en is de combinatie met recente ontwikkelingen rond automatische noodstopsystemen onontbeerlijk.

b) Welke geleide optie(s) geniet(en) de voorkeur?

Wanneer er voor gekozen wordt de optie van een geleide bus te overwegen, is het interessant om weten welk van de in 3.2.2.2 besproken systemen de voorkeur geniet.

Een korte analyse leidt dan al gauw tot de conclusie dat enkele van deze geleide opties in de praktijk niet meteen een groot succes zijn gebleken. Zo is het **TVR-systeem** (centrale rail), na herhaaldelijke problemen (ontsporingen, loskomende onderdelen,...) in steden als Caen en Nancy (Bourget & Labia, 2010), door producent Bombardier **tot nader order uit productie gehaald**. Daarnaast geldt voor het **FROG-systeem** (magnetische geleiding) dat de **enige producent** en bijhorend voertuigmodel dat hiervan gebruik maakte (zijnde de Phileas van het Nederlandse APTS (een dochteronderneming van VDL) - figuur 17), intussen, omwille van steeds oplopende kosten, **failliet werd verklaard**¹⁶. Beide systemen hebben hun beloftevolle toekomstbeeld dus niet kunnen waarmaken.

¹⁶ Persbericht faillissement APTS, ED.nl, <http://www.ed.nl/economie/phileas-ontwikkelaar-aps-helmond-failliet-1.4644816>



Figuur 17: Phileas-bus in het Franse Douai

De twee andere opties, het KGB-systeem (geleiding via zijwieltjes) en het Optiguide-Optiboard-systeem (optische geleiding), zijn daarentegen wel nog beschikbaar. Wordt, binnen de context van de geplande HOV-lijn, echter nagedacht over de praktische haalbaarheid van het **KGB-systeem**, dan is al gauw duidelijk dat ook dit systeem, omwille van **problemen qua oversteekbaarheid**, geen realistische optie zal vormen. Zowel een aanleg aan de zijkant van de steenweg als centraal op de steenweg vereist immers aan iedere zijstraat, oprit van een handelszaak,... een onderbreking van de verhoogde randen en doet de functionaliteit en voordelen van dit systeem totaal teniet. Het KGB-systeem kan dan ook enkel een succes zijn voor lange autowegen met nauwelijks een afslag (die in het buitenland wel regelmatig eens voorkomen, maar in het dichtbebouwde Vlaanderen haast nergens terug te vinden zijn).

De enige optie die dus overblijft, is het **Optiguide-Optiboard-systeem** van Siemens. Hoewel dit systeem voorlopig slechts in één voertuigmodel, de Iveco Crealis, wordt aangeboden, blijkt het toch een goed functionerende oplossing te zijn, met vrij **succesvolle implementaties** in onder andere het Franse Rouen, het Italiaanse Bologna en het Spaanse Castellón (figuur 18). **Ook financieel** is het overigens, relatief bekeken, de **interessantste optie**, aangezien het schilderen van lijnen in principe veel minder kostelijk uitvalt dan het voorzien van verhoogde randen of het inbouwen van magneten of een centrale rail. Eén van de enige probleempunten blijkt dan ook eventuele sneeuwval te zijn, maar het feit dat het Optiguide-Optiboard-systeem indien nodig altijd zonder moeite kan uitgeschakeld worden en de Vlaamse wegen hooguit één à twee weken per jaar met een sneeuwlaag bedekt zijn, maakt dit een tamelijk verwaarloosbaar nadeel. De uiteindelijke evaluatie naar technische haalbaarheid is voor dit laatste systeem dan ook overwegend positief en **de conclusie luidt dus dat, wanneer er voor een geleide bus geopteerd wordt, het Optiguide-Optiboard-systeem de beste (en enige) optie vormt.**



Figuur 18: Crealis-bus met Optiguide-Optiboard in het Spaanse Castellón

3.2.4.3 Aandrijving

a) Trams: welke aandrijvingsoptie(s) geniet(en) de voorkeur?

Wanneer er in de literatuur (Novales, 2010; Systra, 2012; Griffiths, 2012) naar evaluaties van aandrijvingsopties voor trams wordt gekeken, dan zijn er typisch een drietal terugkerende vragen waarop een antwoord wordt gezocht. Een eerste vraag, de meest algemene, is de vraag of aandrijvingen zonder bovenleiding een volwaardig alternatief kunnen bieden en wat dan de voordelen zijn die hiermee verbonden zijn. Binnen de aandrijvingsopties zonder bovenleiding situeert zich vervolgens dan de tweede vraag. Hierbij wordt getracht te beantwoorden welk type alternatief, de continue energietoevoer via de grond dan wel de tijdelijke energieopslag aan boord, het interessantst is. Tot slot is er dan ook nog een derde vraag, waarbij er voor beide types de vraag wordt gesteld welk specifiek systeem de voorkeur wegdraagt. De antwoorden die hierop in het aangehaalde bronnenmateriaal worden geformuleerd, zullen in wat volgt nu één voor één (en gekaderd in de context van de HOV-as Diest-Leuven-Tervuren) kort worden samengevat.

- *Kunnen aandrijvingen zonder bovenleiding een interessant alternatief vormen?*

Zoals reeds werd aangehaald, vormen aandrijvingsopties zonder bovenleiding, omwille van de significante meerkost en het soms beperkte bereik (in het geval van energieopslag aan boord), in principe enkel een interessante optie om op bepaalde delen van een totaal traject te gaan toepassen. Dergelijke deeltrajecten zijn die plaatsen waar één van volgende voordelen van een systeem zonder bovenleiding volop tot uiting kunnen komen:

- een reductie van de visuele hinder
- een reductie van de hoogtebeperkingen voor het vermijden van obstakels zoals een lage doorgang onder een brug
- een reductie van de problemen voor veiligheidsdiensten (voornamelijk brandweer), om snel en gericht te kunnen ingrijpen, omwille van een in de weg hangende bovenleiding

Vooraf bij passages door dichtbebouwde gebieden met weinig spelingsruimte kan een aandrijving zonder bovenleiding dus zeker van nut zijn. Binnen de context van de nieuwe HOV-as zijn er dan ook enkele locaties denkbaar (zoals bijvoorbeeld een eventuele passage door het Leuvense centrum, de passage door Kessel-Lo,...) die hiervoor in aanmerking komen. Er kan bijgevolg besloten worden dat het voor deze systemen de moeite loont om ze nog verder op gebied van voor- en nadelen met elkaar te vergelijken.

- *Gaat de voorkeur uit naar een systeem met energietoevoer via de grond of een systeem met tijdelijke energieopslag aan boord?*

Vanuit het perspectief van het gebruiksgemak en de technische zekerheid is de keuze tussen een continue energietoevoer via de grond of tijdelijke energieopslag aan boord vrij eenvoudig te maken. De continue energietoevoer biedt immers het voordeel dat het gevaar op stilvallen tussen twee haltes, door het herhaaldelijk moeten afremmen of stoppen voor onverwachte hindernissen, vele malen kleiner is dan voor een systeem van energieopslag aan boord. Ook het lagere gewicht omwille van de veel kleinere opslagcapaciteit (die immers enkel dient als 'back-up'), biedt een bijkomend voordeel qua verbruik, dat vooral ook voor de stukken waar wel met een bovenleiding wordt gewerkt kan gaan doorwegen. Een derde voordeel is daarnaast ook het feit dat de haltetijden altijd tot een minimum (de tijd van in- en uitstappen) kunnen worden beperkt, doordat er niet extra hoeft gewacht te worden wanneer dit minder lang blijkt te duren dan het voldoende bijladen van de energieopslagsystemen.

Tot slot biedt het specifieke gebruik van batterijen of supercondensatoren als ‘back-up’ nog het voordeel dat in meerdere praktijkcases reeds werd vastgesteld dat de vereisten rond piekverbruik hierdoor kunnen teruggeschoefd worden. Dit is immers mogelijk door op momenten van laag verbruik wat energie in het opslagsysteem achter de hand te houden en deze als aanvullende bonus te gaan inzetten op momenten van hoog verbruik.

Hoewel de voordelen van een continue energietoevoer via de grond als meest aangewezen alternatief voor een bovenleiding dus tamelijk talrijk zijn, is er wel, zoals zo vaak, opnieuw het tegenargument van de investeringskost. Omdat de beschikbare budgetten of een diepgaandere financieel-economische analyse dit alternatief mogelijks als onhaalbaar of minder aangewezen kunnen bestempelen, is het daarom niet oninteressant om daarnaast toch ook de beste opties binnen het segment van de systemen met energieopslag aan boord (dat op zichzelf uiteraard eveneens nog altijd een interessant en goed werkend alternatief voor de klassieke bovenleiding vormt) nog verder te onderzoeken en mee te nemen in dit verhaal.

- ***Welk specifiek systeem draagt voor elk van beide types de voorkeur weg?***

De laatste vraag die tot slot nog beantwoord dient te worden, is de vraag welk specifiek systeem voor elk van beide aandrijvingstypes zonder bovenleiding de voorkeur geniet. **Het antwoord op deze vraag geeft aanleiding tot onderstaand overzicht en wordt uiteindelijk ook schematisch samengevat in tabel 4.**

Voor de *continue energietoevoer via de grond* zijn er in totaal drie verschillende systemen beschikbaar (APS, Tramwave en Primove). Van deze drie opties is het APS-systeem waarschijnlijk de meest robuuste optie, met de succesvolle implementatie op Citadis-trams in Bordeaux (figuur 19) als goed voorbeeld. Hier wordt immers al meer dan 10 jaar het APS-systeem toegepast, wat maakt dat er, voor zowat alle kinderziektes die het systeem aanvankelijk nog had, intussen een geschikte oplossing werd gevonden.

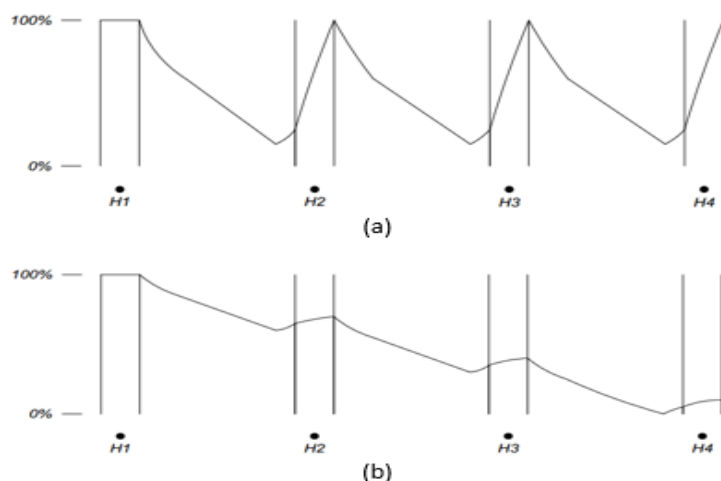


Figuur 19: Citadis-tram met APS in het Franse Bordeaux

Dit vormt dan ook meteen de grootste zwakte van het veel recentere Primove-systeem. Hoewel hierbij in testsituaties ook goede resultaten naar voren komen, is er voorlopig immers nog nergens een real-life implementatie van dit systeem terug te vinden. Zo zijn mogelijke bedenkingen bij het systeem, zoals bijvoorbeeld de levensduur van het wegdek (dat omwille van de inductie immers niet gewapend mag zijn) in combinatie met ander (zwaar) verkeer, nauwelijks te toetsen aan de praktijk. Anderzijds biedt de Primove-technologie dan wel weer het voordeel dat deze volledig in het wegdek kan worden weggewerkt en zijn er op zich ook geen bewezen probleempunten aan te halen, waardoor het systeem wel nog altijd als een mogelijks geschikt alternatief kan worden meegenomen. De derde optie is tot slot dan nog het Tramwave-systeem van Ansaldo. Hiervoor dient in hoofdzaak echter rekening te worden gehouden met een belangrijke bedenking rond de toekomst van het systeem. Door de

momenteel nog maar net afgeronde overname van Ansaldo door Hitachi Rail¹⁷, is de verdere toekomst van het bedrijf (en dus ook het Tramwave-systeem) nog hoogst onduidelijk. Zolang deze onduidelijkheid niet in een eenduidige nieuwe toekomstvisie en bedrijfsstructuur is uitgemond, lijkt het dan ook allerm minst aangewezen om deze optie verder in overweging te nemen voor een nieuw aan te leggen HOV-as. Om die reden wordt het Tramwave-principe, specifiek voor deze tekst, dan ook niet langer als een mogelijke optie meegenomen.

De concrete systeemkeuze bij een *tijdelijke energieopslag aan boord* valt op te delen in twee verschillende opties. Het gaat hierbij in de praktijk om een keuze tussen enerzijds systemen met voornamelijk supercondensatoren (en daarnaast vaak een kleine batterij in ‘back-up’) of anderzijds systemen met uitsluitend batterijen. Op technisch vlak geniet een systeem met voornamelijk supercondensatoren hier de duidelijke voorkeur. In vergelijking met batterijen kunnen supercondensatoren namelijk veel sneller worden opgeladen (en hebben ze ook een véél langere levensduur in termen van laadcycli). Dit heeft tot gevolg dat, bij een typische voorbeeldimplementatie van beide energieopslagsystemen, het verloop van het energieniveau er gaat uitzien zoals in figuur 20.



Figuur 20: Vergelijking van energieverloop bij aandrijving met (a) supercondensatoren en (b) batterijen, voor een voorbeeldsituatie met vier opeenvolgende haltes zonder tussenliggende bovenleiding

In figuur 20 wordt het energieverloop van een opslagsysteem met voornamelijk supercondensatoren (figuur 20a) vergeleken met het energieverloop van een systeem met uitsluitend batterijen (figuur 20b). De beide deelfiguren tonen hierbij de (theoretisch geïdealiseerde en vereenvoudigde) weergave, voor een traject waarbij vier opeenvolgende haltes (uiteraard zonder bovenleiding) met elkaar worden verbonden. Uit figuur 20 wordt enerzijds al snel duidelijk dat een systeem met supercondensatoren, in vergelijking met een batterijsysteem, veel eenvoudiger over een relatief lange afstand (maar weliswaar met korte afstanden tussen opeenvolgende haltes) kan worden toegepast, doordat er hierbij, in tegenstelling tot een batterijsysteem, geen verhoging van de maximale opslagcapaciteit zou nodig zijn. Daarnaast zal ook de absolute capaciteit die kan worden opgeslagen veel minder groot moeten zijn, wat het gewicht en het verbruik alleen maar ten goede komt. Bijkomend bieden de supercondensatoren bovendien ook een voordeel bij het zo klein mogelijk houden van de kans op stilvallen door herhaaldelijk vertragen of stoppen voor hindernissen (zoals onoplettende voetgangers of fietsers). De hiervoor in te bouwen capaciteitsmarge zal voor een aandrijving met supercondensatoren (in absolute aantallen) immers kleiner kunnen blijven, doordat de hierbij vrijkomende remenergie (omwille van de snellere laadtijd) veel efficiënter kan worden gerecupereerd.

¹⁷ Persbericht overname Ansaldo, Hitachi Rail, <http://www.hitachi.com/New/cnews/month/2015/11/151102.html>

Tabel 4: SAMENVATTING – Voorkeursopties bij trams, voor systemen zonder bovenleiding

<u>Voorkeur continue energietoevoer via grond</u>	<u>Voorkeur tijdelijke energieopslag aan boord</u>
APS-systeem van Alstom (daarnaast blijft echter ook het Primove-systeem van Bombardier zeker nog de overweging waard)	Systeem met supercondensatoren

b) Bussen: welke aandrijvingsoptie(s) geniet(en) de voorkeur?

Wordt er analoog eenzelfde literatuurstudie uitgevoerd voor de aandrijvingsopties bij bussen, dan blijken redelijk algemene en eenduidige conclusies zoals bij de tramaandrijvingen een stuk moeilijker te formuleren. De beste aandrijvingsoptie voor een bus hangt immers niet alleen af van de precieze eigenschappen van de lijn waarvoor ze ingezet wordt (de trajectlengte, het aantal haltes,...), maar is ook zeer sterk gebonden aan de voorgeschiedenis van de exploitant (eventuele reeds gedane investeringen rond CNG-bijtankvoorzieningen, elektrische laadpunten,...) en kan bovendien ook nog sterk gaan variëren naargelang de tijdscontext (eventuele subsidies voor groenere aandrijvingsvormen, de evolutie van de diesel- en gasprijen,...). Deze typische case- en tijdsgebonden context maakt dan ook dat heel wat literatuur (Živanović & Nikolić, 2012; A Better City, 2014) rond dit onderwerp vooral draait rond onderzoeken en conclusies die al even case- en tijdsgebonden zijn en die bijgevolg maar moeilijk veralgemeend kunnen worden. **Toch zijn er wel ook enkele algemene vaststellingen aan te halen die over verschillende bronnen heen hetzelfde blijken te zijn. Deze worden hieronder dan ook één voor één overlopen en staan uiteindelijk ook schematisch samengevat in tabel 6.**

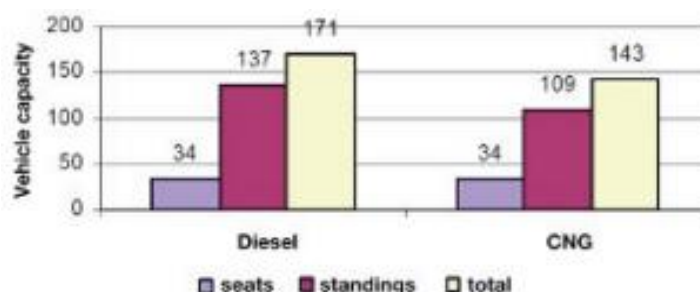
Een eerste vaststelling is zo bijvoorbeeld het feit dat de volledig elektrische aandrijving (o.b.v. batterijen en/of supercondensatoren) en de plug-in hybride, naar de toekomst toe waarschijnlijk de meest beloftevolle technologieën zullen zijn, omwille van de (lokale) emissies die hierbij volledig wegvallen. Voorlopig blijven deze technologieën echter nog vrij beperkt in bereik en enkel toepasbaar op lokale lijnen. Voor interregionale verbindingen over langere afstand, zoals voor de geplande HOV-as het geval is, zijn deze opties dus nog ontoereikend. Bovendien lijkt ook het volledig elektrische alternatief van de trolleybus geen ideale oplossing. De meerkost en negatieve esthetische waarde van de vereiste bovenleiding maakt deze optie in de huidige tijdsgeest in feite enkel nog interessant wanneer ze als aanvulling op reeds aanwezige tramlijnen kan worden geïmplementeerd. Een volledig nieuwe lijn als trolley gaan uitvoeren vormt dan ook niet meteen een goed idee.

Aangezien een volledig elektrische aandrijving (of plugin-hybride) dus geen realistische optie blijkt, zijn de opties die nog overblijven de brandstofaandrijvingen (diesel of CNG) en 'gewone' hybride aandrijvingen (diesel/CNG-elektrisch of waterstofcel-elektrisch). Uit een studie van Finn et al. (2011) kan echter bijkomend worden besloten dat ook de waterstofcel-elektrische aandrijving geen haalbare kaart zal zijn. Hoewel met dit type aandrijving zeker enkele belangrijke voordelen, zoals een laag aantal mechanische onderdelen (gelijk aan een lage onderhoudskosten) en een uitstoot of restproduct uitsluitend bestaande uit zuiver water, verbonden zijn, levert deze aandrijvingstechnologie voorlopig immers nog onvoldoende vermogen om ook een vlotte aandrijving van gelede en dubbelgelede bussen aan te kunnen. De beperking tot uitsluitend bussen van standaardlengte, gecombineerd met de hoge kostprijs per voertuig (tabel 5), maken dan ook dat dit voor een nieuwe HOV-as, waar typisch toch in de richting van hoge capaciteiten zal gedacht worden, nooit de meest rendabele optie zal blijken te zijn.

Tabel 5: Vergelijking van gemiddelde voertuigkosten in Europa (uitgedrukt in een eenheid van € 1000) (Finn et al., 2011)

Propulsion	Standard	Articulated	Double-articulated
Diesel	200	300	600
CNG	250	350	650
Hybrid	300	500	850
Trolley	400	650	1,000
Fuel cell ^a	>1,000	–	–

Voor de tot slot nog resterende keuze tussen diesel of CNG enerzijds en het al dan niet combineren van één van beide brandstofopties met een elektrisch gedeelte in de vorm van een hybride anderzijds, moet er echter worden teruggegrepen naar de opmerkingen rond case- en tijdsgebondenheid en zijn algemeen geldende conclusies rond voorkeursopties (zonder uitgebreide berekeningen die buiten de scope van deze thesis vallen) in feite niet meer te maken. Zo kan bijvoorbeeld de verhouding tussen voordelen (lagere CO₂, NO_x,...-uitstoot, licht goedkopere brandstofprijs,...) en nadelen (voertuigkost (tabel 5), voertuigcapaciteit (figuur 21),...) van CNG ten opzichte van diesel, afhankelijk van specifieke situaties (zoals capaciteitsvereisten, evoluties in brandstofprijs,...) anders gaan uitvallen. Daarnaast geldt eenzelfde conclusie ook bij de afweging van hybride aandrijvingen ten opzichte van de gewone brandstofvarianten, met voordelen voor de hybrides in termen van brandstofverbruik, maar nadelen in termen van kostprijs. Typisch wordt voor de hybride aandrijvingen immers aangenomen dat verbruikswinsten tussen 14% en 48 % (Clark et al., 2009) mogelijk zijn, afhankelijk van de grootte van de afstanden tussen opeenvolgende haltes. Voor de nieuw geplande HOV-as Diest-Leuven-Tervuren is het dan logisch te veronderstellen dat dit (gezien het gering aantal haltes) dicht tegen de 14% zal aanleunen. Of ook dan nog de duurdere investeringskosten zich op termijn in lagere verbruikskosten laten terugbetalen (zoals dit normaal voor stadslijnen met frequente haltes wél kan worden verondersteld) is dus eveneens een moeilijk te beantwoorden vraag.



Figuur 21: Vergelijking tussen diesel- en CNG-aandrijvingen in termen van gemiddelde voertuigcapaciteit (Finn et al., 2011)

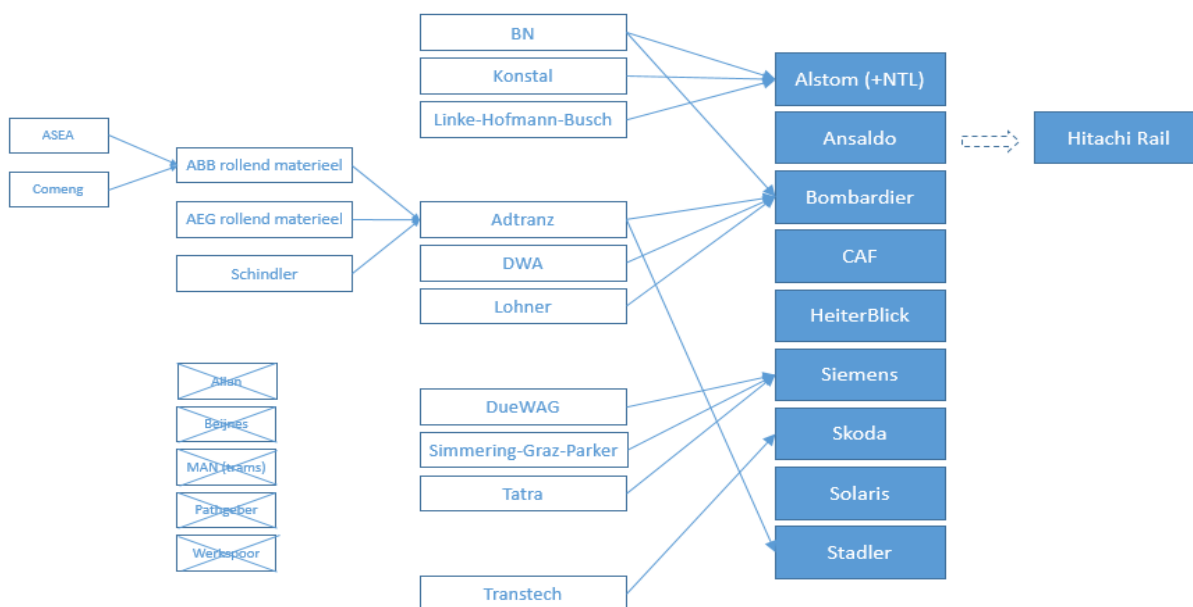
Tabel 6: SAMENVATTING – Voorkeursaandrijvingen bij bussen

Volledig elektrische opties	Batterijen en/of supercondensatoren	Geen optie ; beloftevol naar toekomst, maar voorlopig echter enkel toereikend voor lokale lijnen (**)	
	Trolleyprincipe	Geen optie ; enkel als aanvulling op reeds aanwezige tramlijn	
Hybride opties	Plug-in hybrides	Geen optie ; zelfde conclusie als voor (**)	
	Gewone hybrides	Waterstofcel-elektrisch	Geen optie ; onvoldoende vermogen als aandrijving voor langere bustypes + te hoge investeringskost per voertuig
		CNG-elektrisch	Wél allemaal opties ; een absolute voorkeur is echter moeilijk te bepalen, het case- en tijdsgebonden karakter maakt dat deze keuze niet eenduidig kan vastgelegd worden
Diesel-elektrisch			
Brandstof-opties	CNG		
	Diesel		

3.3 Eerste selectie van voertuigmodellen en fabrikanten

Op basis van het overzicht van mogelijke opties in deel 3.2 en vooral voortbouwend op de evaluatie van voor- en nadelen uit 3.2.4 wordt in dit deel de vertaling gemaakt naar concrete voertuigmodellen en hun fabrikanten. Zo ontstaat dus een eerste selectie die, op basis van technische haalbaarheid en gebruiksgemak in het kader van de as Diest-Leuven-Tervuren, het immense aanbod aan voertuigproducenten en bijhorende modeltypes tracht te herleiden tot een overzichtelijk geheel van meest aangewezen opties (dat uiteindelijk nog meer in detail zal worden bekeken in deel 3.4).

Voor zowel de trams als de bussen is het in eerste instantie dus vooral belangrijk om een overzicht te creëren van zowat alle mogelijke fabrikanten, alvorens de selectie kon worden uitgevoerd. Een duidelijke lijst van alle tram- of busproducenten is echter niet zomaar terug te vinden. Voor de trams werd deze olijsting in eerste instantie opgestart aan de hand van een online wiki over trams¹⁸ en vervolgens gaandeweg verder aangevuld. Figuur 22 geeft hierbij een idee van de historische evolutie (aangezien de levensduur van de huidige nog in dienst zijnde trams soms langer blijkt dan die van hun producenten) en geeft uiteindelijk aanleiding tot de lijst van tabel 7. De olijsting van busfabrikanten gebeurde op basis van een bezoek aan Busworld Kortrijk 2015¹⁹ in Kortrijk Expo, de grootste jaarlijkse beurs rond bussen die tweejaarlijks in Kortrijk georganiseerd wordt. Het resultaat daarvan wordt weergegeven in tabel 8.



Figuur 22: Historische evolutie van voornaamste tramfabrikanten

Tabel 7: Overzicht van voornaamste tramfabrikanten

Overzicht tramfabrikanten		
Alstom (+NTL)	CAF	Skoda
(Ansaldo/Hitachi Rail)	HeiterBlick	Solaris
Bombardier	Siemens	Stadler

¹⁸ Webpagina over tramfabrikanten, Wikia TramWiki, <http://nl.trams.wikia.com/wiki/Categorie:Fabrikanten>

¹⁹ Eventwebsite Busworld Kortrijk, Busworld, <http://kortrijk.busworld.org/>

Tabel 8: Overzicht van voornaamste busfabrikanten

<u>Overzicht busfabrikanten</u>		
Anadolu Isuzu	Mercedes-Benz	Van Hool
BYD	Otokar	VDL
Ebusco	Scania	Vectia
Hess	Sileo	Volvo
Iveco	Solaris	Xiamen Golden Dragon
Lider Trading	Temsa	Xiamen King Long
Man	Unvi	Zhenghou Yutong

Op basis van de voor- en nadelen qua type materieel (3.2.4.1) kan dan eerst en vooral worden besloten dat, van de vier groepen waarin het aanbod aan trams en bussen werd opgedeeld (klassieke tram – tram op banden – klassieke bus – trambus), er op zich geen echte redenen zijn om een bepaalde groep al zeker te schrappen. Wel zal er binnen iedere voertuigengroep op zich een doorgedreven selectie plaatsvinden. Deze is voornamelijk gebaseerd op de evaluaties qua sturing en aandrijving (3.2.4.2 en 3.2.4.3) en de bewezen staat van dienst van zowel de fabrikant als het specifieke model. De gedetailleerde beschrijving van deze selectie wordt in wat volgt echter per specifieke voertuiggroep nog verder uitgewerkt.

3.3.1 Selectie van klassieke tramvoertuigen

Voor de selectie van de klassieke tramvoertuigen (dubbele rail en ‘metalen wielen’) werd er dus vertrokken van de fabrikantenlijst uit tabel 7. Op basis van de evaluatie van de verschillende aandrijvingsopties uit 3.2.4.3a (sturingsopties zijn bij trams immers niet van toepassing) werden hieruit de vier fabrikanten en bijhorende voertuigmodellen van **tabel 9** weerhouden.





De vier weerhouden trams werden gekozen omdat ze toelaten minstens een deel van het traject zonder bovenleiding uit te voeren. De Citadis en Flexity zijn hierbij puur technisch waarschijnlijk het interessantst omwille van de continue energietoevoer via de grond, die het risico op stilvallen zo goed als vermijdt. Alstom’s Citadis maakt hiervoor gebruik van de eigen APS-technologie, de Bombardier Flexity van de eigen Primove-technologie. Wel heeft enkel het APS-systeem van de Citadis nog maar bewezen succesvolle implementaties (zoals bijvoorbeeld in het Franse Bordeaux). De Flexity 2 van Bombardier is in Vlaanderen trouwens ook beter bekend als de ‘Albatros’, die als opvolger van de Hermelijntrams in onder andere Antwerpen en Gent wordt ingezet (zei het hier dus wel mét doorlopende bovenleiding).

Aanvullend werden daarnaast ook de Urbos en Avenio nog aan de selectie toegevoegd. Deze trams beschikken niet over de optie van de continue energietoevoer maar kunnen indien gewenst wel met behulp van energieopslag in supercondensatoren (en bijlading aan de haltes) een gedeelte zonder bovenleiding overbruggen. Natuurlijk zijn er ook bij heel wat andere tramproducenten nog voertuigmodellen die deze service van energieopslag aanbieden, maar het feit dat bij CAF en Siemens de gebruikte opslageenheden volledig van eigen makelij zijn (ACR/Freedrive bij de Urbos en Sitras HES bij de Avenio), geeft de Urbos en Avenio toch een streepje voor. Een volledig eigen productie biedt in principe immers heel wat voordelen voor de robuustheid van het systeem en creëert daarnaast ook een gebrek aan door te schuiven verantwoordelijk bij problemen of defecten. De Urbos heeft bovendien nog een extra pluspunt bij het bijladen aan de halte, aangezien hier zowel via een lokaal stukje bovenleiding als via een systeem in de grond kan worden bijgeladen, een systeem dat momenteel ook succesvol wordt toegepast in het Spaanse Zaragoza (figuur 23).



Figuur 23: Systeem voor bijladen via de grond in het Spaanse Zaragoza

Tabel 9: SAMENVATTING – Geselecteerde klassieke tramvoertuigen

Selectie van klassieke tramvoertuigen		
Fabrikant	Voertuigmodel	Afbeelding
Alstom	Citadis X05 ^{20 21} 23,9 tot 44,6 meter	
Bombardier	Flexity 2 ^{22 23} 31,4 tot 43,5 meter	
CAF	Urbos 100 ²⁴ 18 tot 43 meter	
Siemens	Avenio M ^{25 26} 21 tot 42,5 meter	

²⁰ Brochure Citadis X05, <http://www.alstom.com/Global/Transport/Resources/Documents/brochure2014/Citadis%20-%20Sales%20brochure%20-%20Eng%20-%20Sept%202014%20-%20LD.pdf?epslanguage=en-GB>

²¹ Technische fiche Citadis X05, <http://www.alstom.com/Global/Transport/Resources/Documents/brochure2014/Citadis%20X05%20-%20Product%20sheet%20-%20EN.pdf?epslanguage=en-GB>

²² Brochure Flexity 2, <http://bahnlinz.com/FLEXITY2.pdf>

²³ Technische fiche Flexity 2, <http://s3-eu-west-1.amazonaws.com/storage.prezly.com/a5/3123d0442411e4b84e3517f8b01442/Flexity-2---data-sheet.pdf>

²⁴ Technische fiche Urbos 100, <http://www.modernstreetcar.org/pdf/APTA%20Streetcar%20Carbuilder%20Survey%20Rev%20130117%20Draft%20CAF%20Urbos%20100%25%20LF.pdf>

²⁵ Brochure Avenio M, <http://www.mobility.siemens.com/mobility/global/SiteCollectionDocuments/en/rail-solutions/trams-and-light-rail/avenio-m/avenio-m-broschure-en.pdf>

²⁶ Technische fiche Avenio M, <https://www.mobility.siemens.com/mobility/global/SiteCollectionDocuments/en/rail-solutions/trams-and-light-rail/avenio-den-haag-en.PDF>


3.3.2 Selectie van trams op banden

Binnen de overkoepelende groep van tramvoertuigen zijn er naast de klassieke tramvoertuigen dan ook nog de trams op banden. Van een echte selectie is hier echter geen sprake aangezien er op dit moment slechts één producent (**tabel 10**) van de bandentram bestaat, zijnde NTL (een dochteronderneming van het Franse Alstom). De bandentram van NTL, de Translohr, biedt eveneens de mogelijkheid om op bepaalde delen van het traject, met behulp van condensatoren (Ultracaps) en bijlading in de buurt van de haltes (WiPost-systeem⁷ – figuur 24), zonder bovenleiding te opereren en is daarnaast beschikbaar in zowel een uni-directionele ('SP Prime') als bi-directionele ('STE') variant. De Translohr is bovendien reeds standvastig operationeel in een zestal steden (het Franse Clermont-Ferrand, het Italiaanse Padua,...) en heeft dus ondanks de korte geschiedenis toch al enige referentie opgebouwd.



Figuur 24: WiPost-systeem⁷

Tabel 10: SAMENVATTING – Geselecteerde trams op banden

Selectie van trams op banden		
Fabrikant	Voertuigmodel	Afbeelding
NTL	Translohr ²⁷ SP Prime: 25 tot 32 meter STE: 25 tot 46 meter	

3.3.3 Selectie van klassieke busvoertuigen

Voor de selectie van de klassieke busvoertuigen werd er vertrokken van de fabrikanten uit tabel 8. Aangezien deze lijst echter veel te lang is om alle bijhorende modellen te gaan bekijken, werd deze in eerste instantie tot een lijst van slechts een negental producenten herleid. Deze selectie gebeurde door enkel de producenten met reeds heel wat bewezen staat van dienst in Europa over te houden en bijvoorbeeld enkele kleinere Aziatische fabrikanten of producenten die uitsluitend focussen op een volledig elektrisch gamma (en daardoor enkel voor zuiver stedelijke en niet voor langere interregionale lijnen in aanmerking komen) te schrappen. De op die manier bijgewerkte lijst wordt weergegeven in tabel 11 en bestaat uit vier 'zuivere' busfabrikanten (Hess, Solaris, Van Hool en VDL), aangevuld met nog vijf fabrikanten die ook bussen bouwen, maar in eerste instantie vooral ook bekend zijn van hun vrachtwagen- (MAN, Scania en Iveco) of automodellen (Mercedes-Benz en Volvo).

²⁷ Brochure & technische fiche Translohr, <http://www.alstom.com/Global/Transport/Resources/Documents/brochure2014/Translohr%20-%20Brochure%20-%20English.pdf?epslanguage=en-GB>


Tabel 11: Gereduceerd overzicht van voornaamste busfabrikanten

Gereduceerd overzicht busfabrikanten		
Anadolu Isuzu	Mercedes-Benz	Van Hool
BYD	Ötocar	VDL
Ebusco	Scania	Vectia
Hess	Sileo	Volvo
Iveco	Solaris	Xiamen Golden Dragon
Lider Trading	Temsas	Xiamen King Long
Man	Unvi	Zhengzhou Yutong

Voor elke overgebleven fabrikant in tabel 11 werd vervolgens één voertuigmodel geselecteerd dat het best de conclusies rond sturing en aandrijving (3.2.4.2 en 3.2.4.3b) vervulde en in het kader van de HOV-as tussen Diest en Tervuren de meest hoogwaardige oplossing kon bieden. Wat de sturingsopties betreft werd in 3.2.4.2 geconcludeerd dat enkel een niet-geleide bus of optisch geleide bus de technisch haalbare opties zijn. Aangezien de Optiguide-Optiboard-technologie voor optische geleiding voorlopig echter slechts bij één producent en één specifiek voertuigmodel (de Iveco Crealis) in realiteit wordt geïmplementeerd en dit model uiteindelijk bij de trambussen (zie 3.3.4) werd ingedeeld, zullen in de selectie van de klassieke busvoertuigen enkel niet-geleide types voorkomen.

De uiteindelijke voertuigkeuze per fabrikant (**tabel 12**) is dan ook voornamelijk tot stand gekomen als zijnde het specifieke voertuig dat het best een zo hoog mogelijke capaciteit en de mogelijkheid tot uitvoering in verschillende aandrijvingsmethodes (zowel brandstofsoorten als hybride) met elkaar combineert. Het criterium van de verschillende aandrijvingsmethodes volgt hierbij uit de niet-eenduidig vast te leggen conclusie van deel 3.2.4.3b en de mogelijke aandrijvingsopties staan bij elk voertuigmodel dan ook bijkomend aangegeven. De keuze om daarnaast ook te focussen op bussen met een zo hoog mogelijke capaciteit, is gebaseerd op de (logische) veronderstelling dat deze capaciteitsvereisten in principe zeker nodig zullen zijn om de overstappen naar het HOV vanuit lokale netten uiteindelijk allemaal op deze ene lijn te kunnen bundelen.

Tabel 12: SAMENVATTING – Geselecteerde klassieke busvoertuigen (vervolg op volgende pagina)

Selectie van klassieke busvoertuigen		
Fabrikant	Voertuigmodel	Afbeelding
Hess	O2792 ('lighTram') ²⁸ 24,7 meter Hybride (diesel-elekt.)	
Solaris	Urbino ²⁹ 18 meter Diesel, CNG, Hybride	

²⁸ Brochure & technische fiche O2792, <http://www.hess-ag.ch/en/busse/linienbusse/niederflur.php>

²⁹ Brochure & technische fiche Urbino, <https://www.solarisbus.com/eng/urbino.html>

Van Hool	newAG300 ³⁰ 18,4 meter Diesel, CNG, Hybride	
VDL	Citea SLFA ³¹ 18,8 meter Diesel	
Man	Lion's City GL ^{32 33} 18,8 meter Diesel, CNG	
Scania	Citywide LE ^{34 35} 18,1 meter Diesel, CNG, Hybride	
Iveco	Urbanway ^{36 37} 18 meter Diesel, CNG, Hybride	
Mercedes-Benz	Citaro G ³⁸ 18,1 meter Diesel, CNG	
Volvo	7900 A ^{39 40} 18,1 meter Diesel, CNG, Hybride	

³⁰ Technische fiche newAG300, <http://www.vanhool.be/ENG/openbaar%20vervoer/diesel/Resources/leafletAG300%202013%20mail.pdf>

³¹ Technische fiche Citea SLFA, <http://www.vdlbuscoach.com/Producten/Openbaar-vervoer/Citea/Technische-specificatie.aspx>

³² Brochure Lion's City GL, http://m.man-mn.com/system/product_pdfs/pdfs/000/000/100/original/30094_Broschuere_LionsCity_GL_GB.pdf?1352302675

³³ Technische fiche Lion's City GL, http://www.bus.man.eu/man/media/fl/content_medien/doc/business_website_bus_master_1/Lions_City.pdf

³⁴ Brochure Citywide LE, <http://www4.scania.com/templates/campaigns/selma/download/Citywide-brochure-en.pdf>

³⁵ Technische fiche Citywide LE, https://www.scania.com/Images/Citywide_LE_range_tcm40-448164.pdf

³⁶ Brochure Urbanway, http://www.iveco.com/ivecobus/en-us/collections/catalogues/Documents/City/BrochureUrbanway_EN_Euro_VI.pdf

³⁷ Technische fiche Urbanway, <http://www.bustocoach.com/en/content/iveco-bus-urbanway-cursor-9-euro-vi-18-metres-city-class-i-4-doors>

³⁸ Brochure & technische fiche Citaro G, http://www.mercedes-benz.be/content/media_library/hq/hq_mpc_reference_site/bus_ng/services_accessories/brochures/2013/citaro_g_tech/2081_0114Tech_Info_Citaro_G_EuroVI_NL.pdf.object-Single-MEDIA.tmp/2081_0114Tech_Info_Citaro_G_EuroVI_NL.pdf



³⁹ Brochure 7900 A, <http://www.volvobuses.com/SiteCollectionDocuments/VBC/Downloads/Volvo-7900-Euro6-Hybrid-Brochure-NL.pdf>

⁴⁰ Technische fiche 7900 A, <http://www.volvobuses.com/SiteCollectionDocuments/VBC/Downloads/Volvo-7905LAH-EU6-Data-sheet-13-03.pdf>

3.3.4 Selectie van bussen met tramkarakteristieken ('trambussen')

Tot slot is er nog de selectie van bussen met uitgesproken tramkarakteristieken (**tabel 13**). De meest evidente en veruit bekendste optie die hierbij geselecteerd werd, is de Exqui.City van het Vlaamse Van Hool. Deze rijdt intussen reeds in heel wat Europese steden rond, zoals bijvoorbeeld het Franse Metz, het Zweedse Malmö of het Italiaanse Parma. Zoals reeds aangehaald in 3.3.3 werd daarnaast ook de Iveco Crealis aan deze selectie toegevoegd. Naast de wat tramkarakteristieke uitvoering (in feite een beetje een tussenvorm tussen een reguliere bus en de trambus à la Exqui.City) biedt dit model ook standaard de mogelijkheid om er het Optiguide-Optiboard-geleidingssysteem op in te bouwen. Er zijn verder ook nog enkele andere soortgelijke modellen (zoals bijvoorbeeld de Solaris MetroStyle) op de markt beschikbaar, maar deze werden in hoofdzaak niet in tabel 13 opgenomen omwille van het feit dat ze nog maar amper operationeel werden ingezet en dus nauwelijks referenties naar bewezen degelijkheid en betrouwbaarheid kunnen voorleggen.

Tabel 13: SAMENVATTING – Geselecteerde trambussen

Selectie van bussen met tramkarakteristieken ('trambussen')		
Fabrikant	Voertuigmodel	Afbeelding
Van Hool	Exqui.City ^{41 42} 18,6 / 23,8 meter Diesel, CNG, Hybride	
Iveco	Crealis ^{43 44} 18,2 meter Diesel, CNG, Hybride	

3.4 Meer gedetailleerde vergelijking van de geselecteerde modellen

3.4.1 De maatschappelijke kosten-baten analyse als leidraad bij het bepalen van de belangrijkste parameters voor de meer gedetailleerde vergelijking

Nu de haast eindeloze verzameling van mogelijke fabrikanten en modellen is herleid tot een selectie van een 16-tal voertuigmodellen, wordt het mogelijk om de overgebleven modellen nog aan een diepere onderlinge analyse te onderwerpen. Een eerste logische stap hierbij vormt het bepalen van de evaluatiecriteria en parameters om deze vergelijking rond op te bouwen. Om deze lijst van parameters te bepalen, zal (de batenzijde van) een maatschappelijke kosten-baten analyse (MKBA) van transportinfrastructuurprojecten als leidraad worden aangewend. De typische structuur van dergelijke

⁴¹ Brochure Exqui.City, <http://www.vanhool.be/home%20fr/transport%20public/hybride%20trolley/Resources/folderExquicitya.pdf>

⁴² Technische fiche Exqui.City, <http://www.vanhool.be/NED/openbaar%20vervoer/Resources/folder%20Exquicity%202013%20mail.pdf>

⁴³ Brochure Crealis, http://www.iveco.com/ivecobus/en-us/collections/catalogues/Documents/City/BrochureCrealis_EN_Euro_VI.pdf

⁴⁴ Technische fiche Crealis, <http://www.bustocoach.com/en/content/iveco-bus-crealis-neo-182-metres-brt-4-doors>

MKBA (samengevat in 3.4.1.1b) zal hierbij eerst en vooral worden doorlopen om na te gaan welke verschillende elementen er door de vervoerswijzekeuze zullen beïnvloed worden (3.4.1.2). Vervolgens kunnen hier dan eenvoudig enkele belangrijke parameters aan gekoppeld worden, die voor de verschillende vervoerswijzeopties met elkaar zullen vergeleken worden (3.4.1.3).

3.4.1.1 Samenvatting van het algemene concept en de structurele opbouw van een maatschappelijke kosten-baten analyse (MKBA)

a) Concept

Wanneer er wordt gekeken naar de ex-ante evaluatie van OV-projecten in Vlaanderen, dan kan er worden vastgesteld dat deze evaluatie tot voor kort voornamelijk gebeurde op basis van een inschatting van het verwachte reizigersaantal (o.b.v. een verkeersmodelsimulatie) en de beoordeling van een beperkt aantal andere (kwalitatieve en kwantitatieve) criteria. In het kader van de Mobiliteitsvisie 2020 werd echter de noodzaak vastgesteld om OV-projecten op basis van hun integrale sociaaleconomische wenselijkheid kwantitatief te kunnen evalueren om zodoende de besluitvorming rond deze plannen beter te ondersteunen en ook het maatschappelijk draagvlak te verbeteren. Het meest gebruikte instrument voor een meer integrale afweging van de verschillende aspecten verbonden aan OV-projecten is de maatschappelijke kostenbatenanalyse of MKBA. In dergelijke MKBA's (bv. MKBA Tramlijn Jette-Brussels Airport (De Lijn, 2013a), MKBA Sneltramlijn Willebroek-Brussel (De Lijn, 2013b),...) worden alle huidige en toekomstige voor- en nadelen (baten en kosten), die de leden van de hele gemeenschap van een project ondervinden, tegen elkaar afgewogen door ze in monetaire eenheden uit te drukken. Dit betekent dan ook dat niet enkel de financiële effecten (geldelijke uitgaven en inkomsten), maar ook niet-financiële aspecten zoals tijdwinsten, milieu, veiligheid, werkgelegenheid,... worden gemonetariseerd en meegenomen in de evaluatie van het project. De Europese Commissie vereist sinds 2006 een economische analyse in de vorm van een MKBA voor alle infrastructuurprojecten van een bepaalde omvang waaraan financiële ondersteuning wordt verleend en binnenkort wordt ze ook verplicht voor alle grote infrastructuurprojecten in Vlaanderen met (mede)financiering van het Vlaams Gewest.

b) Structuur

Om een MKBA volgens een algemeen principe en stappenplan te kunnen uitwerken, werd, in overeenstemming met bestaande methodologische richtlijnen en gangbare wetenschappelijke en economische inzichten, door Rebelgroup Advisory & MINT (2013) een 'standaardmethodiek voor de MKBA van transportinfrastructuurprojecten' uitgewerkt. Uit de hiervoor reeds aangehaalde voorbeelden van MKBA's, die volgens deze standaardmethodiek zijn opgesteld, blijkt dat er typisch een opdeling wordt gemaakt in **vier effectgroepen** waarnaar gekeken moet worden:

- De **directe effecten** zijn hierin een eerste groep. Deze bestaan uit de verschillen in gegeneraliseerde kosten (tijd, voertuigkosten, comfort,...) tussen het nul- en het projectalternatief.
- De (ruimere) **indirecte effecten** vormen vervolgens een tweede categorie. Deze betreffen de doorvertaling van directe effecten naar andere markten/sectoren.
- Daarnaast zijn er ook de **externe effecten**. Dit zijn de effecten op derden (omwonenden, natuur,...). Ze bestaan uit drie deelcategorieën: de externe effecten van het investeringsproject zelf, de externe effecten van de vervoersstromen en de externe effecten van bijkomende economische activiteiten.

- Tot slot zijn er dan ook nog de **financiële kosten**. Dit is het verschil in economische kosten van de investeringen, de exploitatiekosten en de onderhoudskosten tussen het nul- en het projectalternatief.

Aangezien het hier echter niet de bedoeling is een gedetailleerde financiële analyse te maken, maar er daarentegen gefocust wordt op het gebruiksperspectief (en dus de batenzijde van de MKBA), is het wel nog belangrijk om op te merken dat de laatste groep van financiële kosten in wat volgt niet meer in detail zal worden meegenomen.

3.4.1.2 Overzicht van elementen die beïnvloed worden door de specifieke vervoerswijzekeuze

Voor de drie overkoepelende batengroepen (direct, indirect en extern) uit 3.4.1.1b, zal er in wat volgt nu worden bekeken welke specifieke elementen hiervan beïnvloed worden door de vervoerswijzekeuze.

a) Directe effecten

Wat de directe effecten betreft komen er **vier belangrijke elementen** uit de standaardmethodiek naar voren, die door de vervoerswijzekeuze van een nieuw geplande infrastructuur zullen beïnvloed worden. Dit zijn:

- de 'bereikbaarheidsbaten'

Deze baten worden voornamelijk uitgedrukt in de vorm van reistijdwijzigingen (zowel wacht- als rijtijd), die op hun beurt aanleiding zullen geven tot aanpassingen van de gegeneraliseerde reis(tijd)kosten van de MKBA.

Twee vragen zijn hierbij belangrijk. Enerzijds is er de vraag welke reistijdwijziging voor het OV de nieuwe infrastructuur en bijhorende vervoerswijzekeuze met zich meebrengt. Anderzijds is het echter ook belangrijk om te bekijken wat het effect is voor personenwagens en vrachtwagens ten gevolge van de nieuwe OV-modus. Zo is het immers perfect mogelijk dat, door een verhoogde aantrekkelijkheid van het OV, het reguliere verkeer terug wat vlotter gaat verlopen, maar kan het ook net zo goed zijn dat alles net minder vlot gaat lopen doordat de wegcapaciteit op bepaalde plekken te sterk daalt (bijvoorbeeld omwille van gereserveerde OV-stroken die voor een zekere voertuigkeuze meer plaats innemen dan eigenlijk wenselijk is).

- de 'betrouwbaarheidsbaten'

Ook de betrouwbaarheid van de reistijd ('stiptheid') is daarnaast een belangrijk element dat van de specifieke vervoerswijzekeuze kan afhangen. De betrouwbaarheidsbaten zullen eveneens in de vorm van reistijdwijzigingen (vooral dan wachttijden) tot uiting komen, door de impact die de betrouwbaarheid heeft op de marge die reizigers in hun reistijd zullen inbouwen. Bovendien geldt ook hier dat er opnieuw zowel betrouwbaarheidseffecten voor het OV als voor het reguliere verkeer een rol kunnen spelen.

- het comfort

Verder zal ook een verandering in termen van comfort ten gevolge van de nieuwe infrastructuur en voertuigkeuze een impact op de reiservaring gaan uitoefenen. Een comfortabelere verplaatsing leidt immers tot een positievere reistijdervaring en kan dus ook een bijhorende verlaging van de gegeneraliseerde reis(tijd)kost tot gevolg hebben.

- de hinder

Tot slot is ook de hinder die de aanleg van de nieuwe infrastructuur veroorzaakt nog van belang. Hoe meer hinder er ontstaat, hoe groter de economische verliezen (bijvoorbeeld door een tijdelijk onbereikbaar handelspand) kunnen zijn. Ook deze kost (of negatieve baat) is dus een element dat door de vervoerswijzekeuze kan beïnvloed worden.

b) Indirecte effecten

Voor de groep van de indirecte effecten wordt in deze tekst van de veronderstelling uitgegaan dat deze op zich wel een invloed zullen ondervinden van de aanleg van een nieuwe infrastructuur, maar veel minder (en in haast verwaarloosbare mate) van de specifieke vervoerswijzekeuze voor die infrastructuur. De invloed van de vervoerswijzekeuze op de indirecte effecten wordt hier dan ook **niet** verder behandeld.

c) Externe effecten

De laatste groep is tot slot nog die van de externe effecten. Zoals reeds werd aangegeven zijn er hierbij **drie deelcategorieën**:

- externe effecten van het investeringsproject op zich:

Voor deze categorie zijn er voornamelijk twee elementen die door de specifieke voertuigkeuze zullen beïnvloed worden. Dit zijn enerzijds het ruimtebeslag van de infrastructuur en de vervoersmodus en anderzijds ook de visuele hinder die hiermee gepaard gaat.

- externe effecten van wijzigingen in vervoersstromen:

De effecten van wijzigingen in de vervoersstromen vertalen zich dan weer in een drietal verschillende elementen die vervoerswijze-afhankelijk zijn. Hierbij zijn het de wijzigingen in emissies, in geluidshinder en in ongevallenrisico die voornamelijk moeten beschouwd worden.

- externe effecten van wijzigingen in omvang en spreiding van economische activiteit:

Voor deze categorie is het tot slot vrij logisch te veronderstellen dat het hier in hoofdzaak gaat om ruimtelijke sturingseffecten. Er wordt dan ook uitgegaan van dezelfde veronderstelling als bij de indirecte effecten. De invloed van de aanleg van de nieuwe infrastructuur zal dus zeker aanwezig zijn, maar de specifieke vervoerswijzekeuze zal veel minder van belang zijn. De invloed van de voertuigkeuze op deze categorie wordt dan ook niet verder behandeld.

3.4.1.3 Vertaling naar een lijst van parameters om als evaluatiecriterium aan te wenden

Op basis van het overzicht uit 3.4.1.2, van elementen die beïnvloed worden door de specifieke vervoerswijzekeuze, wordt nu een lijst van parameters voor de vergelijking van de resterende voertuigmodellen opgesteld. In wat volgt worden de verschillende relevante elementen uit het voorgaande deel dan ook één voor één opnieuw overlopen en worden hiervoor telkens één of meerdere toepasselijke parameters ter evaluatie opgesteld. De bepaling van de relevante parameters gebeurt waar nodig ook afzonderlijk voor enerzijds de tramvoertuigen en anderzijds de busvoertuigen, aangezien niet elke parameter voor iedere modus even relevant (of relatief eenvoudig vaststelbaar) blijkt te zijn.

Directe effecten - bereikbaarheidsbaten

Aangezien de bereikbaarheidsbaten vooral gerelateerd zijn aan de vlotheid van de verplaatsing, zijn twee logische parameters alvast de maximale *operationele snelheid* die het voertuig kan realiseren en ook de maximale *vertrek- en afremsnelheden* waarmee deze maximale snelheid kan behaald of teruggeschroefd worden. Voor de tramvoertuigen zullen deze dan ook zo als parameter worden opgenomen. Bij de busvoertuigen is de maximale snelheid echter minder relevant en zijn de maximale vertrek- & afremsnelheden veel minder eenvoudig te bepalen. De mindere relevantie van de maximale snelheid ligt in het feit dat er op het voorliggende tracé, volgens de wegcode (waar bussen in tegenstelling tot trams wel onder vallen), maar maximaal 70 km/u zal kunnen gereden worden en deze snelheid in principe voor geen enkele van de voorliggende bussen een probleem vormt. Het gegeven dat de vertrek- & afremsnelheden minder eenvoudig te bepalen zijn, leidt er daarnaast toe dat deze parameter voor de bussen, in plaats van exact, enkel relatief zal bepaald worden. Voor deze relatieve bepaling zal er voornamelijk gekeken worden naar het specifieke aanbod aan aandrijvingsopties en naar de lengte (en dus ook gewicht) van het voertuig.

Een derde parameter die vervolgens nog geselecteerd werd, tracht ook het effect van de voertuigkeuze op het reguliere verkeer enigszins in rekening te brengen. De maximale *voertuigbreedte* kan immers een belangrijk verschil betekenen in de ruimte die (bij een vrije bedding centraal op de steenweg) nog overblijft voor personenwagens en vrachtwagens. Deze parameter wordt zowel bij de trams als bij de bussen dan ook bijkomend meegenomen in de verdere vergelijking en bespreking van de overgebleven voertuigopties.

Samenvattend leidt dit tot volgende parameterlijst:

- Voor trams: maximale snelheid maximale vertrek- & afremsnelheden maximale voertuigbreedte
- Voor bussen: relatieve vertrek- & afremsnelheden maximale voertuigbreedte

Directe effecten - betrouwbaarheidsbaten

De betrouwbaarheidsbaten zijn op hun beurt voornamelijk gerelateerd aan de stiptheid van de bediening. Uitgaande van een grotendeels eigen bedding, waardoor opstoppingen en files sterk kunnen worden teruggedrongen, moet de verwachte reistijd tijdens het rijden in principe redelijk correct kunnen nageleefd worden. Dit betekent echter wel dat de onzekerheid van de stoptijd aan de halte, ten gevolge van het al dan niet vlot in- en uitstappen, hierdoor in impact zal toenemen. Voor de invloed van de voertuigkeuze op de betrouwbaarheidsbaten trachten de geselecteerde parameters dan ook vooral het in-/uitstapgemak vergelijkbaar te maken. De parameters die dit mogelijk moeten maken zijn de maximale *in-/uitstapratio*, het *percentage verlaagde vloer* en de minimale *gangbreedte*. Hierbij wordt de maximale in-/uitstapratio bepaald als zijnde het percentage van de totale voertuiglengte dat door deuren wordt ingenomen. Voor de minimale gangbreedte dient tot slot nog te worden opgemerkt dat deze voor bussen, in tegenstelling tot trams, veel minder eenvoudig terug te vinden is, waardoor deze bij de bussen (wegens een gebrek aan gegevens) uiteindelijk niet zal worden opgenomen.

Samenvattend leidt dit tot volgende parameterlijst:

- Voor trams: maximale in-/uitstapratio % verlaagde vloer minimale gangbreedte
- Voor bussen: maximale in-/uitstapratio % verlaagde vloer

Directe effecten - comfort

Voor het element comfort werden eveneens een drietal parameters geselecteerd die het comfort van een voertuig karakteriseren. Zowel voor de evaluatie van trams als van bussen zijn de parameters die gekozen werden: de maximale *capaciteit* (aantal personen) die kan worden aangeboden, de maximale *zitplaatsratio* (uitgedrukt als de verhouding: aantal zitplaatsen/capaciteit) die gekozen kan worden (vanzelfsprekend dan wel niet in dezelfde configuratie als voor de maximale capaciteit) en daarnaast ook de *functionaliteit van het informatiesysteem* voor passagiers.

Samenvattend leidt dit tot volgende parameterlijst:

- Voor trams: maximale capaciteit | maximale zitplaatsratio | functionaliteit van het informatiesysteem
 - Voor bussen: idem

Directe effecten - hinder

Ook voor het karakteriseren van de impact van de vervoerskeuze op de hinder bij de aanleg van nieuwe infrastructuur, werd er nagedacht over mogelijke parameters. Hierbij is er echter slechts één logische parameter te bedenken, zijnde de *aanlegtermijn* van deze nieuwe infrastructuur. Wel werd besloten deze parameter enkel mee te nemen in de vergelijking van tramvoertuigen, aangezien de infrastructuur bij de bussen (met uitzondering van de Iveco Crealis met optische geleiding) in principe zo goed als onafhankelijk is van het specifieke model. De aanlegtermijn bij de trams wordt overigens ook opnieuw in termen van relatieve verhoudingen in plaats van absolute getalwaarden bepaald.

Samenvattend leidt dit tot volgende parameterlijst:

- Voor trams: relatieve aanlegtermijn
 - Voor bussen: /

Externe effecten van het investeringsproject op zich

De externe effecten van het investeringsproject weerspiegelen zich, zoals reeds aangegeven, voornamelijk in de elementen ruimtebeslag en visuele hinder. Voor het ruimtebeslag vertaalt dit zich dan in logische parameters zoals bijvoorbeeld de voertuigbreedte. Aangezien deze echter reeds in de parameterlijst werd opgenomen bij de bereikbaarheidsbaten, worden hier aanvullend nog twee andere parameters toegevoegd. Ook van invloed voor het ruimtebeslag zijn immers de minimale *bochtstraal* (de grootte van de draaicirkel van het voertuig) en, voor het begin-en eindpunt van de lijn, het feit of er uitsluitend *unidirectioneel* of eventueel ook *bidirectioneel* kan gewerkt worden. Deze uni-/bidirectionaliteit is uiteraard wel enkel relevant voor de tramvoertuigen en niet voor de bussen (die sowieso unidirectioneel worden uitgevoerd). Het element visuele hinder werd daarnaast nog vertaald naar een parameter in de vorm van het *volume voertuig per lengte-eenheid* (of met andere woorden het product van breedte en hoogte). Hoe groter immers deze factor, hoe meer het voertuig visueel in het oog zal springen en bijgevolg mogelijks als storend zal worden ervaren. Natuurlijk mag hierbij niet vergeten worden dat, specifiek voor de tramvoertuigen, ook het al dan niet gebruiken van een bovenleiding een significante rol zal spelen in termen van visuele hinder. Deze invloed werd echter reeds behandeld bij de eerste voertuigselectie, door hier enkel nog trams te gaan overhouden die minstens de mogelijkheid bieden om op bepaalde delen van het traject zonder bovenleiding te werken.

Samenvattend leidt dit tot volgende parameterlijst:

- Voor trams: minimale bochtstraal | uni-/bidirectionaliteit | volume voertuig per lengte-eenheid
 - Voor bussen: minimale bochtstraal | volume voertuig per lengte-eenheid

Externe effecten van wijzigingen in vervoersstromen

Tot slot zijn er dan nog de parameters verbonden aan de externe effecten van wijzigingen in vervoersstromen. Deze externe effecten zullen zich voornamelijk vertalen in termen van emissies, geluidshinder en ongevalsrisico. Een aantal logische parameters dat hieraan dan gekoppeld kan worden zijn de maximaal haalbare reductie van CO₂, NO_x,...-uitstoten, de maximale reductie van het geproduceerde dB-niveau of het maximale gewicht van het voertuig (dat een logische maat vormt voor de remafstand). Voor de groep van de busvoertuigen kan echter vastgesteld worden dat deze groep van externe effecten al voor een belangrijk deel werd meegenomen in de eerste (technische) selectie van voertuigmodellen. Dit heeft dan ook tot gevolg dat de overgebleven busmodellen in termen van gewicht geen al te grote verschillen zullen laten optekenen en dat reducties in uitstoot of dB-niveau veeleer bepaald zullen worden door de uiteindelijk gekozen aandrijvingstechniek dan door het specifieke voertuigmodel. Conclusie is dan ook dat voor de groep van bussen de aangehaalde parameters niet in detail zullen uitgewerkt worden. Voor de tramvoertuigen geldt dan weer dat in termen van (althans lokale) uitstoot deze uiteraard, omwille van de elektrische aandrijving, voor alle opties gelijk aan nul zal zijn. Het maximale *dB-niveau* (van het externe geluid) en het maximale *voertuiggewicht* (in lege toestand) kunnen hier echter wel nog aanzienlijk verschillen tussen de verschillende voertuigmodellen en worden dus wel nog als parameter meegenomen.

Samenvattend leidt dit tot volgende parameterlijst:

- Voor trams: maximale dB-niveau (van het externe geluid) | maximale gewicht (in lege toestand)
 - Voor bussen: /

3.4.2 Vergelijking van de geselecteerde voertuigmodellen

De uiteindelijke vergelijking van de geselecteerde voertuigmodellen werd logischerwijs dus opgesplitst in twee tabellen. **De eerste tabel (tabel 14) geeft, op basis van de parameters uit 3.4.1.3, de vergelijking van de overgehouden tramvoertuigen weer. In de tweede tabel (tabel 15) gebeurt vervolgens hetzelfde voor de overgebleven busvoertuigen.** De eerste en tweede kolom van beide tabellen werd overgenomen van tabellen 9, 10, 12 & 13 (zijnde de eerste voertuigselecties) uit 3.3.

Voor de bepaling van de parameterwaarden in tabellen 14 en 15, werd grotendeels gebruik gemaakt van (een kritische analyse van) de bronnen, zijnde brochures en technische fiches, die reeds als voetnoot werden vermeld bij de tabellen van deel 3.3. Waar nodig werden deze nog verder aangevuld met eigen berekeningen (bijvoorbeeld voor sommige in-/uitstapratio's) en eigen research (voornamelijk van op Busworld Kortrijk¹⁹). Merk daarnaast ook op dat, voor de parameter 'relatieve vertrek- en afremsnelheden', er werd gewerkt met een quotering aan de hand van +-tekens. Meerdere +-tekens staan daarbij voor een algemeen hogere vertrek- en afremsnelheid.

Zodra alle parameterwaarden bepaald waren, werd daarna, per kolom, overlopen welke waarden er (in vergelijking met andere waarden voor dezelfde parameter) in positieve zin uitsprongen. Deze positieve resultaten werden dan telkens met een groene kleur aangeduid. In verband met deze aanduidingen is het echter wel nog belangrijk om duidelijk aan te geven dat, in horizontale zin (per voertuigtype dus) bekeken, niet noodzakelijk geldt dat het voertuig met de meeste 'groene waarden' ook de beste keuze vormt. De verschillende parameters geven immers slechts elks afzonderlijk een idee van wat er voor dit voertuigtype (in een mogelijke uitvoering) maximaal mogelijk is. Het is dus best mogelijk dat bepaalde parameterwaarden in realiteit niet met elkaar combineerbaar zijn (zoals bijvoorbeeld al typisch het geval zal zijn voor de maximale capaciteit en de maximale zitplaatsratio).

Tabel 14: SAMENVATTING – Gedetailleerde vergelijking van de geselecteerde tramvoertuigen

Fabrikant: Model	Lengte- & aandrijvingsopties	Maximale snelheid	Maximale vertrek- & afremsnelheden	Maximale voertuigbreedte	Maximale in-/uitstapratio	% verlaagde vloer	Minimale gangbreedte
<i>Klassieke trams</i>							
Alstom: Citadis X05 ^{20 21}	23,9 m - 44,6 m Bovenleiding / APS	80 km/u	1,3 & 1,2 m/s ²	2,65 m	± 26 %	100 %	400 mm
Bombardier: Flexity 2 ^{22 23}	31,4 m - 43,5 m Bovenleiding / Primove	70 km/u	1,2 & 1,4 m/s ²	2,65 m	± 21 %	100 %	400 mm
CAF: Urbos 100 ²⁴	18 m - 43 m Bovenleiding / ACR-Freedrive	70 km/u	1,34 & 1,34 m/s ²	2,65 m	± 23 %	100 %	650 mm
Siemens: Avenio M ^{25 26}	21 m - 42,5 m Bovenleiding / Sitras HES	80 km/u	1,3 & 1,2 m/s ²	2,65 m	± 25 %	100 %	620 mm
<i>Tram op banden</i>							
NTL: Translohr ²⁷	25 m - 46 m Bovenleiding / Ultracaps	70 km/u	1,5 & 1,5 m/s ²	2,2 m	± 18 %	100 %	650 mm

Fabrikant: Model	Maximale capaciteit	Maximale zitplaatsratio	Functionaliteit v.h. informatiesysteem	Relatieve aanlegtermijn	Minimale bochtstraal	Uni-/bidirectionaliteit	Volume per lengte-eenheid	Maximale dB-niveau (v.h. externe geluid)	Maximale gewicht (in lege toestand)
<i>Klassieke trams</i>									
Alstom: Citadis X05 ^{20 21}	276 pers.	± 28 %	Visueel (beeldscherm) + auditief	Langst	+/- 20 m	Beide mogelijk	9,54 m ³ (= 3,6 x 2,65)	± 80 dB	± 65 ton
Bombardier: Flexity 2 ^{22 23}	263 pers.	± 28 %	Visueel (beeldscherm) + auditief	Langst	+/- 16 m	Beide mogelijk	9,17 m ³ (= 3,46 x 2,65)	± 76 dB	± 56,4 ton
CAF: Urbos 100 ²⁴	317 pers.	± 23 %	Visueel (beeldscherm) + auditief	Kortst	+/- 18 m	Beide mogelijk	9,01 m ³ (= 3,4 x 2,65)	± 79 dB	± 63,5 ton
Siemens: Avenio M ^{25 26}	297 pers.	± 24 %	Visueel (beeldscherm) + auditief	Kortst	+/- 18 m	Beide mogelijk	9,67 m ³ (= 3,65 x 2,65)	N/A (ook 75-80 dB)	± 50 ton
<i>Tram op banden</i>									
NTL: Translohr ²⁷	261 pers.	N/A (schatting: 20-25%)	Visueel (beeldscherm) + auditief	Tussenin	+/- 12 m	Beide mogelijk	6,86 m ³ (= 3,12 x 2,2)	± 75 dB	± 44 ton

Tabel 15: SAMENVATTING – Gedetailleerde vergelijking van de geselecteerde busvoertuigen

Fabrikant: Model	Lengte- & aandrijvingsopties	Relatieve vertrek- & afremsnelheden	Maximale voertuigbreedte	Maximale in-/uitstapratio	% verlaagde vloer	Maximale capaciteit	Maximale zitplaatsratio	Functionaliteit v.h. informatiesysteem	Minimale bochtstraal	Volume per lengte-eenheid
<i>Klassieke bussen</i>										
Hess: O2792 ²⁸	24,7 m Hybride	+	2,55 m	± 15 %	100 %	190 pers.	± 31 %	Visueel (beeldscherm)	11,32 m	8,72 m ³ (= 3,42 x 2,55)
Solaris: Urbino ²⁹	18 m Diesel, CNG, Hybride	++	2,55 m	± 19 %	100 %	157 pers.	± 24 %	Visueel (LED-display)	10,02 m	7,27 m ³ (= 2,85 x 2,55)
Van Hool: newAG300 ³⁰	18,4 m Diesel, CNG, Hybride	++	2,55 m	± 18 %	100 %	159 pers.	± 25 %	Visueel (beeldscherm)	10,74 m	8,36 m ³ (= 3,28 x 2,55)
VDL: Citea SLFA ³¹	18,8 m Diesel	+	2,55 m	± 17 %	100 %	170 pers.	± 26 %	Visueel (beeldscherm)	10,77 m	7,96 m ³ (= 3,12 x 2,55)
Man: Lion's City GL ^{32 33}	18,8 m Diesel, CNG	+	2,5 m	± 24 %	100 %	167 pers.	± 28 %	Visueel (beeldscherm)	11,22 m	7,2 m ³ (= 2,88 x 2,5)
Scania: Citywide LE ^{34 35}	18,1 m Diesel, CNG, Hybride	++	2,55 m	± 17 %	± 70 %	158 pers.	± 24 %	Visueel (LED-display)	10,21 m	8,54 m ³ (= 3,35 x 2,55)
Iveco: Urbanway ^{36 37}	18 m Diesel, CNG, Hybride	++	2,5 m	± 19 %	100 %	144 pers.	± 27 %	Visueel (LED-display)	10,25 m	8,25 m ³ (= 3,3 x 2,5)
Mercedes-Benz: Citaro G ³⁸	18,1 m Diesel, CNG	+	2,55 m	± 19 %	100 %	159 pers.	± 23 %	Visueel (beeldscherm)	9,68 m	7,96 m ³ (= 3,12 x 2,55)
Volvo: 7900 A ^{39 40}	18,1 m Diesel, CNG, Hybride	++	2,55 m	± 18 %	± 90 %	151 pers.	± 27 %	Visueel (LED-display)	10,14 m	8,36 m ³ (= 3,28 x 2,55)
<i>Trambussen</i>										
Van Hool: Exqui.City ^{41 42}	18,6 m / 23,8 m Diesel, CNG, Hybride	+	2,55 m	± 20 %	100 %	180 pers.	± 29 %	Visueel (beeldscherm) + auditief	11,39 m	8,41 m ³ (= 3,3 x 2,55)
Iveco: Crealis ^{43 44}	18,2 m Diesel, CNG, Hybride	++	2,55 m	± 19 %	100 %	156 pers.	± 27 %	Visueel (LED-display)	10,26 m	8,21 m ³ (= 3,22 x 2,55)

3.4.3 Belangrijkste vaststellingen en besluitvorming bij de resultaten uit 3.4.2

Om deze gedetailleerde vergelijking van de overgebleven voertuigopties af te sluiten, worden in wat volgt de belangrijkste vaststellingen uit tabellen 14 en 15 nog bondig samengevat en worden er daarnaast ook bijhorende besluiten geformuleerd.

Vaststellingen en bijhorend besluit in verband met tramvoertuigen – tabel 14

Algemeen genomen zijn er, tussen de vijf opties die in tabel 14 met elkaar worden vergeleken, nooit echt héél grote verschillen in de parameterwaarden op te merken.

Wel is het zo dat de Translohr van NTL duidelijk een voertuigcategorie ('tram op banden') op zich vormt, met enkele opvallende (en overwegend positieve) elementen, die bij de klassieke trams niet terug te vinden zijn. Deze elementen zijn:

- de hogere maximale vertrek- en afremsnelheden (t.g.v. een laag gewicht en extra grip)
- de kleinere minimale bochtstraal
- de voertuigafmetingen (zowel qua breedte als het daaruit volgende volume/lengte-eenheid)

Een opvallend minpunt van de Translohr is daarentegen de maximaal mogelijke in-/uitstapratio, die, in vergelijking met de hogere percentages voor de klassieke trams, slechts 18 % blijkt te zijn.

Enkel op de klassieke trams toegespitst, valt daarnaast op te merken dat de relatieve sterktes en zwaktes elkaar hier, over de verschillende parameters heen, vaak mooi afwisselen. Anderzijds is het wel een opvallend feit dat de Flexity 2 er duidelijk uitspringt in termen van een kleine minimale bochtstraal en een laag maximaal dB-niveau (aangezien een stap van +3 dB immers al overeenkomt met een verdubbeling van de luidheid).

Hoewel in 3.4.2 werd aangehaald dat het voertuig met het grootste aantal 'groene parameterwaarden' niet noodzakelijk de beste optie vormt, kan een vergelijkende tabel (tabel 16), met net deze som van 'groene waarden' als vergelijkingspunt, toch een nuttig evaluatiecriterium zijn. Het aantal 'groene waarden' vormt immers wél een maat voor het bepalen van het voertuig met de grootste 'positieve flexibiliteit' (die gedefinieerd wordt als de mogelijkheid om zelfs in verschillende configuraties telkens enkele sterke punten te kunnen aanbieden). Denkend in het kader van HOV, kan dit zeker een handige karakteristieke zijn, doordat dit mogelijkheden opent om, met slechts één voertuigmodel (hetgeen een voordeel biedt in termen van aantal verschillende systemen, onderdelen,...), maar voor verschillende configuraties van dit model, beter op fluctuaties in de vraag (en de daarbij horende prioriteiten) in te kunnen spelen. Zo is het bijvoorbeeld denkbaar dat tijdens een spitsperiode een voertuig met een zo hoog mogelijke capaciteit (en inboeting op gebied van zitplaatsratio) de voorkeur geniet, terwijl deze maximale capaciteit dan weer minder belangrijk wordt op rustigere momenten. Op die momenten kan dan net een hoge zitplaatsratio (en dus een wat lagere capaciteit) het reiscomfort extra gaan verhogen.

Tabel 16: Som van 'groene parameterwaarden' voor de tramvoertuigen uit tabel 14

<u>Voertuigmodel</u>	<u>Som</u>
Alstom Citadis X05	4
Bombardier Flexity 2	4
CAF Urbos 100	6
Siemens Avenio M	6
NTL Translohr	<u>7</u>

Uit tabel 16 blijkt dat de NTL Translohr, in termen van het totaal aantal 'groene waarden', de beste score heeft. Daarachter volgen op korte afstand de CAF Urbos 100 en Siemens Avenio M. De Alstom Citadis X05 en Bombardier Flexity 2 scoren het minst goed.

Wanneer er nu tot slot, los van al het reeds aangetekende voorbehoud (zoals onder andere het financieel-economische plaatje dat hier maar nauwelijks wordt behandeld), toch getracht wordt om (op basis van alles wat doorheen dit deel wél in beschouwing werd genomen) een verdere voertuigselectie door te voeren, dan is het alvast een eerste vaststelling dat de NTL Translohr ('tram op banden') zeker als één van de meest interessante tramopties mag gezien worden.

Het bepalen van nog een bijkomend voorkeursalternatief uit de groep van de klassieke tramvoertuigen, ligt daarentegen een stuk lastiger. Hier hangt de keuze immers sterk af van welke pluspunten als het belangrijkste worden ervaren.

Wordt er bijvoorbeeld belang gehecht aan de mogelijkheid om lange stukken zonder bovenleiding te kunnen uitvoeren, dan geldt dat:

- de **Alstom Citadis X05** zijn belangrijke voordeel van de **hogere maximumsnelheid** (80 km/u) weet te combineren met de vermoedelijk meest robuuste aandrijving **zonder bovenleiding (o.b.v. continue energietoevoer via de grond** in de vorm van het succesvolle APS)
- de **Bombardier Flexity 2** eveneens een mogelijkheid van **continue energietoevoer via de grond** (Primove) als **systeem zonder bovenleiding** aanbiedt, maar dan zonder voorbeelden van reeds uitgevoerde implementaties; dit wordt mogelijks wel weer gecompenseerd door unieke elementen zoals een **opvallend kleine bochtstraal** en een **laag dB-niveau**

Zijn stukken zonder bovenleiding daarentegen niet aan de orde of zijn ze eerder zeldzaam, dan volstaat voor deze delen ook een (weliswaar wat minder robuust) systeem met supercondensatoren en komen ook de CAF Urbos 100 en Siemens Avenio M zeker in aanmerking. Zij kunnen, ten opzichte van de Citadis en Flexity, immers beiden een belangrijk voordeel bieden in termen van '**positieve flexibiliteit**' en maximaal haalbare capaciteit. Wel geniet de **Siemens Avenio M** in dat geval vermoedelijk toch de (lichte) voorkeur door de eveneens **hoge maximale snelheid** (ook 80 km/u) en het **opvallend lagere maximale gewicht** (dat het verbruik en de efficiëntie in principe alleen maar ten goede kan komen).

Vaststellingen en bijhorend besluit in verband met busvoertuigen – tabel 15

Ook voor de 11 overgebleven busopties van tabel 15 kan er opnieuw (en zelf nog veel sterker dan bij de trams) worden besloten dat er, algemeen bekeken, nooit echt grote verschillen in de parameterwaarden aanwezig zijn.

Wel zijn er een drietal belangrijke vaststellingen die toch een aparte vermelding waard zijn:

- Ten eerste zijn er, bij de overgebleven busvoertuigen, nog slechts twee modellen die in een uitvoering langer dan 18 m beschikbaar zijn. Dit zijn de Hess O2792 (24,7 m) en de Van Hool Exqui.City (23,8 m). Een eventuele keuze om een zo hoog mogelijke capaciteit per voertuig als prioritair te beschouwen, leidt dus haast automatisch tot één van deze twee opties. (Merk hierbij wel op dat er uiteraard nog andere 24m-modellen bestaan, maar deze zijn, in tegenstelling tot de O2792 en Exqui.City, enkel in een klassieke dieselvariant beschikbaar, waardoor een 18m-alternatief dat wél over verschillende aandrijvingsvarianten kan beschikken, hier telkens de voorkeur kreeg.)

- Een andere opvallende vaststelling is de uitzonderlijk hoge maximale in-/uitstapratio (24 %) voor de Man Lion's City GL. Dit komt doordat dit model als enige de optie biedt om voor een uitvoering met in totaal vijf deuren te opteren. Fabrikant MAN beweert dat hierdoor, voor 40 in- en uitstappende reizigers, een tijdswinst van 10 seconden kan geboekt worden in vergelijking met een variant die slechts vier deuren telt (figuur 25).³² Uiteraard zal dit typisch wel met een lagere zitplaatsratio gepaard gaan, maar het kan, vooral tijdens spitsmomenten, de haltetijden duidelijk helpen reduceren.



Figuur 25: Vergelijking van de in-/uitstaptijd tussen een bus met vier deuren en één met vijf deuren³²

- Tot slot valt ook nog op dat de Van Hool Exqui.City het enige busvoertuig is (zei het ongetwijfeld wel aan een meerkost vanwege een 'trambus'), dat naast een visueel informatiesysteem (in de vorm van beeldschermen) aanvullend ook een auditief informatiesysteem met halte aankondiging als standaardoptie voorziet. Zeker in termen van reiscomfort kan dit een handig pluspunt zijn.

Analoog aan de bespreking van de tramvoertuigen, kan er voor tabel 15 daarnaast ook weer een tabel met de som van de 'groene parameterwaarden' worden opgesteld. Tabel 17 vormt op die manier dus een waardemeter voor de 'positieve flexibiliteit' van de verschillende busvoertuigen. De Man Lion's City GL en de Van Hool Exqui.City halen daarbij het beste resultaat.

Tabel 17: Som van 'groene parameterwaarden' voor de busvoertuigen uit tabel 15

<u>Voertuigmodel</u>	<u>Som</u>
Hess O2792	5
Solaris Urbino	5
Van Hool newAG300	4
VDL Citea SLFA	3
Man Lion's City GL	<u>7</u>
Scania Citywide LE	3
Iveco Urbanway	5
Mercedes-Benz Citaro G	3
Volvo 7900 A	4
Van Hool Exqui.City	<u>7</u>
Iveco Crealis	4

Opnieuw net als bij de tramvoertuigen, zal er nu tot slot worden getracht om (los van het reeds aangetekende voorbehoud en de bijhorende nuanceringsen) ook voor de busvoertuigen nog een verdere voertuigselectie met enkele concrete keuzes uit te voeren.

Wat de busopties betreft, blijkt het maken van dergelijke concrete keuzes eenvoudiger dan bij de trams. De vaak grote mate van gelijkenis over de verschillende modellen heen, maakt namelijk dat de enkele (positieve) uitschieters, die hierboven reeds werden opgesomd, meteen ook een echt totaalvoordeel met zich meebrengen. **Een eerste (haast logische) voorkeursoptie is dan ook de Van Hool Exqui.City, die zowel een ‘positieve flexibiliteit’, een auditief informatiesysteem én de optie om ook als 24m-variant te worden ingezet (en daardoor indien nodig dus een extra hoge capaciteit te kunnen bieden), als voordelen heeft.**

Aangezien de ‘high-level’ service van de Exqui.City trambus echter ook zijn prijs heeft, worden als alternatieve voorkeursoptie daarnaast ook de Hess O2792 en vooral de Man Lion’s City GL voorgesteld. De O2792 biedt in die zin vooral een budgettair interessanter alternatief, dat toch de hoge capaciteitsmogelijkheden weet aan te houden, terwijl de Man Lion’s City GL vooral uitblinkt in een ‘positieve flexibiliteit’, die het sterkst tot uiting komt in de hoge maximale in-/uitstapratio die kan worden aangeboden. Voor de Lion’s City dient hier als klein nadeel wel aan toegevoegd te worden dat deze voor de 18m-variant (voorlopig) nog niet in een hybride uitvoering beschikbaar is.

Vaststellingen en bijhorend besluit bij een vergelijking tussen beide tabellen

Ter afronding van deze bespreking wordt er tenslotte nog een korte vergelijking tussen beide tabellen onderling (en dus tussen tramvoertuigen en busvoertuigen) aan deze bespreking toegevoegd.

Voor de in deze tekst geselecteerde parameterwaarden, kan worden vastgesteld dat de voornaamste verschilpunten tussen enerzijds de tramvoertuigen en anderzijds de busvoertuigen, terug te vinden zijn in de waardes van de maximale capaciteit en de minimale bochtstraal.

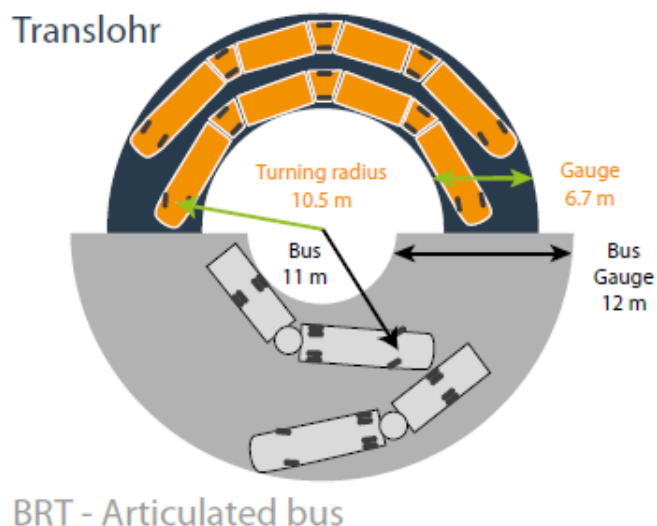
Wat de maximale capaciteit betreft, blijkt uit tabel 15 dat, voor de geselecteerde busvoertuigen, de gemiddelde waarde ongeveer rond 150 à 160 passagiers ligt. Dit betekent dat wanneer de vraag naar transport in meer dan 135 passagiers/voertuig zou resulteren (er wordt hier een marge van ongeveer 10 % verondersteld), de optie om voor een tram (en dus een hogere capaciteit) te opteren, zeker interessant wordt. Afhankelijk van de door de OV-exploitant bepaalde frequentie (die natuurlijk ook zelf de waarde van de totale vraag nog kan beïnvloeden), komt dit overeen met grenswaarden van:

- 270 passagiers/uur, voor een frequentie van 2 voertuigen per uur
- 405 passagiers/uur, voor een frequentie van 3 voertuigen per uur
- 540 passagiers/uur, voor een frequentie van 4 voertuigen per uur
- 675 passagiers/uur, voor een frequentie van 5 voertuigen per uur
- 810 passagiers/uur, voor een frequentie van 6 voertuigen per uur

Wat daarnaast de bochtstraal betreft (die overigens consequent ten opzichte van de buitenzijde van het voertuig en ter hoogte van het voorwiel bepaald werd), valt op te merken dat deze voor de geselecteerde (gelede) busvoertuigen gemiddeld zo’n 10,5 m bedraagt, terwijl deze voor de klassieke tramvoertuigen al gauw richting 18 m gaat. De tram op banden (Translohr) komt daarentegen echter aardig in de buurt van de bussen met slechts 12 m.

Als afsluiter is het hierbij nog interessant om aan te geven dat er door de fabrikanten zelf, bij vergelijkingen met andere modellen of voertuigtypes, niet altijd even correcte informatie wordt meegegeven. Een voorbeeld daarvan is te zien in figuur 26, waarin een vergelijking tussen de minimale

bochtstraal van de Translohr en die van een gelede bus wordt weergegeven. Deze figuur, uit de brochure van Translohr-producent NTL, lijkt aan te geven dat de bochtstraal van de Translohr kleiner is dan die van een gelede bus. Toch blijkt uit de waarden van tabel 15 dat de gemiddelde bochtstraal van een gelede bus (gemeten dus ten opzichte van het buitenste voorwiel), eerder rond 10,5 m ligt. De op figuur 26 aangegeven 11 m ten opzichte van de middenas van het voertuig (of m.a.w. bijna 12,5 m t.o.v. het buitenste voorwiel), is dus echt wel een overdreven voorstelling van de werkelijkheid.



Figuur 26: Vergelijking (uit de NTL-brochure) van de bochtstraal van een Translohr met die van een gelede bus²⁷

3.5 Conclusie

Aangezien het haast onbegonnen werk is om alle tussentijdse bedenkingen, vaststellingen en conclusies, die doorheen het hele selectieproces aan bod zijn gekomen, tot een bondig samengevat geheel te herleiden, wordt in deze conclusie vooral gefocust op het nogmaals in herinnering brengen van de gehanteerde methodiek en het daaruit voortkomende eindresultaat.

Voor de opgestelde vervoerswijzekeuze werd er in eerste instantie vertrokken van een zo breed mogelijk overzicht van alle mogelijke opties, door middel van opdelingen naar type materieel, sturingsmechanismen en aandrijvingsmethoden. Dit is uiteraard een logische eerste stap voor het vooropgestelde doel, maar vormt daarnaast ook op zichzelf al een interessant geheel (3.2.1-3.2.3).

Het samengestelde overzicht werd daarna stap voor stap geëvalueerd, waarbij er gefocust werd op het gebruiksperspectief, de technische haalbaarheid en de inpassing in de typische karakteristieken van een HOV-as tussen Diest en Tervuren, die (al dan niet door het centrum van) Leuven passeert (3.2.4).

De evaluatie van 3.2.4 liet vervolgens toe om het immense aanbod van fabrikanten, voertuigen en modellen, op een onderbouwde manier te reduceren tot een selectie van in totaal 16 voertuigen, bestaande uit vijf trams en elf bussen (3.3).

In een tweede fase werd deze eerste selectie nog aan een meer diepgaande vergelijking onderworpen. Hiervoor werd in eerste instantie een lijst van relevante parameters samengesteld op basis van de batenzijde van een typische MKBA van transportinfrastructuurprojecten (3.4.1), om nadien twee vergelijkende tabellen (één voor de overgebleven tramvoertuigen en één voor de overgehouden busvoertuigen), met waarden voor al deze parameters, op te bouwen (3.4.2).

Voor deze vergelijkende tabellen werden tot slot dan één voor één de belangrijkste (bijkomende) vaststellingen opgelijst en werd er ook getracht om een passend besluit voor zowel de tram- als de busvoertuigen te formuleren (3.4.3).

In het besluit betreffende de tramvoertuigen werd eerst en vooral gesteld dat de (enige) tram op banden, de Translohr van NTL, zeker één van de interessantere opties is die werd bekeken. Een bijkomend voorkeursalternatief uit de groep van klassieke tramvoertuigen viel echter moeilijker vast te leggen. Hier zijn het immers bepaalde keuzes in termen van prioriteiten en de concrete uittekening van de infrastructuur (bv. vaak, amper of nooit zonder bovenleiding) die de uiteindelijke voorkeur tussen modellen als de Alstom Citadis X05, Bombardier Flexity 2 of Siemens Avenio M zullen bepalen.

Het besluit voor de busvoertuigen luidt in eerste instantie dat hier de Exqui.City van producent Van Hool als een mogelijk voorkeursoptie naar voren komt. Natuurlijk valt dit ergens gewoon logisch te noemen, aangezien dit hoogstwaarschijnlijk ook de veruit duurste optie is. Als bijkomende en meer budgetvriendelijke voorkeursalternatieven werden daarom de Hess O2792 en vooral de Man Lion's City GL (omwille van zijn hoge 'positieve flexibiliteit') nog aan deze selectie toegevoegd.

Wel blijft het belangrijk om bij deze samenvatting van het keuzeprocess en de bijhorende resultaten nogmaals op te merken dat, hoewel er heel wat belangrijke elementen in werden opgenomen en besproken, deze selectie in hoofdzaak en haast uitsluitend werd opgebouwd rond technische haalbaarheid en gebruikscomfort. Zomaar aangeven welk van de verschillende voorkeursvoertuigen (en daarbij ook niet in het minst de keuze tussen tram of bus op zich) de *absolute* voorkeur geniet, zou dan ook onverstandig zijn. Dit wordt enkel mogelijk wanneer bijkomend een gedetailleerde vergelijking van de verschillende alternatieven op gebied van zowel kosten als baten (een volledige MKBA dus) wordt uitgevoerd en daarbij bovendien bepaalde modelleringresultaten (onder andere in verband met de verwachte vraag) correct in rekening kunnen worden gebracht.

4

Deel
overstapbaarheid

4.1 Theoretisch kader op basis van internationale literatuur

4.1.1 Inleiding

Dit deel stelt zich tot doel om, op basis van de beschikbare literatuur rond dit onderwerp, een antwoord te bieden op de in 1.2 aangehaalde onderzoeksvraag betreffende de bereidheid tot overstappen bij reizigers die gebruik willen maken van het openbaar vervoer.

Hoewel de nadruk dus gelegd wordt op de overstap, kan deze probleemstelling maar moeilijk los van het totale reistraject beschouwd worden. De mate waarin een persoon al dan niet bereid is een overstap te maken is immers slechts één van de verschillende elementen in het antwoord op de onderliggende hoofdvraag, waarin vooral de algemene bereidheid om al dan niet voor een OV-verplaatsing te kiezen centraal staat. In wat volgt zal er daarom eerst worden bekeken hoe deze algemene keuze (die, denkend binnen de Leuvense context en problematiek uit 1.1.1, uitsluitend ten koste van de eigen wagen zal worden beschouwd) zo correct mogelijk kan worden uitgedrukt en hoe ook de overstap hierin kan worden opgenomen.

Het keuzeproces dat zich in het hoofd van de reiziger afspeelt, wordt daartoe het best voorgesteld als een minimalisatie van een totale gegeneraliseerde kost (TGK). Daarbij zal worden aangenomen dat een reiziger enkel bereid zal zijn om voor een OV-verbinding te kiezen, wanneer zijn/haar TGK voor deze verbinding kleiner is dan zijn/haar TGK bij het gebruik van de eigen wagen (4.1.2).

Uiteraard is het werkelijke keuzeproces in het hoofd van iedere reiziger veel ingewikkelder en spelen hier ook nog heel wat andere factoren, zoals het al dan niet bezitten van een eigen wagen of de impact van eerdere OV-ervaringen, een rol. In deze tekst worden dergelijke factoren, die overigens eerder van invloed zijn op het al dan niet in overweging nemen van het keuzeproces dan op de eigenlijke uitkomst ervan, echter buiten beschouwing gelaten.

Nadat de uitdrukkingen voor de totale gegeneraliseerde kost zijn opgesteld en geanalyseerd, wordt er voor de verschillende parameters die er in voorkomen zo nauwkeurig mogelijk een gemiddelde waarde bepaald. Het doel is hier echter niet om deze gemiddeldes exact en éénduidig vast te leggen (daarvoor kunnen dergelijke parameterwaarden voor een verschillende situatie, omgeving, populatie,... soms te sterk van elkaar afwijken). Wel is het de bedoeling een beeld te krijgen van hun relatieve verhoudingen om op die manier een duidelijk idee te vormen over het aandeel en de mogelijke impact van een overstap op het gehele beslissingsproces (4.1.3).

Vervolgens wordt er dan verder op de overstapkost en bijhorende overstapbereidheid toegespitst, door te bekijken welke factoren hierop hun invloed uitoefenen. De daaruit voortgekomen vaststellingen vormen op die manier een interessante basis voor het bepalen van maatregelen die kunnen helpen om de weerstand ten opzichte van een overstap te reduceren en zodoende de aantrekkingskracht van de betreffende OV-verbinding te verhogen (4.1.4).

Naast de besproken benadering op basis van de gegeneraliseerde kost zijn er echter ook nog andere methodes in de literatuur terug te vinden om het succes van een OV-alternatief mee af te toetsen. Een alternatieve evaluatietechniek die in het kader van de overstapproblematiek zeker nog het vermelden waard is, is de verplaatsingstijdfactor (VF-factor) en bijhorende VF-curve. In het uitgebreide VF-model, dat geschat wordt op basis van de vastgestelde VF-curve, wordt immers het aantal overstappen opgenomen als één van de verklarende variabelen waarmee het OV-aandeel voor een bepaald traject wordt berekend (4.1.5).

Ter afronding van dit theoretisch kader worden uiteindelijk in een korte conclusie de belangrijkste bevindingen nogmaals bondig samengevat (4.1.6).

4.1.2 De overstapkost als deel van de totale gegeneraliseerde kost

4.1.2.1 De totale gegeneraliseerde kost: een onderscheid tussen realiteit en perceptie

Alvorens een uitdrukking voor de totale gegeneraliseerde kost kan worden opgesteld, is het belangrijk om duidelijk aan te geven wat hiermee bedoeld wordt. Om de precieze betekenis correct te duiden is het waarschijnlijk het eenvoudigst om te verwijzen naar wat in heel wat studies (Clark, 1982; Hess et al., 2005) als het onderscheid tussen de totaal ervaren reistijd enerzijds en de totale reële reistijd anderzijds wordt beschreven.

Met de totale reële reistijd wordt logischerwijs de tijd bedoeld tussen het vertrektijdstip in het punt van herkomst en het tijdstip waarop de finale bestemming bereikt wordt. Toch is het niet deze tijd (en bijhorende kost) waarop een persoon zijn vervoerskeuze zal baseren. Net zoals een aangenaam moment vaak veel sneller lijkt voorbij te gaan dan een minder aangename gebeurtenis, kan immers ook een wachttijd van vijf minuten aan een halte veel langer lijken dan wanneer diezelfde vijf minuten in een rijdend voertuig worden doorgebracht. Allerlei factoren, zowel 'intern' (fysieke paraatheid, voorkennis,...) als 'extern' (frequentie van haltebediening, weer,...) aan de reiziger, maken daarom dat er vaak een groot verschil zal optreden tussen dat wat ervaren wordt en dat wat ook werkelijk zo is. Uiteindelijk is het echter vooral dat wat een persoon ervaart dat zijn keuze zal bepalen.

Vandaar dan ook de nood aan het definiëren van een totaal ervaren reistijd, die typisch een stuk hoger zal liggen dan de totale reële reistijd voor hetzelfde traject en die uiteindelijk naar kosten vertaald zal resulteren in een totale gegeneraliseerde kost (in plaats van een totale 'reële' kost). De totale gegeneraliseerde kost kijkt dus niet enkel naar zuiver monetaire kosten, maar brengt ook gevoelsmatige en perceptie-gerelateerde aspecten in rekening.

4.1.2.2 Uitdrukkingen voor de totale gegeneraliseerde kost van zowel het openbaar vervoer als de eigen wagen

a) De totale gegeneraliseerde kost voor het gebruik van het openbaar vervoer

Wanneer er nagedacht wordt over de verschillende elementen waaruit een typisch OV-traject kan worden opgebouwd, wordt door Iseki et al. (2006 & 2008) de volgende opdeling voorgesteld:

- de verplaatsing met het voertuig tussen de beginhalte en de eindhalte
- de verplaatsing van vertrekpunt naar beginhalte en van eindhalte naar finale bestemming
- het wachten aan de beginhalte
- het (éénmalig of meermaals) overstappen tussen twee voertuigen

Voortbouwend op deze opdeling komt Iseki et al. dan uiteindelijk tot een uitdrukking voor de totale gegeneraliseerde kost (TGK) voor het gebruik van het openbaar vervoer die er grotendeels als volgt uitziet:

$$TGK_{OV} = (Voertuigtijd + Verplaatsingstijd + Wachttijd + Overstaptijd) * Reistijdkost (RK) + Ticketkost (TK)$$

met: - Voertuigtijd = $(t_{voertuig} * w_{voertuig})$

- Verplaatsingstijd = $(t_{verplaats} * w_{verplaats})$

- Wachttijd = $(t_{wacht} * w_{wacht})$

- Overstaptijd = $(a_{overstap} * EO)$

en waarin EO, zijnde de ervaren overstaptijd voor één overstap, vervolgens nog verder kan worden uitgeschreven als:

$$EO = Verplaatsingstijd overstap + Wachttijd overstap + Overig ervaren tijdsverlies$$

$$= (t_{verplaatso} * w_{verplaats}) + (t_{wachto} * w_{wacht}) + t_{overig}$$

De verschillende variabelen en parameters in deze uitdrukkingen zijn:

- $t_{voertuig}$ = variabele die de reële tijd weergeeft die wordt doorgebracht in een voertuig voor de verplaatsing van de beginhalte naar de eindhalte
- $w_{voertuig}$ = parameter die de tijdswaardering uitdrukt voor de tijd doorgebracht in een voertuig; deze parameter wordt in de literatuur typisch gelijk aan 1 gesteld om vervolgens de overige w -waardes relatief ten opzichte van $w_{voertuig}$ uit te drukken
- $t_{verplaats}$ = variabele die de reële verplaatsingstijd weergeeft tussen vertrekpunt en beginhalte enerzijds en tussen eindhalte en finale bestemming anderzijds
- $w_{verplaats}$ = parameter die de tijdswaardering uitdrukt voor een verplaatsingsmoment (relatief t.o.v. $w_{voertuig}$)
- t_{wacht} = variabele die de reële wachttijd weergeeft aan de beginhalte
- w_{wacht} = parameter die de tijdswaardering uitdrukt voor een wachtmoment (relatief t.o.v. $w_{voertuig}$)
- $a_{overstap}$ = variabele die het totaal aantal overstappen over het gehele traject aangeeft
- $t_{verplaatso}$ = variabele die de reële verplaatsingstijd weergeeft bij het maken van een overstap
- t_{wachtO} = variabele die de reële wachttijd weergeeft bij het maken van een overstap
- t_{overig} = parameter die een maat vormt voor het bijkomend tijdsverlies ten gevolge van een overstap, dat niet reeds vervat zit in het verplaatsings- of wachtmoment
- RK = variabele die de 'value of time' van het onderweg zijn uitdrukt; het gaat hier dus om een opportuiniteitskost (uitgedrukt als prijs/tijdseenheid) die het bedrag aangeeft dat een persoon bereid zou zijn te betalen om één tijdseenheid minder lang onderweg te zijn
- TK = variabele die (een deel van) de kostprijs in rekening brengt van het vereiste ticket/(abonnement)

b) De totale gegeneraliseerde kost voor het gebruik van de eigen wagen

Wanneer er nu ook wordt nagedacht over een uitdrukking voor de totale gegeneraliseerde kost (TGK) bij het gebruik van de eigen wagen, dan kan deze geschreven worden als:

$$TGK_{wagen} = (Voertuigtijd + Verplaatsingstijd) * Reistijdkost (RK) + Kilometerkost (KK) + Parkeer kost (PK)$$

met opnieuw: - $Voertuigtijd = (t_{voertuig} * w_{voertuig})$

$$- Verplaatsingstijd = (t_{verplaats} * w_{verplaats})$$

en met de volgende bijkomende variabelen:

- KK = variabele die de gebruikskost van de wagen in rekening brengt en die typisch kan worden uitgedrukt als een kostprijs per kilometer vermenigvuldigd met het aantal afgelegde kilometers; in deze kostprijs/km is dan plaats voor de brandstofkost, verzekeringskost, onderhoudskost,... én voor de 'afschrijfkost' van de wagen (die immers aan waarde verliest naarmate er meer kilometers op de teller komen)
!Merk wel op dat het hier gaat om een 'ervaren kost' en deze dus typisch veel lager zal liggen dan de werkelijke kost, doordat de kostprijs/km vaak schromelijk onderschat wordt!
- PK = variabele die de eventuele kostprijs in rekening brengt van een parkeerplaats voor de wagen

Bovendien is het ook essentieel om op te merken dat, nog steeds uitgaande van een $w_{voertuig}$ die in de uitdrukking voor TGK_{OV} gelijk aan 1 wordt verondersteld, voor de waarde van $w_{voertuig}$ in de uitdrukking voor TGK_{wagen} bijgevolg niet langer een gelijkstelling aan 1 gerechtvaardigd is. Wanneer beide uitdrukkingen met elkaar worden vergeleken, zou het immers niet correct zijn te veronderstellen dat de tijdswaardering in de wagen en tijdswaardering in het OV-voertuig noodzakelijk aan elkaar gelijk zijn. Zo kan bijvoorbeeld een comfortabel zitje in een OV-voertuig een relatief nuttigere tijdsbesteding (en dus een $w_{voertuig}$ in TGK_{wagen} groter dan 1) mogelijk maken, maar kan anderzijds een opeengepakt rechtstaan in een OV-voertuig een relatief vervelendere tijdsbesteding ($w_{voertuig}$ in TGK_{wagen} kleiner dan 1) impliceren. Verder geldt dan logischerwijs ook dat de waarde van $w_{verplaats}$ eveneens op analoge wijze dient gecorrigeerd te worden om de relatieve verhouding ten opzichte van $w_{voertuig}$ correct op te vangen.

4.1.2.3 De belangrijke rol van het element 'onzekerheid'

Een essentieel element met grote invloed, maar dat in feite wat verscholen in de uitdrukkingen voor de totale gegeneraliseerde kost (TGK) vervat zit, is de onzekerheidsfactor. Het is immers zo dat de tijdsvariabelen in de TGK-uitdrukkingen in feite enkel 'exact' te bepalen zijn na afloop van het traject en dat, bij het eigenlijke keuzeprocess (dat zich uiteraard voor de verplaatsing afspeelt), in het hoofd van de reiziger enkel verwachte waarden voor de verschillende t-variabelen kunnen worden ingevuld. Het correct voorspellen van de waarde van $t_{verplaats}$ zal daarbij in principe geen al te groot probleem vormen, maar voor de waarden van $t_{voertuig}$ en t_{wacht} is dit veel minder het geval.

Bij de eigen wagen blijft de totale onzekerheidsfactor in principe dus nog redelijk beperkt, aangezien deze quasi uitsluitend in het variabele karakter van $t_{voertuig}$ tot uiting komt. Bij het OV is het echter zo dat niet alleen $t_{voertuig}$ een onzekerheid bevat maar dat ook t_{wacht} mee in het spel komt en dit zowel bij het initiële wachten aan de beginhalte als bij iedere overstap.

Bijvoorbeeld voor t_{wacht} wordt er door Knoppers & Muller (1995) gesteld dat de verwachte waarde een functie is van enerzijds de gemiddelde tussentijd tussen twee opeenvolgende voertuigen ($Gem(TT)$) en anderzijds ook de variantie (of m.a.w. onzekerheid) in deze tussentijd ($Var(TT)$). Een uitdrukking voor de verwachte waarde van t_{wacht} wordt dan gegeven als:

$$Verw(t_{wacht}) = \frac{Gem(TT)}{2} * (1 + \frac{Var(TT)}{Gem(TT)^2})$$

Het is dus duidelijk dat de verwachte waarde van t_{wacht} sterk afhangt van de aangeboden frequentie en de correctheid waarmee deze wordt nageleefd. Een toename in de frequentie en verminderde variantie zal dan ook logischerwijs een afname van $Verw(t_{wacht})$ met zich meebrengen.

Voor het geval van een overstap is het bovendien zo dat de tussentijd (TT) niet gezien moet worden als de tijd tussen twee opeenvolgende voertuigen van eenzelfde lijn, maar wel als de tijd tussen de aankomst van het voertuig waarop men momenteel zit en het vertrek van het eerstvolgende voertuig van de lijn waarop men wil overstappen. Dit betekent bijgevolg dat ook de kans op het missen van dit eerstvolgende voertuig nu in het spel komt, wat maakt dat bij een overstap typisch hogere waarden voor $Gem(TT)$ en zeker ook $Var(TT)$ te verwachten zijn (en zodoende dus ook een hogere $Verw(t_{wacht})$).

Om deze onzekerheidsproblematiek bij een overstap aan te pakken zijn er in se verschillende opties mogelijk. De meest eenvoudige oplossing bestaat er waarschijnlijk uit om de frequentie van de lijn waarop men overstapt zo hoog te leggen dat zelfs het missen van een aansluiting eigenlijk niet meer erg is. Volgens een omgekeerde redenering betekent dit dus dat een grenswaarde voor de tussentijd moet gezocht worden waarvoor het aankomstpatroon aan een halte quasi volledig willekeurig zou verlopen. Knoppers & Muller verwijzen hiervoor naar studies van Seddon & Day (1974) en O'Flaherty & Mangan (1990) die, respectievelijk voor het OV-net van Manchester en Leeds, bij grenswaarden van de tussentijd van 10 à 12 minuten dit willekeurig verloop konden vaststellen.

4.1.2.4 Een verder uitgediepte vergelijking tussen beide uitdrukkingen voor de totale gegeneraliseerde kost

De opmerking uit 4.1.2.2 in verband met de waarde van $w_{voertuig}$ in de uitdrukking voor de totale gegeneraliseerde kost van de eigen wagen (TGK_{wagen}) en de bedenkingen rond onzekerheid uit 4.1.2.3 maken duidelijk dat het erg belangrijk is om de verschillende elementen waaruit beide uitdrukkingen zijn opgebouwd correct te interpreteren. Een nog wat verder uitgediepte vergelijking tussen beide uitdrukkingen is dan ook aangewezen. In wat volgt wordt er daarom per deelaspect overlopen wat de typische verwachtingen of streefdoelen zullen zijn en met welke belangrijke aandachtspunten er zeker moet worden rekening gehouden.

- **Voertuigtijd**

Wat de voertuigtijd betreft zal er binnen het kader van hoogwaardig openbaar vervoer (HOV) typisch naar gestreefd worden om zowel op gebied van $t_{voertuig}$ als op gebied van $w_{voertuig}$ een positief verschil te maken ten opzichte van de wagen (m.a.w. hogere waarden van $t_{voertuig}$ en $w_{voertuig}$ voor TGK_{wagen} t.o.v. TGK_{OV}). Om een kleinere $t_{voertuig}$ voor TGK_{OV} te realiseren kan in de eerste plaats gedacht worden aan voorbehouden rijstroken of een eigen bedding, die het mogelijk maken om hinder door files of opstoppingen in het gewone verkeer te vermijden. De kleinere $w_{voertuig}$ moet, zoals in 4.1.2.2b reeds aangegeven, vooral gezocht worden in een hoog comfortniveau dat het mogelijk maakt om de reistijd nuttiger te besteden dan dat mogelijk is met de eigen wagen, waar alle aandacht logischerwijs naar het verkeer dient uit te gaan.

Een ander element dat in verband met de voertuigtijd en meer bepaald $t_{voertuig}$ niet mag vergeten worden is de tijd die nodig is voor het zoeken naar een parkeerplek. Het feit dat dit enkel bij de $t_{voertuig}$ van TGK_{wagen} van toepassing is, creëert een bijkomend voordeel voor de waarde van $t_{voertuig}$ in de uitdrukking van TGK_{OV} . Zeker in een stedelijke context kan dit een aanzienlijk verschil betekenen.

- **Verplaatsingstijd**

Met betrekking tot de verplaatsingstijd dient er qua verwachte waarde voor $t_{verplaats}$ een onderscheid te worden gemaakt tussen de verplaatsing van het vertrekpunt naar de beginhalte en de verplaatsing van de eindhalte naar de finale bestemming. Voor de verplaatsing van het vertrekpunt naar de beginhalte is het in principe altijd de eigen wagen die een voordeel heeft aangezien je, zeker bij vertrek van thuis uit, normaal gezien sneller je auto dan de dichtstbijzijnde halte kan bereiken. Of dit voordeel uiteindelijk behouden blijft of eerder terug wordt genivelleerd zal dus sterk afhangen van de omgeving van de finale bestemming.

De waarde van $w_{verplaats}$ is in beide gevallen logischerwijs gelijk (althans toch relatief t.o.v. $w_{voertuig}$). Wel is het belangrijk om hierbij nog op te merken dat er in de literatuur zo goed als altijd wordt van uitgegaan dat de verplaatsingen van en naar halteplaatsen al wandelend wordt afgelegd. Opnieuw met betrekking tot HOV, waarbij er met het oog op een snelle verbinding typisch een kleiner aantal haltes wordt voorzien, zullen reizigers echter sneller getriggerd zijn om voor de verplaatsing naar de beginhalte de fiets of auto te nemen. Het spreekt voor zich dat het dan niet mag vergeten worden om de waarde van $w_{verplaats}$ voor dergelijke situaties op gepaste wijze bij te stellen.

- **Wacht- & Overstaptijd**

Wacht- en overstaptijd zijn enkel van toepassing op het openbaar vervoer, wat dan ook betekent dat de eigen wagen hier altijd in het voordeel zal zijn. Voor de overstaptijd geldt daarnaast dat, hoewel deze ook in een verplaatsingsgedeelte, wachtgedeelte en overige tijds-kost kan worden opgesplitst, er in de (weliswaar beperkte) literatuur rond dit onderwerp meestal voor gekozen wordt om deze in één algemene 'penalty'-waarde uit te drukken.

- **Reistijd-kost**

De reistijd-kost kan voor beide uitdrukkingen gelijk worden genomen. De verschilpunten zitten immers volledig in de w - (en t -) waardes vevat.

- **Ticketkost vs. Kilometer- & Parkeerkost**

Wat de ticketkost bij het OV betreft is het uiteraard logisch dat deze in principe een stuk voordeliger zal uitkomen dan de kilometer- en parkeerkost voor het gebruik van de eigen wagen. Een mogelijk aandachtspunt is er wel bij het segment van het woon-werk verkeer. Voor heel wat personen is het immers zo dat hun verplaatsingskosten van en naar het werk vergoed worden door het bedrijf

waarvoor ze werken (bijvoorbeeld in de vorm van een kilometer- of een OV-vergoeding). In dergelijke gevallen kan het dan ook perfect zo zijn dat de voertuigkosten (hetzij een ticketkost in het geval van het OV, hetzij een kilometer- en parkeerkost in het geval van de wagen) toch zeker qua perceptie grotendeels zullen wegvallen en er bijgevolg van een voordeligere voertuigkost voor het OV eigenlijk geen sprake meer is. In het geval van een bedrijfswagen met tankkaart kan het bovendien zelfs zo zijn dat ook privé-verplaatsingen met de eigen wagen in feite 'gratis' worden. Deze groep van reizigers toch nog naar het openbaar vervoer halen, wordt dan (zeker voor verplaatsingen over langere afstand en buiten de stedelijke context) een haast onmogelijke opgave.

4.1.2.5 Tussentijdse conclusie i.v.m. de vergelijking van de totale gegeneraliseerde kosten

Uit de gedetailleerde vergelijking van 4.1.2.4 blijkt duidelijk dat het allerm minst vanzelfsprekend is om beide uitdrukkingen zomaar in veralgemeende vorm en over een grote populatie met elkaar te vergelijken. Er zijn immers heel wat verschillende elementen die voor ieder individu of iedere specifieke situatie uniek zijn en die het totale plaatje van welke totale gegeneraliseerde kost (TGK) uiteindelijk het kleinst zal zijn sterk kunnen beïnvloeden. Hoe mooi het in theorie dus ook zou zijn, om op basis van een veralgemeende en éénduidige schatting voor beide uitdrukkingen (en de bijkomende voorwaarde $TGK_{OV} < TGK_{wagen}$) een waarde voor de maximaal toegelaten (ervaren) overstaptijd van een bepaalde verbinding te kunnen vastleggen, in praktijk is dit duidelijk niet haalbaar. Ook de opmerkingen rond onzekerheid van 4.1.2.3 werken deze vaststelling overigens nog extra in de hand. De verschillende tijdsvariabelen in de uitdrukkingen voor de totale gegeneraliseerde kost liggen immers slechts vast ná afloop van de verplaatsing, terwijl het keuzeproces zich vóóraf, op basis van verwachte waarden, afspeelt.

Anderzijds kan het echter wel interessant zijn om enkel de uitdrukking voor TGK_{OV} op zichzelf meer in detail te bekijken. Wanneer er voor deze uitdrukking een idee kan gevormd worden over de algemeen te verwachten ('gemiddelde') waarden van de verschillende parameters die er in voorkomen, wordt het immers mogelijk een beeld te krijgen van het aandeel en de mogelijke impact van de overstap op het geheel. Een exacte en éénduidig bepaalde waarde is daarvoor dus niet noodzakelijk; een algemeen idee van gangbare waarden voor de verschillende parameters en vooral hun relatieve verhouding ten opzichte van elkaar volstaat.

4.1.3 Gangbare waarden voor de parameters uit de uitdrukking voor de totale gegeneraliseerde kost van het openbaar vervoer en analyse van de impact van de overstap op het geheel

4.1.3.1 Bepaling van gangbare waarden voor de tijdswaardering van een verplaatsings- en een wachtmoment

In de internationale literatuur wordt er voor het uitdrukken van tijdswaarderingen gewerkt met de term 'value of time' (VOT). De waarde voor de tijdswaardering van een verplaatsingsmoment ($w_{verplaats}$) kan dan vertaald worden naar een 'value of walking time' (er wordt hier dus verondersteld dat de verplaatsingen van en naar een halte veelal te voet gebeuren) en de gezochte waarde voor de tijdswaardering van een wachtmoment (w_{wacht}) naar een 'value of waiting time'.

Op gebied van deze VOT-waardes is de belangrijkste en meest geciteerde bron waarschijnlijk de paper van Wardman uit 2004. In deze paper stelt hij vast dat uit de allereerste studies rond dit onderwerp (voor 1987), die vooral gebaseerd waren op 'revealed preference' (RP) data, een waarde van twee of meer keer de voertuigtijd wordt teruggevonden, zowel voor de tijdswaardering van het wachten als het wandelen. Recentere studies (van na 1987), veelal op basis van 'stated preference' (SP) gegevens, blijken daarentegen een stuk lagere waardes uit te komen met VOT's van 1,47 voor het wachten en

1,66 voor het wandelen. Naar aanleiding van dit vastgestelde verschil werd door Wardman dan ook besloten een eigen onderzoek uit te voeren (o.b.v. regressieanalyses) en werd uiteindelijk de weergave van tabel 18 als resultaat bekomen.

Uit tabel 18 blijkt dat een toename van de totaal af te leggen afstand en afname van het aandeel van de wacht- of wandeltijd in de totale verplaatsing, een daling in de bijhorende VOT-waarde tot gevolg hebben, wat ook aansluit bij wat intuïtief verwacht kan worden. Wat de gemiddelde waarden voor beide VOT's betreft wordt uiteindelijk besloten dat de resultaten van na 1987 vermoedelijk negatief beïnvloed zijn door SP-gerelateerde invloeden, waardoor waarden bekomen werden die te laag zijn. Er wordt immers geconstateerd dat het redelijk is om de tijdswaardering voor het wandelen gemiddeld op een vuistregel van ongeveer 2 maal de waardering van de voertuigtijd te plaatsen en om voor de gemiddelde tijdswaardering van het wachten voor een factor 2,5 te opteren.

Tabel 18: Originele waarden VOT's voor wandelen en wachten i.f.v. modus, afstand en wandel-/wachtijd (Wardman, 2004)

2004 Afstand (km/mijl)	Wandel-/ Wachtijd (min)	Bus		Spoor	
		Wandelen	Wachten	Wandelen	Wachten
3,22 / 2	5	2.15	2.97	1.65	2.90
	10	2.59	3.31	1.99	3.24
	20	3.13	3.69	2.40	3.61
16,09 / 10	5	1.91	2.64	1.46	2.58
	10	2.30	2.94	1.77	2.88
	20	2.78	3.28	2.13	3.21
80,47 / 50	5	1.70	2.35	1.30	2.30
	10	2.05	2.62	1.57	2.56
	20	2.47	2.92	1.90	2.85

Naast de paper uit 2004 is er echter ook nog een vervolgpaper van Wardman & Abrantes uit 2011, waarin de voorafgaande analyse uit 2004 verder wordt uitgebreid door het toevoegen van nieuwe studies en het uitbreiden van de set van verklarende variabelen, die gebruikt worden bij het uitrekenen van het model. In totaal werd er zo op basis van 226 verschillende studies (uitgevoerd tussen 1960 en 2008) een enorme dataset samengesteld.

De resultaten die uiteindelijk bekomen werden blijken toch redelijk sterk af te wijken van de resultaten uit 2004, zoals ook blijkt uit tabel 19. Bovendien valt op dat het verschil tussen de VOT-waarden voor wachten en wandelen haast verwaarloosbaar klein wordt. Een echte verklaring voor deze verschillen wordt door Wardman & Abrantes echter niet meteen geboden. Zij stellen vooral vast dat er mogelijks toch een draagvlak is om aan te nemen dat de VOT's voor wachten en wandelen gemiddeld genomen iets onder de aangenomen factor 2 moeten gezocht worden en dat er daarnaast nood is aan extra studies die hier specifiek op focussen (eerder dan het secundair meenemen van deze waarden, zoals in de beschouwde studies vaak het geval was).

Tabel 19: Update VOT's voor wandelen en wachten i.f.v. modus, afstand en wandel-/wachtijd (Wardman & Abrantes, 2011)

2011 Afstand (km/mijl)	Wandel-/ Wachtijd (min)	Bus		Spoor	
		Wandelen	Wachten	Wandelen	Wachten
3,22 / 2	5	1.37	1.34	1.59	1.55
	10	1.47	1.41	1.70	1.63
	20	1.57	1.49	1.82	1.72
16,09 / 10	5	1.37	1.34	1.59	1.55
	10	1.47	1.41	1.70	1.63
	20	1.57	1.49	1.82	1.72
80,47 / 50	5	1.16	1.14	1.35	1.31
	10	1.25	1.20	1.44	1.38
	20	1.33	1.26	1.54	1.46

4.1.3.2 Bepaling van een gangbare waarde voor de ervaren overstaptijd

Hoewel de waarde van de ervaren overstaptijd (EO) in principe bepaald wordt door dezelfde parameters $w_{verplaats}$ en w_{wacht} als in 4.1.3.1, aangevuld met de extra parameter t_{overig} , wordt er in de literatuur toch voornamelijk voor gekozen om de waarde van EO als parameter op zich te beschouwen en deze zo nauwkeurig mogelijk te bepalen onder de term 'transfer penalty' (TP).

Wat betreft deze TP-waarde is het, in tegenstelling tot de VOT-waardes, een stuk lastiger om veel literatuur hierover terug te vinden. Het veruit meest uitgebreide werk rond 'transfer penalty's' is vermoedelijk de paper van Guo (2008) en vervolgpaper van Guo & Wilson (2010). Hierin wordt op een erg diepgaande manier een routekeuze-algoritme uitgewerkt, dat vervolgens de mogelijkheid biedt om voor elke overstapplaats in een beschouwd netwerk een afzonderlijke TP-waarde uit te rekenen.

De ontwikkelde methode wordt door Guo & Wilson vervolgens toegepast op het metronetwerk van Boston, waarbij de TP's voor de verschillende halteplaatsen in het netwerk (waar een overstap naar een andere lijn mogelijk is) worden berekend. Wat daarbij opvalt, is dat er voor de verschillende overstapplaatsen heel uiteenlopende waardes worden teruggevonden die gaan van een minimum van 1,6 tot een maximale waarde van 31,8 minuten en waarbij een gemiddelde van om en bij de 16 minuten wordt vastgesteld. Het hoeft hierbij niet te verbazen dat de lage TP-waarden werden vastgesteld bij goed verzorgde overstapplaatsen met een hoog frequente bediening en korte afstanden tussen de verschillende perrons en dat de hoge TP-waarden dan weer geassocieerd dienden te worden met vaak minder goed onderhouden overstapplaatsen waarbij ook de frequentie van de voorbijkomende lijnen veel lager lag.

Om echter op basis van dit ene onderzoek deze waarde van ongeveer 16 minuten meteen als een algemeen gemiddelde te gaan gebruiken, is waarschijnlijk wat te kort door de bocht. Zo kan bijvoorbeeld geargumenteed worden dat het hier qua type overstap steeds gaat om metro-metro connecties, terwijl er voor een ander type overstap (bijvoorbeeld, met het oog op de geformuleerde onderzoeksvraag, voor een type meer in de richting van een bus-lichtrail connectie) mogelijks al een afwijking ten opzichte van dit gemiddelde zou kunnen worden vastgesteld.

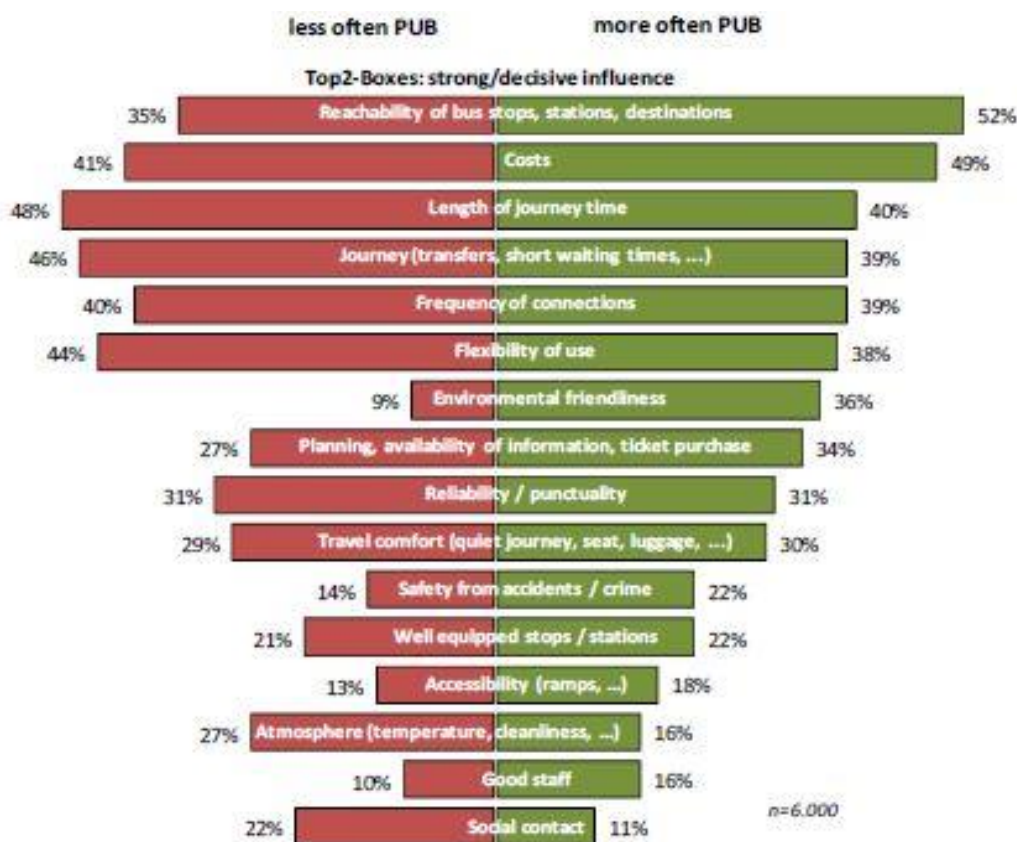
Toch zijn er ook argumenten aan te halen die er op kunnen wijzen dat het verschil tussen een metro-metro connectie en bijvoorbeeld de bus-lichtrail connectie uiteindelijk niet zo enorm groot zal zijn. Zo wordt immers in een rapport van de Central Transportation Planning Staff (1997) (in opdracht van het US Department of Transportation) voor de stad Boston, over alle vervoerswijzecombinaties samen, een gemiddelde TP-waarde tussen 12 en 15 minuten aangehaald en ook een paper van Hunt (1990) berekent voor een heel ander netwerk een bus-lichtrail TP-waarde van 17,9 minuten. Kiezen voor een gemiddelde waarde ergens tussen 15 en 20 minuten blijkt dan ook niet onrealistisch te zijn.

4.1.3.3 Tussentijdse conclusie i.v.m. aandeel en impact van de overstap op het gehele traject

Wat nu het aandeel en de impact van de overstap op het geheel betreft, kunnen uit 4.1.3.2 twee algemene conclusies getrokken worden.

Ten eerste blijkt dat een ervaren tijdsverlies, dat per overstap waarschijnlijk ergens tussen de 15 en 20 minuten moet geplaatst worden, een niet te verwaarlozen element vormt. Hieruit volgt dan ook dat het overstapproces zeker de nodige aandacht verdient. Ook een enquête van UseMobility uit 2012, waarbij verspreid over zes Europese landen meer dan 10000 interviews in verband met keuzeprocessen voor openbaar vervoer werden afgenomen, bevestigt overigens het belang van de overstap in het beslissingsproces. De resultaten van het onderzoek tonen aan dat recentelijk geswitchte reizigers hun veranderde voorkeur verklaren als een mix van veranderingen in hun persoonlijke situatie, pull-in factoren en push-out factoren. Een schematische voorstelling (figuur 27)

van de belangrijkste pull-in en push-out factoren laat zien dat, na de lengte van de reistijd op zich, vooral het onaangename verloop van de verplaatsing, met een hoog aantal overstappen en de daarmee samengaande lange wachttijd als voornaamste elementen, als belangrijkste push-out factor wordt ervaren. Daarnaast vormt dit deelaspect overigens ook een potentieel belangrijk pull-in element (op een vierde plaats). Ook deze vaststelling onderstreept alleen maar bijkomend het belang ervan.



Figuur 27: Voornaamste pull-in (groen) en push-out (rood) factoren voor het OV (UseMobility, 2012)

Een tweede, nog belangrijker, element is echter het feit dat, wanneer bijvoorbeeld gekeken wordt naar een interval gaande van 1,6 tot 31,8 voor specifieke overstapplaatsen, er ook zeker voldoende mogelijkheden liggen om de gemiddeldes van 15 à 20 minuten voor specifiek geselecteerde overstapplaatsen een heel eind terug te dringen. Een aangepast beleid met extra aandacht voor de overstapfaciliteiten is dan ook niet onbelangrijk. Het is met andere woorden essentieel om deze gemiddelde waarde niet als een vaststaand feit maar wel als een belangrijke opportuniteit te beschouwen.

4.1.4 Invloedrijke factoren en bijhorende maatregelen ter verbetering van de overstapbereidheid

4.1.4.1 Opdeling en schematisering van de factoren met invloed op de ervaren overstaptijd

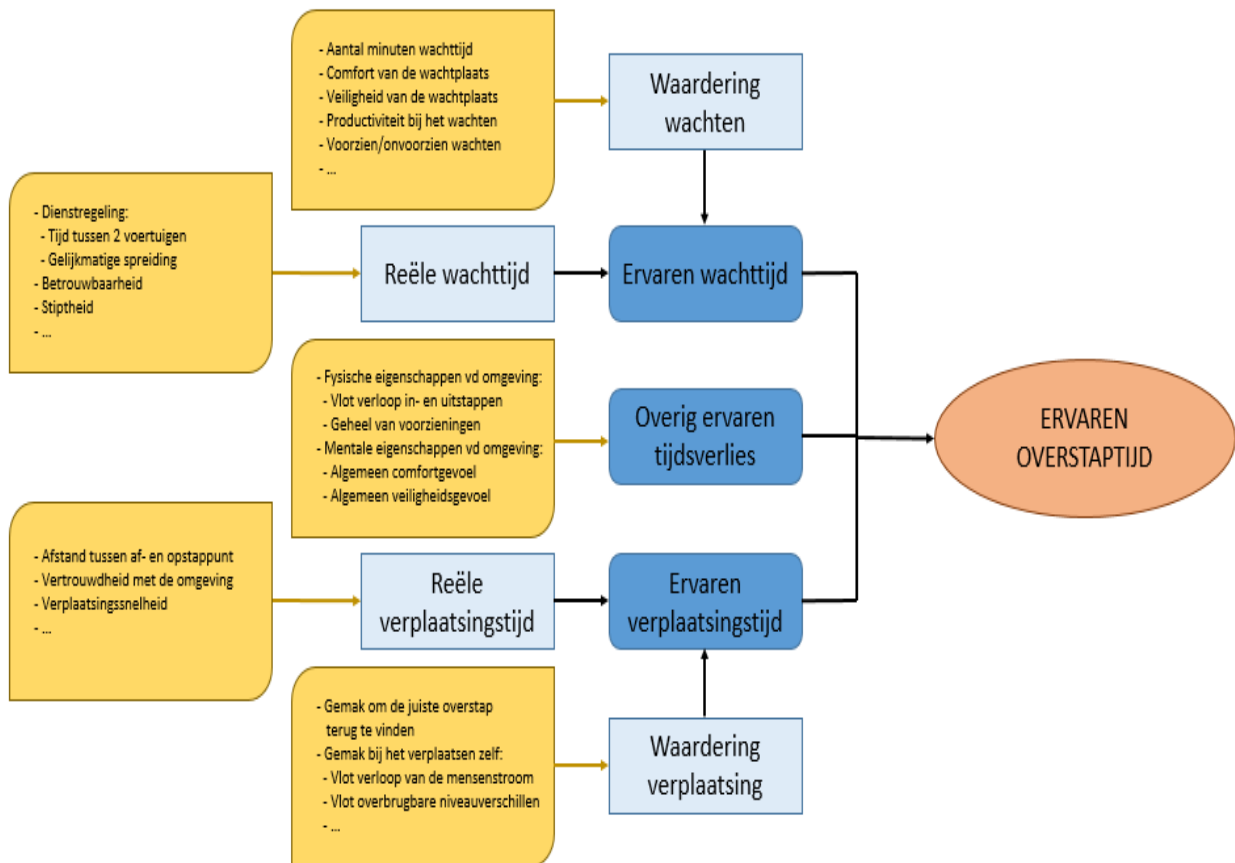
Voortgaand op de conclusies uit 4.1.3.3 is het bijgevolg nuttig om na te gaan welke factoren een invloed op de overstaptijd uitoefenen en welke maatregelen daar eventueel uit kunnen worden afgeleid.

Op basis van het werk van Iseki & Taylor (2008), werd daarom het schema opgesteld zoals te zien in **figuur 28**, waarin, voor de verschillende deelaspecten uit de gevonden uitdrukking voor de ervaren overstaptijd (EO), wordt aangegeven welke factoren hier hun invloed op uitoefenen.

Algemeen genomen zijn er **drie verschillende categorieën van factoren** te onderscheiden:

- Een eerste categorie zijn de **operationele factoren**. Voorbeelden hiervan zijn de tijd tussen twee opeenvolgende voertuigen, de betrouwbaarheid, de stiptheid van de dienstverlening en de beschikbaarheid van up-to-date informatie.
- **Factoren met betrekking tot de eigenschappen van de omgeving** vormen een tweede groep. Hierbij kan gedacht worden aan allerlei voorzieningen met betrekking tot de algemene veiligheid, het comfort en het gebruiksgemak.
- De derde categorie zijn de **persoonlijke, passagiersgerelateerde factoren**. Elementen die hierbij een rol spelen zijn bijvoorbeeld de vertrouwdheid met het OV-systeem, het feit of de wachttijd al dan niet op voorhand was ingecalculeerd of bijvoorbeeld ook de mogelijkheid om zich tijdens het wachten al dan niet nuttig te weten bezighouden.

Zoals ook blijkt uit figuur 28 zal de eerste groep van factoren vooral zijn impact hebben op de reële wachttijd en zal het overig ervaren tijdsverlies voornamelijk bepaald worden door elementen uit de tweede categorie. Voor de overige aspecten van EO (waardering wachten, waardering verplaatsing en reële verplaatsingstijd) kan worden vastgesteld dat ze zich in hoofdzaak aan invloeden uit een combinatie van de tweede en derde groep mogen verwachten.



Figuur 28: Invloedrijke factoren gekoppeld aan deelaspecten v.d. ervaren overstaptijd (gebaseerd op Iseki & Taylor, 2008)

4.1.4.2 De beïnvloedbare factoren vertaald naar bijhorende maatregelen

Voortbouwend op bovenstaande schematisering kan nu ook worden aangegeven welke (vanuit het standpunt van een OV-maatschappij) *beïnvloedbare* factoren op welke deelaspecten van de ervaren overstaptijd (blauw in figuur 28) kunnen inwerken. **Tabel 20** geeft hiervan een samenvattend overzicht.

Tabel 20: Beïnvloedbare factoren en invloed op deelaspecten v.d. ervaren overstaptijd (gebaseerd op Iseki & Taylor, 2008)

BEÏNVLOEDBARE FACTOREN	Reële effecten t.o.v.		Perceptie t.o.v.		Invloeden t.o.v. overige zaken
	Tijd	Afstand	Wachten	Verplaatsing	
Operationele planning					
Voertuigplanning	✓	✓	✗	✗	✗
Stiptheid	✓	✗	✓	✗	✗
Real-time voertuigtracking	✓	✗	✓	✗	✗
Ruimtelijke uitbouw overstapplaats					
Connectiviteit en betrouwbaarheid	✓	✗	✓	✗	✗
Comfort	✗	✗	✓	✓	✓
Veiligheid	✗	✗	✓	✓	✓
Informatieverstrekking	✗	✓	✓	✓	✓
Toegankelijkheid	✓	✓	✗	✓	✗

De beïnvloedbare factoren kunnen volgens Iseki & Taylor typisch in **twee groepen** worden opgedeeld. Enerzijds zijn er een drietal elementen die te maken hebben met de **operationele planning (voertuigplanning, stiptheid en real-time voertuigtracking)**. De overige vijf factoren (**connectiviteit en betrouwbaarheid, comfort, veiligheid, informatieverstrekking en toegankelijkheid**) vallen anderzijds te groeperen als elementen met betrekking tot de **ruimtelijke uitbouw van de overstapplaats**. Voor iedere groep worden in wat volgt de meest relevante maatregelen aangehaald, waarbij ook verwijzingen van Iseki & Taylor naar papers die specifiek op een bepaald onderdeel toespitsen worden vermeld.

- **Operationele planning**

Zowel de frequentie van het aanbod, de stipte naleving van de dienstregeling alsook een goede informatieverstrekking (zowel vast als real-time) hebben een invloed op zowel de reële als de gepercipieerde wachttijd. Logischerwijs kan een toename van de frequentie de gemiddelde wacht- en transfertijden doen reduceren (zie hiervoor ook de reeds aangehaalde vermeldingen i.v.m. frequentie in 4.1.2.3 en 4.1.3.2) en is het verbeteren van de stiptheid door bijvoorbeeld in te zetten op eigen beddingen, ingebouwde tijds marges,... van cruciaal belang om het vertrouwen van de reizigers te laten toenemen omwille van een gereduceerde kans op onvoorziene extra wachttijden. Verder kan ook een duidelijk voorgestelde en gemakkelijk onthoudbare dienstregeling (Pratt & Bevis, 1977) een positief effect hebben op de ervaring van het reizen met het OV en het maken van een overstap in het bijzonder. Doorkomsttijden aan belangrijke knooppunten die symmetrisch ten opzichte van het uur worden opgesteld zijn hiervan een goed voorbeeld (Webster & Bly, 1980). Ook het specifiek opstellen van de dienstregeling voor het zo goed mogelijk faciliteren van belangrijke overstapbewegingen is overigens een mogelijke optie (Salzborn, 1980). Voor grotere overstapplaatsen kan daarnaast ook een weloverwogen voertuigplanning wonderen doen. Niet alleen een overeenstemming tussen vraag en aangeboden capaciteit op elk moment van de dag is hierbij logischerwijs belangrijk, maar ook het plannen van frequent gebruikte overstappen op dicht bij elkaar gelegen perrons kan zowel de efficiëntie als de veiligheid ten goede komen. Naast deze eerder 'statische' maatregelen kan er tot slot ook nagedacht worden over meer 'dynamische' manieren van ingrijpen in de operationele planning. Zo kunnen er immers systemen uitgedacht worden waarbij een bepaald voertuig even op een ander voertuig gaat wachten om op die manier de hoge kost van een gemiste overstap voor een grote groep van reizigers te kunnen vermijden (Abkowitz et al., 1987).

- Ruimtelijke uitbouw van de overstapplaats

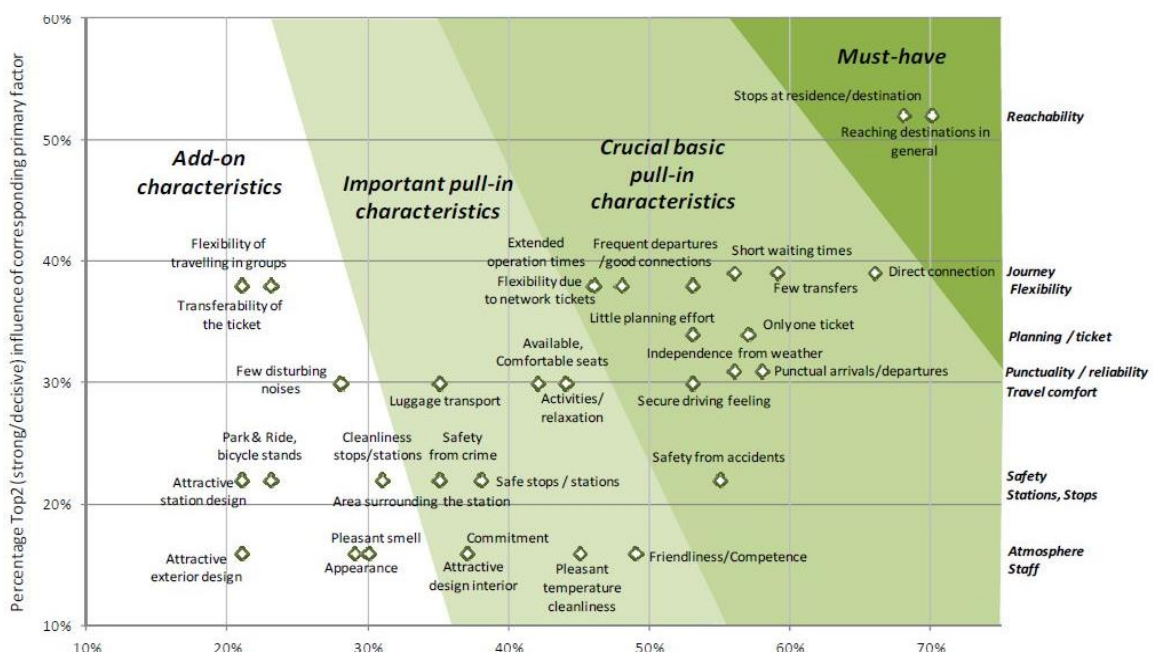
De beredeneerde uitbouw van een overstapplaats kan een belangrijke impact hebben op de wandel- en wachttijden, de vereiste inspanning bij het wachten en wandelen, het algemene comfort, de veiligheid,... Algemeen genomen kunnen de vereisten voor een 'gebruiksvriendelijke' overstapplaats samengevat worden in de vijf bepalende factoren van tabel 20. Met betrekking tot de informatieverstrekking en de goede toegankelijkheid moet de nadruk voornamelijk gelegd worden op het creëren van een 'leesbare' omgeving. Zeker voor grotere overstapplaatsen kunnen elementen zoals een duidelijke en volledige bewegwijzering (zowel wandelrichting als wandeltijd), het doelmatig bijsturen van mensenstromen of het strategisch plaatsen van ticketmachines en infoborden een grote impact hebben op zowel de reële als ervaren wandeltijd (Dziekhan, 2008). Ook het belang van comfortverhogende voorzieningen zoals propere zitbanken, voldoende schaduwplekken, (goed werkende) waterfontein(tjes),... mag, vooral met het oog op een aangename wachtomgeving, zeker niet onderschat worden. Een laatste cruciale factor is tot slot de veiligheid. Wanneer bij een bepaalde reiziger het ervaren risicogevoel een persoonlijke grenswaarde overschrijdt, zal hij zich immers altijd genoodzaakt zien op zoek te gaan naar een alternatief, hoe positief alle overige elementen ook mogen geëvalueerd worden. Het gevoel van veiligheid kan dan echt een allesbepalende spelbreker zijn (Ligett et al., 2001).

4.1.4.3 Relatieve impact van de beïnvloedbare factoren

Tabel 20 geeft dus aan welke beïnvloedbare factoren op welke elementen met betrekking tot de overstapkost een invloed kunnen uitoefenen, maar zoals door Iseki & Taylor ook wordt aangehaald is er **vooral nog onvoldoende onderzoek** uitgevoerd naar het relatieve belang en de relatieve impact van deze factoren (en bijhorende maatregelen).

Met betrekking tot dit relatieve belang werden in de literatuur dan ook **slechts enkele resultaten** teruggevonden. Bovendien gaat het hier telkens om extra toevoegingen in het kader van een ruimer onderzoek, eerder dan onderzoeken naar de relatieve impact van beïnvloedbare factoren op zich.

Een eerste voorbeeld vormt figuur 29 uit de enquête van UseMobility (2012). Figuur 29 geeft namelijk een overzicht van de voornaamste secundaire pull-in factoren, die telkens verbonden zijn aan één van de overkoepelende (primaire) elementen die rechts van de figuur staan aangegeven en eerder al in figuur 27 werden opgesomd. De relatieve impact van deze secundaire karakteristieken (gaande van 'add-on' tot 'must-have') komt hierin duidelijk naar voren.



Figuur 29: Relatieve impact van de voornaamste secundaire pull-in factoren voor het OV (UseMobility, 2012)

Een tweede element waarnaar daarnaast nog kan verwezen worden is een survey in het kader van het Transit Cooperative Research Program (Transportation Research Board, 1999). Deze survey werd opgevat in de vorm van een 'Transit Design Game', waarin reizigers gevraagd werden om de voor hen belangrijkste services te 'kopen', met een (fictief) vast budget als beperkende factor. Budget dat niet werd gespendeerd zou resulteren in een reductie van de ticketprijs.

De resultaten van dit onderzoek toonden aan dat:

- een goede beschutting als het belangrijkste werd ervaren, met een duidelijke meerderheid aan respondenten die bereid waren om geld te spenderen aan de kwaliteit van de beschutting en daarbij af te zien van een goedkoper tarief voor hun ticket
- informatieverstrekking kwam als tweede voornaamste element naar voren, met meer dan 50% van de reizigers die wilden betalen voor 'gewone' informatie en ongeveer 1/3 van de respondenten die zouden betalen voor real-time informatie
- op een derde plaats eindigde een ex-aequo van verlichting en zitbanken, met net geen 50 % aan betalingsbereidheid

4.1.4.4 Nood aan een benadering als 'geplande' overstap

Een goede aanvulling (en in feite ook samenvatting) van bovenstaand deel rond invloedrijke factoren en bijhorende maatregelen is tot slot nog de paper van Chowdhury & Ceder (2013). Chowdhury & Ceder geven hierin aan dat het belangrijk is om een onderscheid te maken tussen een 'geplande' overstap (intentioneel ontworpen door beleidsmakers en netwerkplanners) enerzijds en een 'ongeplande' overstap ('ontworpen' door de reizigers zelf en zonder doelbewuste ondersteuning van de OV-maatschappij) anderzijds. Hun stelling is dat een overstap enkel een succes kan zijn wanneer deze zo goed als mogelijk aan de verschillende karakteristieken van een 'geplande' overstap voldoet. **Het komt er in essentie dus op neer om de overstap bij de reiziger te laten aanvoelen als doelbewust zo ontworpen. Een reiziger moet met andere woorden het gevoel hebben dat de overstap die hij moet maken een intrinsiek deel is van het gehele systeem en niet gewoon een mogelijkheid die zich aandient doordat twee lijnen toevallig beiden in de buurt van hetzelfde punt halt houden.**

De vijf elementen waaraan moet voldaan zijn om een overstap als 'gepland' te kunnen beschouwen worden weergegeven in **tabel 21**. Daarnaast wordt voor elk van deze elementen nog verder gespecificeerd welke typische karakteristieken hiermee verband houden. Het valt onmiddellijk op dat veel van de hiervoor reeds aangehaalde beïnvloedbare factoren en maatregelen hierin ook duidelijk vervat zitten.

Tabel 21: Vereiste elementen om een overstap als 'gepland' te kunnen beschouwen (Chowdhury & Ceder, 2013)

Planned Transfer Attributes	Characteristics
Network integration	<ul style="list-style-type: none"> • Physical overlap of service lines • Combination of high frequency routes and low frequency routes (feeder services) • Network coverage • Easy accessibility to PT network
Integrated timed-transfer	<ul style="list-style-type: none"> • Minimize transfer waiting time • Synchronize scheduled routes
Integrated physical connection for transfers	<ul style="list-style-type: none"> • Sheltered walkways • Security measures to protect transit users between separate stations/stops • Information such as directional signage and maps to link stations/stops at separate locations
Information integration	<ul style="list-style-type: none"> • Journey planner to assist transit users in planning their transfers among all PT services • Real-time information (arrival/departure/delay times) at stations/stops • En-route guidance providing real-time information • Maps and timetables for all PT services at stations/stops
Fare and ticketing integration	<ul style="list-style-type: none"> • Smart cards used for all services • No additional cost for transfers

Om bovenstaande stellingname te verifiëren en verder kracht bij te zetten, werden, op basis van een enquête bij OV-gebruikers, de verschillen in perceptie tussen twee reële overstappen met elkaar vergeleken. De ene overstap voldeed zeer goed aan de karakteristieken van de ‘geplande’ overstap, terwijl de andere overstap daarentegen als volledig ‘ongepland’ kon bestempeld worden. Een analyse van de resultaten bevestigde dat de bereidheid tot het maken van een bepaalde overstap significant stijgt naarmate de attributen van deze overstap nauwer aansluiten bij de hierboven opgelijste kenmerken.

4.1.5 Een alternatieve evaluatiemethode: de verplaatsingstijdfactor

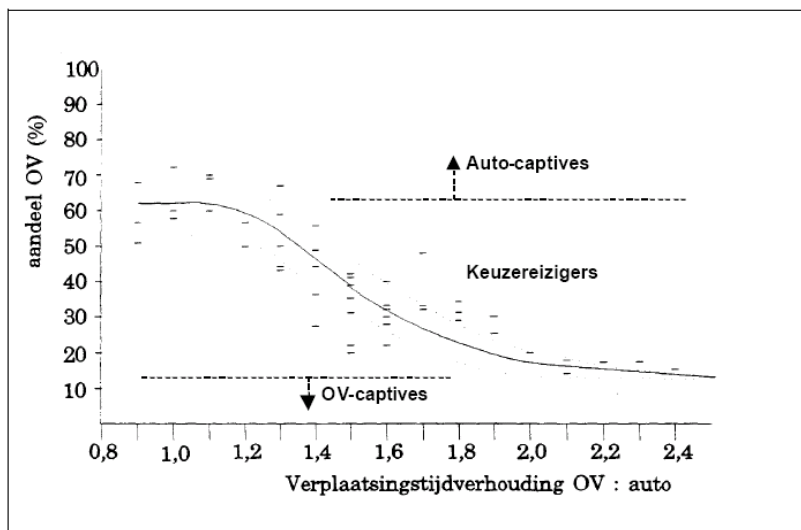
4.1.5.1 Het concept

Ter volledigheid van dit theoretisch kader rond overstapbereidheid is het tot slot nog belangrijk te vermelden dat, hoewel het hier in detail uitgewerkte concept van de totale gegeneraliseerde kost (TGK) waarschijnlijk de eigenlijke realiteit van het keuzeproces tussen openbaar vervoer en eigen wagen (en de daarvan deel uitmakende overstapproblematiek) het best beschrijft, er in de literatuur rond vervoerswijzekeuze zeker ook nog alternatieve evaluatiemethoden gebruikt worden.

Een interessant voorbeeld van zo’n alternatieve methode, die vooral in eenvoud en vatbaarheid heel wat troeven biedt, is het concept van de verplaatsingstijdfactor (VF-factor). Deze VF-factor, in 1989 geïntroduceerd door van den Heuvel & Schoemaker, is een maat voor de totale verplaatsingstijd per openbaar vervoer gedeeld door de totale verplaatsingstijd met de eigen wagen.

Bij de VF-factor hoort vervolgens ook een VF-curve (**figuur 30**), die op haar beurt de relatie weergeeft tussen de VF-factor en het aandeel van het openbaar vervoer voor een bepaald traject. De curve werd geschat op basis van allemaal verschillende reële OV-verbindingen, waarvoor telkens de VF-factor en het totale aandeel van het OV voor het bijhorende herkomst-bestemmingspaar werden vertaald naar een punt op de grafiek.

Belangrijk om hierbij nog op te merken is dat de curve begrensd wordt door twee horizontale asymptoten. Een eerste asymptoot, te associëren met zeer kleine waarden van de VF-factor, komt overeen met een OV-aandeel van zo’n 60 à 65 %. Deze asymptoot geeft aan dat een dergelijk OV-aandeel in principe als maximaal haalbare waarde moet gezien worden (er zullen immers altijd reizigers zijn die nooit van hun auto weg te halen zijn, de zogenaamde ‘auto-captives’) en maakt ook duidelijk dat een VF-factor lager dan 1,2 in feite nauwelijks zin heeft. Voor de tweede asymptoot geldt uiteraard een soortgelijke redenering. Hieruit blijkt dat er, hoe hoog de VF-factor ook mag worden, altijd reizigers zullen zijn (zo’n 10 % en benoemd als ‘OV-captives’) die toch genoodzaakt zijn het OV-alternatief te gebruiken (bijvoorbeeld omdat zij simpelweg niet over een eigen wagen beschikken).



Figuur 30: VF-curve met het OV-aandeel i.f.v. de verplaatsingstijdverhouding (van den Heuvel & Schoemaker, 1989)

Een verdere analyse van de VF-curve laat daarnaast ook toe om, gegeven een zeker type OV-lijn, een streefwaarde voor de VF-factor te bepalen. Immers & Corman (2011) stelden zo bijvoorbeeld in hun lessen de streefwaarden uit tabel 22 voorop. Een in praktijk vaak gebruikte reistijdfactor van 1,5 blijkt hieruit een goede streefwaarde te zijn voor alle lijnen die in afstand beperkt blijven tot interregionaal verkeer (50 à 80 km) en gericht zijn op de bediening en ontsluiting van subcentra.

Tabel 22: Streefwaarden voor de VF-factor i.f.v. het type verplaatsing (Immers & Corman, 2011)

Stelsel	verplaatsingsafstand	Streefwaarde VF ¹⁾	
		Naar hoofdcentrum	Naar subcentrum
Verbindende stelsels:	300 – 800 km	0,8	1,0
▪ Internationaal	150 – 300 km	1,0	1,3
▪ Nationaal	80 – 150 km	1,1	1,4
▪ Interregionaal	50 – 80 km	1,2	1,5
▪ Regionaal	30 – 50 km	1,3	1,6
Ontsluitende stelsels ²⁾	15 – 30 km	1,4	1,7
	10 – 15 km	1,6	1,9
	5 – 10 km	1,7	2,0

1) VF = de totale verplaatsingstijd per openbaar vervoer gedeeld door de totale verplaatsingstijd per auto

2) Bij ontsluitende stelsels worden geen harde eisen gesteld aan de verplaatsingstijd omdat deze ondergeschikt is aan de eisen met betrekking tot de beschikbaarheid naar plaats

4.1.5.2 De vertaling naar een model

Het concept van de verplaatsingstijdsfactor (VF-factor) en de bijhorende VF-curve wordt echter nog een stuk interessanter wanneer dit ook vertaald kan worden naar een wiskundig model. In een vervolgstudie uit 1993 wordt door van Goeverden & van den Heuvel een dergelijk model opgesteld, dat de VF-curve zo nauwkeurig mogelijk tracht te benaderen.

Een eerste eenvoudig model drukt simpelweg de relatie uit tussen de VF-factor en het aandeel van het openbaar vervoer (A_{OV}). Het model wordt als volgt weergegeven:

$$A_{OV} = \exp(a_1 * VF^2) + 0,02$$

en in het VF-bereik van 1,0 tot 4,0 (waarin veruit de meeste verplaatsingen zich situeren) vormt deze vergelijking een goede benadering van de VF-curve.

Het model kan echter nog nauwkeuriger worden gemaakt door meer verklarende variabelen toe te voegen. Zo wordt dan ook nog een tweede **uitgebreid model** geschat waarin de frequentie (uitgedrukt als het aantal ritten per uur) én het aantal overstappen mee in de vergelijking worden opgenomen. Het uitgebreide model is nu van de vorm:

$$A_{OV} = \exp(a_1 * VF^2 + a_2 * N_o + a_3 * F^{-1} + a_4) + a_5$$

met geschatte waarden voor de verschillende parameters zoals weergegeven in tabel 23.

Tabel 23: Geschatte waarden voor de parameters uit het uitgebreide VF-model (van Goeverden & van den Heuvel, 1993)

segment	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅
autobeschikbaar					
werk, zakelijk, onderwijs [WG*]	-0,36	-0,20	-1,50	0,20	0,01
werk, zakelijk, onderwijs [NWG*]	-1,00	-0,20	-1,50	0,20	0,01
visite, logeren	-2,00	-0,20	-1,50	0,20	0,01
overig	-0,60	-0,20	-1,50	0,20	0,01
totaal ¹⁾	-0,54	-0,20	-1,50	0,20	0,01
niet-autobeschikbaar					
werk, zakelijk	-0,11	-0,15	-1,10	0,30	0,10
onderwijs	-0,01	-0,15	-1,10	0,30	0,10
visite, logeren	-0,35	-0,15	-1,10	0,30	0,10
overig	-0,40	-0,15	-1,10	0,30	0,10
totaal ¹⁾	-0,19	-0,15	-1,10	0,30	0,10
totaal²⁾	-0,36	-0,17	-1,35	0,23	0,03

* WG = woninggebonden
 NWG = niet woning-gebonden
 1 : zonder onderscheid naar motief
 2 : zonder onderscheid naar autobeschikbaarheid of motief (generieke schatting)

Uiteraard zijn al deze parameterwaarden intussen misschien wel wat achterhaald en zijn ze opnieuw ook enigszins case-specifiek. Toch zijn ze zeker van nut om een idee te krijgen van hoe dit model (wel én niet) kan worden aangewend. Een **illustratie aan de hand van een afsluitend voorbeeld** maakt dit duidelijk:

De segmentspecifieke waarden zullen even buiten beschouwing worden gelaten. Er geldt dan voor de vergelijking van A_{OV} :

$$A_{OV} = \exp(-0,36 * VF^2 - 0,17 * N_0 - 1,35 * F^{-1} + 0,23) + 0,03$$

Worden nu de verschillende situaties voor de frequentie F en het aantal overstappen N_0 beschouwd en wordt hierbij de waarde van A_{OV} voor enerzijds een VF-factor = 1,2 en anderzijds een VF-factor = 1,5 berekend, dan laten de resultaten zich samenvatten zoals voorgesteld in tabel 24.

Tabel 24: Overzicht van de resultaten uit het voorbeeld rond de aanwending van het VF-model

Waarde van A_{OV}						
		VF = 1,2 VF = 1,5	Aantal overstappen N_0			
			0	1	2	3
Frequentie F	2	41,2	35,2	30,2	25,9	
		31,5	27,1	23,3	20,1	
	3	50,8	43,3	37	31,7	
		38,7	33,1	28,4	24,4	
	4	56,5	48,1	41,1	35,1	
		43	36,7	31,4	27	
	5	60,2	51,3	43,7	37,4	
		45,7	39,1	33,4	28,7	
	6	62,8	53,5	45,6	38,9	
		47,7	40,7	34,8	29,8	

De resultaten van het voorbeeld bevestigen eerst en vooral de logische verwachtingen. Zo hebben immers zowel een kleinere VF-factor, een hogere frequentie als ook een kleiner aantal overstappen een positief effect op het aandeel van het openbaar vervoer.

Daarnaast zijn er op het eerste zicht nog twee bijkomende vaststellingen uit de resultaten af te leiden:

- Een eerste opvallend feit is dat voor een gegeven frequentie- en VF-waarde het negatieve effect van een toename van het aantal overstappen, per overstap die er bijkomt, afneemt.
Bijvoorbeeld voor $F = 2$ en $VF = 1,2$: 0 naar 1: -6 %, 1 naar 2: -5 %, 2 naar 3: -4,3 %
Analoog geldt overigens ook dat voor een gegeven overstap- en VF-waarde het positieve effect van een toename van de frequentie, per rit die er bijkomt, eveneens afneemt.
Bijvoorbeeld voor $N_0 = 0$ en $VF = 1,2$: 2 naar 3: +9,6 %, 3 naar 4: +5,7 %, 4 naar 5: +3,7 %, ...
- Een tweede vaststelling is dat voor een gegeven frequentie het negatieve effect van een extra overstap groter is bij een lagere VF-factor.
Bijvoorbeeld voor $F = 2$ en N_0 van 0 naar 1: $VF = 1,2$: -6 % t.o.v. $VF = 1,5$: -4,4 %
Ook hier geldt bovendien weer de analogie dat voor een gegeven aantal overstappen het positieve effect van een extra rit eveneens groter is bij een lagere VF-factor.
Bijvoorbeeld voor $N_0 = 0$ en F van 2 naar 3: VF-factor 1,2: +9,6 % t.o.v. VF-factor 1,5: +7,2 %

Het is echter ontzettend belangrijk om hierbij op te merken dat de waarde van de VF-factor, de frequentie en het aantal overstappen met elkaar gecorreleerd zijn. Dit zorgt er dan ook voor dat het onderling vergelijken van verschillende waarden uit tabel 24 zeker niet zomaar opgaat. Zo zal bijvoorbeeld het verhogen van het aantal overstappen zonder dat de VF-factor daarbij verandert (zoals immers in de eerste bijkomende vaststelling verondersteld wordt) in realiteit vrij onrealistisch zijn. Dit maakt dus dat bovenstaande bijkomende vaststellingen, hoewel ze op het eerste zicht erg interessant leken, in realiteit waarschijnlijk nauwelijks relevant zijn.

Voortbouwend op deze opmerking kan dan echter wel weer gesteld worden dat het invoeren van een overstap (N_o van 0 naar 1) bij bijvoorbeeld een gegeven frequentie-waarde van 3 ritten per uur niet mag gezien worden als een verandering van A_{OV} van 50,8% naar 43,3 %, maar dat er zich immers ook een invloed ten gevolge van de (door correlatie) eveneens verhoogde VF-factor zal aftekenen en A_{OV} dus net nog sterker dan die 43,3 % terugvallen. Hieruit valt dan ook nogmaals te concluderen dat de impact van een overstap allerm minst te verwaarlozen is en er voldoende aandacht moet zijn voor de ontwikkeling van een beleid dat hier actief rekening mee houdt.

4.1.6 Conclusie

Ter afronding worden de belangrijkste elementen uit dit theoretisch kader nu nogmaals beknopt samengevat. Dit gebeurt aan de hand van de drie vragen die in het methodologisch kader van deel 2.2 in verband met dit theoretisch gedeelte werden geformuleerd.

--- Hoe kan de overstapbereidheid en het aan een overstap verbonden ongemak het best worden uitgedrukt? ---

In een eerste deel (4.1.2) werd de overstapkost als deel van de totale gegeneraliseerde kost (TGK) van een verplaatsing uitgedrukt. Daarbij werden in eerste instantie uitdrukkingen voor zowel de TGK van een OV-verplaatsing als die voor de TGK van een verplaatsing met de eigen wagen opgesteld. Aan de hand van de rol van het element 'onzekerheid' en het sterk individuele en situatiegebonden karakter van deze uitdrukkingen, werd echter besloten dat een bepaling van de maximale overstapkost(/tijd) op basis van de voorwaarde $TGK_{OV} < TGK_{wagen}$ in de praktijk duidelijk niet echt haalbaar is.

--- Wat is het aandeel en de impact van een overstap op het totale reistraject? ---

Wel mogelijk is het daarentegen om TGK_{OV} op zichzelf diepgaander te analyseren, om zo een idee te kunnen vormen over het aandeel en de impact van een overstap op het totale reistraject. Doorheen dit theoretisch kader werd deze probleemstelling uiteindelijk op verschillende manieren benaderd, maar kon er wel telkens eenzelfde conclusie worden vastgesteld. Zo werd er onder andere gekeken naar gangbare waarden voor de parameters uit TGK_{OV} (4.1.3.1-4.1.3.2), werd er een survey in verband met OV-keuzeprocessen van UseMobility aangehaald (4.1.3.3) en werd er ook gewerkt met een eigen rekenvoorbeeldje aan de hand van de verplaatsingstijdfactor (4.1.5). Steeds opnieuw kon daarbij worden vastgesteld dat het aandeel en de impact van een overstap op het geheel zeker en vast aanzienlijk en dus relevant is. Nog veel belangrijker (en misschien wel dé conclusie van dit theoretisch gedeelte), was echter de bijkomende vaststelling dat er zeer vaak ook nog voldoende potentieel aanwezig zal zijn, om, ter verbetering van de overstapbereidheid, als OV-exploitant op te kunnen inspelen. Het begrip overstapbereidheid en alle elementen die hiermee in verband te brengen zijn, moeten daarom niet als een vaststaand feit, maar wel als een belangrijke opportuniteit beschouwd worden.

--- Welke factoren beïnvloeden de overstapbereidheid en welke daarvan zijn beïnvloedbaar door de OV-exploitant? ---

In het kader van deze opportuniteit, werd er tot slot dan ook bekeken welke factoren de overstapbereidheid beïnvloeden en welke daarvan beïnvloedbaar zijn door de OV-exploitant (4.1.4). In termen van beïnvloedbare factoren werden er uiteindelijk twee belangrijke groepen onderscheiden. Dit zijn enerzijds de factoren die verband houden met de operationele planning en anderzijds de factoren die met de ruimtelijke uitbouw van de overstaplocatie geassocieerd kunnen worden. Voor elk van beiden groepen werd daarbij een opsomming gemaakt van mogelijke maatregelen en het is uiteindelijk de tweede groep die in het volgende deel in een concrete methodiek en toepassing op de as Diest-Leuven-Tervuren zal worden vertaald. Bijkomend werd er daarnaast ook nog kort even ingegaan op de relatieve impact van de beïnvloedbare factoren en werd ook het concept van de 'geplande overstap' als interessante benadering aangehaald.

4.2 Concrete methodiek voor ruimtelijke uitbouw van halteplaatsen en vertaling naar de as Diest-Leuven-Tervuren

4.2.1 Inleiding

In dit deel zal er nu bekeken worden hoe het theoretisch kader van deel 4.1 verder kan worden geconcretiseerd. De focus zal hierbij gelegd worden op de ruimtelijke uitbouw van een overstaplocatie.

Bij de aanleg van een nieuwe HOV-lijn is het niet onlogisch te veronderstellen dat heel wat nieuwe halte-infrastructuur (in de zin van nieuwe, individuele stopplaatsen voor het HOV) zal voorzien worden als aanvulling op de huidige halte-infrastructuur (van de reeds aanwezige OV-lijnen). Daarom wordt hier tot doel gesteld een breed toepasbare methodiek op te stellen om zowel:

- reeds bestaande infrastructuur (zowel op zichzelf als in onderlinge vergelijking) te kunnen evalueren en deze vervolgens ook gericht te kunnen bijsturen (4.2.2)
- mogelijke locaties voor nieuw te plannen infrastructuur op gebied van overstapcomfort met elkaar te kunnen vergelijken (4.2.3)

Deze methodiek wordt telkens toegepast op enkele belangrijke knooppunten van de as Diest-Leuven-Tervuren. Toch is hij op zich voldoende algemeen om ook voor gewone OV-lijnen (zij het dan misschien net iets minder strikt en streng) toepasbaar te kunnen zijn.

4.2.2 Doelstelling 1: Evaluatie van bestaande infrastructuur

Een eerste doelstelling bestaat er dus uit om bestaande overstaplocaties te kunnen evalueren en bijsturen. **Concreet gesteld betekent dit dat er zal getracht worden een zo volledig mogelijke en correct geschaalde checklist op te stellen, die toelaat om verschillende overstapplaatsen, zowel individueel als onderling, te evalueren en ze bovendien ook zo gericht mogelijk te kunnen bijsturen.**

In bovenstaande zin zijn een aantal woordgroepen erg belangrijk:

- ‘zo volledig en zo gericht mogelijk’

Dit betekent dat het belangrijk is om (op gebied van volledigheid) het overstapproces systematisch te doorlopen en (op gebied van gerichtheid) verschillende prioriteitsgroepen en bijhorende evaluatiecriteria te onderscheiden waarin het evaluatieproces kan worden opgedeeld (4.2.2.1a).

- ‘correct geschaald + zowel individueel als onderling’

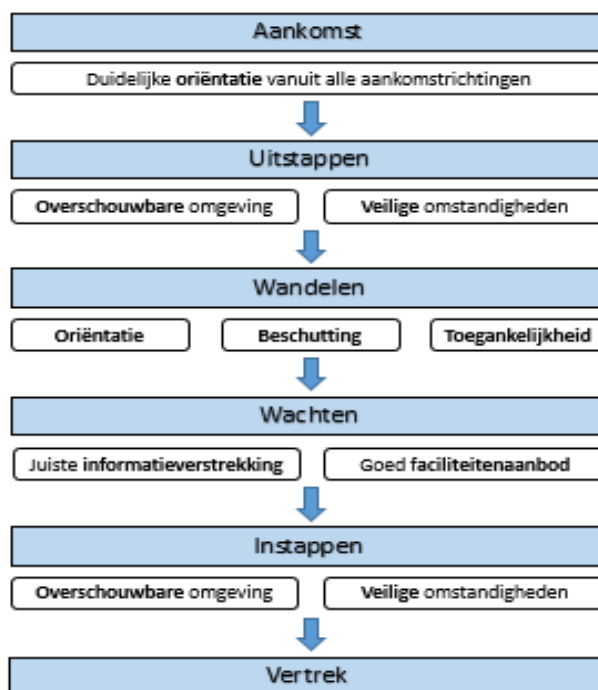
Dit betekent dat het nuttig kan zijn een opdeling te maken van verschillende categorieën waarin een halte kan worden onderverdeeld en daarbij per categorie aan te geven hoe essentieel een bepaald evaluatiecriterium voor die categorie juist is. Dergelijke aangepaste evaluatie per categorie maakt het namelijk mogelijk om ook over verschillende categorieën heen te gaan vergelijken, doordat het scoringssysteem op relevante wijze kan worden geschaald en vervolgens naar een procentuele score kan worden omgezet (4.2.2.1b en 4.2.2.1c).

4.2.2.1 Opstelling checklist

a) Opdeling van overstapproces in deelfases en bepaling van prioriteitsgroepen en evaluatiecriteria

- Deelfases overstapproces

Om te komen tot een algemene checklist voor de evaluatie van de mate waarin een halte het overstapproces vereenvoudigt, is het interessant dit proces eerst op te delen in verschillende deelfases en na te gaan wat voor elke deelfase de belangrijkste elementen zijn. De schematische weergave van deze deelfases, zoals weergegeven in **figuur 31**, werd opgesteld op basis van een sterk gelijkaardig schema uit de ontwerprichtlijnen van Auckland Transport (Turnbull & O’Higgins, 2013).



Figuur 31: Opdeling van het overstapproces in deelfases (gebaseerd op Turnbull & O'Higgins, 2013)

- **Prioriteitsgroepen**

Uit het schema van figuur 31 komen dan zeven prioriteiten naar voren. Dit zijn:

- oriëntatie
- overschoubaarheid
- veiligheid
- beschutting
- toegankelijkheid
- informatieverstrekking
- faciliteiten

- **Evaluatiecriteria**

Voor elk van deze prioriteitsgroepen dienen vervolgens nog bijhorende evaluatiecriteria te worden vastgelegd. Het spreekt hierbij voor zich dat dit proces de nodige aandacht verdient, aangezien de gekozen evaluatiecriteria, indien onvolledig of onzorgvuldig bepaald, ook de waarde en relevantie van de uiteindelijke beoordeling in het gedrang kunnen brengen.

Voor het oplijsten van de mee te nemen criteria werd daarom vertrokken vanuit een soortgelijke oplijsting in het bovengenoemde document van Auckland Transport. De daarin opgestelde criteria werden immers met de nodige nauwkeurigheid uitgewerkt, door ook aandacht te schenken aan resultaten uit andere richtlijnen van onder andere het Australische NSW Department of Transport en het Britse Transport for London. De aangereikte bundeling van richtlijnen en criteria werd vervolgens wel nog kritisch geëvalueerd en waar nodig ook herschikt, geherformuleerd of verder aangevuld. Zo werd dan uiteindelijk de lijst van **tabel 25** bekomen.

Om echter niet nodeloos in herhaling te vallen, wordt er voor de concrete inhoud en beschrijving van ieder criterium uit tabel 25, wel rechtstreeks doorverwezen naar 4.2.2.1c. Daar wordt namelijk de volledig uitgewerkte checklist weergegeven en wordt er naast ieder criterium een beschrijving toegevoegd van hoe dit criterium op een correcte manier moet geïnterpreteerd worden en welke aandachtspunten er bij de uiteindelijke evaluatie van belang zijn.

Tabel 25: Lijst met evaluatiecriteria per prioriteitsgroep (geïnspireerd op Turnbull & O'Higgins, 2013)

<u>Oriëntatie</u>
Naam van de halte / Lijnnummers en hoofdbestemmingen / Nummering van perrons / Bewegwijzering / Overzichtsboarden
<u>Overschouwbaarheid</u>
Duidelijk zichtbare informatie / Goede zichtlijnen t.o.v. aankomende voertuigen / Gebruik van doorzichtige wanden (glas)
<u>Veiligheid</u>
Voldoende manoeuvreerruimte / Wegmarkeringen en signalisatie / Inbouw van sociale veiligheid / Verlichting / Camerabewaking / Noodhulp punt / Omroepsysteem
<u>Beschutting</u>
Overdekt perron / Windscherm op het perron / Overdekte en afgeschermd links tussen de perrons
<u>Toegankelijkheid</u>
Minimale en vlotte wandelafstanden / Minimale hoogteverschillen / Minimale rijbaankruisingen / Aanpassingen voor mindervaliden / Fietsenstalling / Gereserveerde zone voor taxi's en Kiss&Ride
<u>Informatieverstrekking</u>
Dienstregeling / Infoborden (ticketprijzen,...) / Netwerkplan / Real-time bordes / Omgevingsplan / Loket
<u>Faciliteiten</u>
Vuilnisbakken / Zitbanken / Ticketmachine / WiFi / Drankfonteinjes of automaten met dranken en snacks / Toiletten / Afzonderlijke wachtruimte

b) Categorisering van haltes en bepaling van verschillende relevantieniveaus

- Haltecategorisering

Natuurlijk is het daarnaast ook belangrijk om te beseffen dat niet elke halte even frequent zal gebruikt worden om over te stappen. Dit leidt tot een onderverdeling in vier types die als volgt kunnen beschreven worden:

- **Hoofdhalt** met hoge overstapfrequentie (bv. Leuven Station) = H

Dit zijn haltes met een groot aantal perrons, waar tientallen verschillende lijnen (zowel lokaal, regionaal als interregionaal) bij elkaar komen.

- **Middelgrote halte** met matige overstapfrequentie (bv. Leuven Gasthuisberg, Diest Station) = MG

Dit type halte beschikt typisch ook over meerdere perrons. Het zijn haltes waar een tiental verschillende lijnen (voornamelijk lokaal en regionaal) samenkomen.

- **Kleine halte** met lage overstapfrequentie (bv. Naamsepoort) = K

Kleine haltes bestaan slechts uit één à twee perrons, die niet noodzakelijk vlak bij elkaar, maar bijvoorbeeld ook om elkaars hoek kunnen gelegen zijn. Aan dit type halte zullen vijf à tien lijnen bij elkaar komen of elkaar kruisen.

- **Lokale halte** met slechts een occasionele overstap (bv. Kantineplein) = L

Dit soort halte is een halte met slechts 1 perron, waaraan hooguit een paar verschillende lijnen halt houden.

- Relevantieniveau's

Op basis van de beschreven opdeling dient er vervolgens, voor elke combinatie van een evaluatiecriterium en een haltetype, nog de bijhorende relevantie te worden bepaald. Er wordt hierbij gekozen om een opdeling in de volgende vier relevantieniveau's te hanteren:

- B = belangrijk
- W = wenselijk
- GN = geen noodzaak
- NVT = niet van toepassing

c) De finale checklist en het bijhorende scoringsysteem

- Checklist

De onderstaande schematische oplijsting van zeven tabelblokken vormt nu de uiteindelijke checklist zoals die werd opgesteld. Bij het invullen van de relevantieniveau's werd nogmaals vertrokken van een gelijkaardige relevantiebepaling in de reeds aangehaalde richtlijnen van Auckland Transport. Wel werd iedere invulling opnieuw kritisch geëvalueerd en waar nodig naar Vlaamse normen aangepast.

Oriëntatie	Beschrijving	Type halte			
		H	MG	K	L
Naam van de halte	De naam van de halte dient duidelijk zichtbaar te zijn vanuit elke aankomstrichting.	B	B	B	B
Lijnnummers en hoofdbestemmingen	Op elke individuele stopplaats moet duidelijk worden aangegeven welke lijnnummers hier vertrekken en wat hun primaire bestemming is.	B	B	B	B
Nummering van perrons	Meerdere perrons moeten duidelijk van elkaar te onderscheiden zijn o.b.v. een nummer (of letter).	B	B	B	NVT
Bewegwijzering	Voor niet in één oogopslag overschouwbaar halteplaatsen moeten er voldoende wegwijzers (voor een aan het zicht onttrokken wachtruimte, perron, toilet,...) voorzien worden.	B	B	B	NVT
Overzichts-borden	Een overzichtsbord (welke lijn komt op welk perron) voorkomt dat reizigers onnodig tussen de verschillende perrons heen en weer moeten lopen op zoek naar het juiste voertuig.	B	B	B	NVT

Overschou- baarheid	Beschrijving	Type halte			
		H	MG	K	L
Duidelijk zichtbare informatie	Enkel duidelijk zichtbare informatie zal snel en gemakkelijk worden opgemerkt en zodoende een nuttige bijdrage kunnen leveren.	B	B	B	B
Goede zichtlijnen t.o.v. aankomende voertuigen	Een passagier die een OV-voertuig al van een afstand kan zien is beter in staat om zich op het instappen voor te bereiden (verliestijden worden teruggedrongen) of kan ook sneller inschatten of het al dan niet nodig is zich te haasten (onnodige stress wordt vermeden).	B	B	B	W
Gebruik van doorzichtige wanden (glas)	Het gebruik van doorzichtige wanden zorgt voor een wijder zicht over de gehele halteplaats en creëert zo passieve veiligheid voor zowel de passagiers als de chauffeurs.	B	B	B	W

Veiligheid	Beschrijving	Type halte			
		H	MG	K	L
Voldoende manoeuvreerruimte	Voldoende manoeuvreerruimte voor de OV-voertuigen zorgt ervoor dat onverwachte obstructies, passagiers,... sneller worden opgemerkt en aanrijding worden vermeden.	B	B	B	B
Wegmarkeringen en signalisatie	Wegmarkeringen en signalisatie hebben een sturend effect op de verschillende stromen (overstekende passagiers, rijdende bussen,...) waardoor conflictpunten in mate van gevaar én in aantal worden gereduceerd.	B	B	B	B
Inbouw van sociale veiligheid	Stopplaatsen op afgelegen, donkere plekken met weinig passage van voorbijgangers worden best zoveel mogelijk vermeden.	B	B	B	W
Verlichting	Een goed verlichte halte (en een maximalisatie van de natuurlijke lichtinval) is een belangrijke factor voor het algemene veiligheidsgevoel.	B	B	B	W
Camera-bewaking	De aanwezigheid van camera's geeft niet alleen een veiliger gevoel maar werkt ook ontradend.	B	B	W	GN
Noodhulp-punt	Een noodhulp-punt maakt het in geval van nood mogelijk om snel de nodige hulpdiensten te contacteren en EHBO-materiaal (bv. defibrillator) ter beschikking te stellen.	B	W	GN	GN
Omroep-systeem	Een omroepsysteem laat toe om onverwachte wijzigingen te communiceren of kan eventueel ook ingezet worden om te waarschuwen wanneer een bepaald OV-voertuig in aantocht is.	W	GN	GN	GN

Beschutting	Beschrijving	Type halte			
		H	MG	K	L
Overdekt perron	Een volledig overdekt perron (of voor kleine en lokale haltes een bushokje) zorgt ervoor dat alle reizigers beschut zijn tegen regen of felle zon.	B	B	B	B
Windscherm op het perron	Wanden om achter te schuilen bij stevige wind kunnen het wachtcomfort sterk verbeteren.	B	B	B	W
Overdekte en afgeschermd links tussen de perrons	De links tussen verschillende perrons kunnen (waar mogelijk) eveneens overdekt en afgeschermd worden om het wandelen tussen 2 perrons te veraangemen en ook de visuele verbinding van het geheel te benadrukken.	B	W	GN	NVT

<u>Toegankelijkheid</u>	Beschrijving	Type halte			
		H	MG	K	L
Minimale en vlotte wandelafstanden	Het is belangrijk om in te zetten op zo kort mogelijke wandelafstanden voor zo veel mogelijk reizigers (met aandacht voor voldoende ruimte en het vermijden van hinderlijke obstakels).	B	B	B	NVT
Minimale hoogteverschillen	Aandacht voor het zo veel mogelijk vermijden van te overbruggen hoogteverschillen maakt een verplaatsing minder tijdrovend en vermoeiend.	B	B	B	NVT
Minimale rijbaankruisingen	Zorgen voor zo weinig mogelijk rijbaankruisingen voor zo veel mogelijk reizigers creëert veiligere en vlottere verplaatsingen.	B	B	B	NVT
Aanpassingen voor mindervaliden	Aanpassingen voor mindervaliden (in een helling uitlopende verhogingen, brede perrons,...) zijn een cruciaal aandachtspunt om ook voor deze groep de toegankelijkheid te garanderen.	B	B	B	B
Fietsenstalling	De nabijheid van een ruime fietsenstalling zorgt voor een vlotte 'overstap' voor fietsers en voorkomt dat fietsen verkeerd gestald worden en zo een hinderlijk of gevaarlijk obstakel vormen.	B	B	B	W
Gereserveerde zone voor taxi's en Kiss&Ride	Het voorzien van gereserveerde zones voor taxi's en Kiss&Ride maakt dat deze activiteiten vlot en veilig kunnen plaatsvinden zonder daarbij het OV-verkeer te hinderen.	B	W	NVT	NVT

<u>Informatieverstrekking</u>	Beschrijving	Type halte			
		H	MG	K	L
Dienstregeling	Een duidelijk leesbare dienstregeling is een cruciale bron van informatie voor iedere reiziger.	B	B	B	B
Infoborden (ticketprijs,...)	Infoborden of -affiches met informatie over de soorten tickets, de ticketprijzen, smartphone-apps,... dragen bij tot een goede service.	B	B	B	W
Netwerkplan	Een overzichtelijk netwerkplan maakt het voor reizigers mogelijk hun vervolgtraject snel en eenvoudig te controleren of verder uit te plannen.	B	B	B	W
Real-time borden	Real-time updates over doorkomsttijden vermijden onwetendheid en maken het wachten daardoor een stuk aangenamer.	B	B	W	GN
Omgevingsplan	Een omgevingsplan maakt het eenvoudiger om zich binnen de omgeving te oriënteren en/of om bepaalde faciliteiten (bv. toilet) snel terug te vinden.	B	B	W	GN
Loket	Een bemand loket kan van nut zijn als aanspreekpunt bij de meest uiteenlopende problemen.	B	GN	GN	GN

Faciliteiten	Beschrijving	Type halte			
		H	MG	K	L
Vuilnisbakken	De aanwezigheid van vuilnisbakken houdt de halteomgeving proper en maakt deze wachtomgeving dan ook een aangenamere plek.	B	B	B	B
Zitbanken	Voldoende zitbanken bieden extra comfort tijdens het wachten.	B	B	B	W
Ticketmachine	De beschikbaarheid van een ticketmachine maakt het voor occasionele (of met het ticketsysteem onbekende) reizigers mogelijk om heel eenvoudig op voorhand een ticket aan te kopen, waardoor het in- en uitstappen vlotter kan verlopen.	B	B	W	GN
WiFi	Toegang tot gratis WiFi tijdens het wachten kan zowel voor het eenvoudig online raadplegen van (real-time) informatie als voor het algemene tijdverdrijf een interessante service zijn.	B	B	W	GN
Drankfonteintjes of automaten met dranken en snacks	De beschikbaarheid van (goed werkende) drankfonteintjes is vaak slechts een kleine kost en toch een interessante voorziening. Ook de nabijheid van een automaat met dranken en snacks kan het wachten voor een dorstige / hongerige reiziger heel wat aangenamer maken.	B	W	W	GN
Toiletten	Een proper toilet in de directe omgeving kan het wachtcomfort aanzienlijk verhogen.	B	W	GN	GN
Afzonderlijke wachtruimte	Een afzonderlijke wachtruimte met extra comfort (bv. verwarmd, geen geluids-/geurhinder) kan lange wachttijden een stuk aangenamer maken.	B	W	GN	GN

- Scoringssysteem

Door de opgestelde lijst nu element per element te overlopen, hier telkens een **score** aan toe te kennen (0 = niet aanwezig/voldaan, 1 = onvoldoende aanwezig/voldaan, 2 = aanwezig/voldaan maar nog verbeterbaar, 3 = aanwezig/voldaan en niets op aan te merken) **en** deze score vervolgens nog te **schalen** volgens de aangegeven relevantie (x0 = n.v.t. / geen noodzaak, x1 = wenselijk, x2 = belangrijk) kan dan uiteindelijk een procentuele totaalscore en score per deelcategorie (waar is er nog de meeste ruimte voor verbetering?) worden berekend.

4.2.2.2 Kwantitatieve toevoegingen

De checklist uit 4.2.2.1c is (hoewel er scores worden toegekend) in hoofdzaak kwalitatief opgevat. Voorbeelden van echt zuiver kwantitatieve evaluatiesystemen of streefwaarden zijn er in de literatuur dan ook nauwelijks terug te vinden. Een kwantitatieve evaluatie is natuurlijk niet altijd even zinvol (bv. Hoeveel vuilnisbakken per perron is voldoende? Hoeveel lampen / welke lichtsterktes zijn vereist om te spreken van voldoende verlichting?,...), maar toch zijn er ook enkele elementen waarvoor het wél zinvol zou zijn om ze wat 'kwantitatiever' te kunnen evalueren.

Vragen die zich namelijk opwerpen zijn:

- wat wordt er verstaan onder 'voldoende vrije ruimte voor een vlotte doorstroming'?
- wat wordt er bedoeld met een 'zo kort mogelijke' wandelafstand?
- wanneer is er sprake van 'voldoende zitbanken'?

- **Vrije ruimte**

De kwantificering van toegankelijkheidsvereisten voor overstaplocaties kan aangepakt worden aan de hand van level-of-service (LoS) standaarden, zoals deze worden gedefinieerd in de vaak geciteerde paper van Fruin uit 1971. Voor zowel voetpaden, trappen, wachtrijen als perrons worden hierin richtwaarden bepaald voor welke grondoppervlaktes overeenstemmen met welke serviceniveaus (gaande van positief (blauw) naar negatief (rood)). De voorgestelde richtwaarden en bijhorende serviceniveaus worden respectievelijk weergegeven in tabellen 26, 27, 28 en 29.

Tabel 26: Richtwaarden en serviceniveaus voor VOETPADEN (Fruin, 1971)
(sq. m = square meter = m² & pmm = people/minute/meter width = #personen/ minuut/breedtemeter)

Area (sq. m) per person			Flow rate	
LoS A	> 3.24		23 pmm	Blue
LoS B	3.24	2.32	33 pmm	Green
LoS C	2.32	1.39	49 pmm	Yellow
LoS D	1.39	0.93	66 pmm	Orange
LoS E	0.93	0.46	82 pmm	Red
LoS F		<0.46	82 pmm	Red

Tabel 27: Richtwaarden en serviceniveaus voor TRAPPEN (Fruin, 1971)

Area (sq. m) per person			Flow rate	
LoS A	> 1.85		17 pmm	Blue
LoS B	1.85	1.39	23 pmm	Green
LoS C	1.39	0.93	33 pmm	Yellow
LoS D	0.93	0.65	43 pmm	Orange
LoS E	0.65	0.37	56 pmm	Red
LoS F		< 0.37	56 pmm	Red

Tabel 28: Richtwaarden en serviceniveaus voor WACHTRIJEN (Fruin, 1971)

Area (Sq. Metres)				
LoS A	>1.21	1.21	Free circulation	Blue
LoS B	1.21	0.93	Restricted circulation	Green
LoS C	0.93	0.65	Comfort zone	Yellow
LoS D	0.65	0.28	No-touch zone	Orange
LoS E	0.28	0.19	The Body ellipse	Red

Tabel 29: Richtwaarden en serviceniveaus voor PERRONS (Fruin, 1971)

Area (Sq. Metres)			
Danger Level	3.59 people per m ²		Red
Jam Capacity	2.15 people per m ²		Orange
Desirable Max	1.08 people per m ²		Green

Op basis van gekende capaciteitsvereisten kunnen bovenstaande tabellen een interessant hulpmiddel zijn om de vereiste voetpadbreedte, de vereiste perronoppervlakte,... mee in te schatten en zodoende een voldoende comfortniveau en een vlotte doorstromingen te garanderen.

- **Wandelafstand**

Een eenduidig voorstel als richtwaarde voor de maximale wandelafstand bij een overstap van HOV naar een andere vorm van OV is in feite nooit eenduidig vast te leggen. Dergelijke waarde wordt daarvoor immers te sterk bepaald door de meest uiteenlopende factoren zoals de overschouwbaarheid, hellingsgraad, veiligheid,... van de verplaatsing. Anderzijds kan het echter wel interessant zijn om een relatieve afstandsvergelijking te kunnen opstellen bij het vergelijken van verschillende soortgelijke haltes.

Olszewski & Krukowski (2012) stellen voor om de gemiddelde wandelafstand dan als volgt te bepalen:

$$d = \frac{2}{n(n+1)-2K} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij}$$

met: - d_{ij} = de afstand tussen perron i en j (gemeten via de voorziene voetpaden)

- n = aantal actieve perrons

- K = aantal perrons waar er geen transfers op hetzelfde perron kunnen voorkomen; voor dergelijke gevallen geldt bovendien dat $d_{ii} = 0$

Wanneer er echter ook gegevens beschikbaar zijn over de reizigersflows, kan er daarentegen beter gewerkt worden met een gewogen gemiddelde. Een gepaste formule wordt in dat geval gegeven als:

$$d = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij} d_{ij}$$

met: p_{ij} = de proportie van overstappen tussen perrons i en j (m.a.w. de verhouding tussen het aantal passagiers dat overstapt tussen perrons i en j en het totaal aantal overstappende passagiers)

- **Zitbanken**

Wat tot slot het aantal zitplaatsen betreft dat vereist is om van 'voldoende zitgelegenheid' te kunnen spreken, zijn er op zich geen standaard internationale richtlijnen. Wel zijn er enkele instellingen terug te vinden die hun eigen richtlijnen hierover formuleren. Een vaak geciteerd voorbeeld hiervan zijn de richtlijnen zoals deze geformuleerd worden door het New South Wales Department of Transport (2008) en (vertaald naar de eigen haltecategorisering van 4.2.2.1b) samengevat worden weergegeven in tabel 30.

Tabel 30: Richtlijnen in verband met het aantal zitplaatsen (gebaseerd op NSW Department of Transport, 2008)

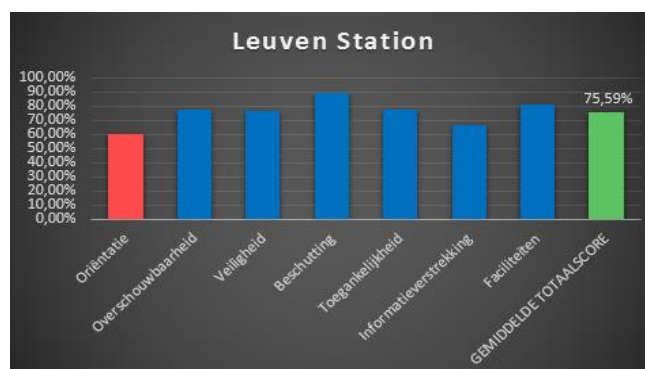
Zitgelegenheid	Type halte			
	Hoofd	Middelgroot	Klein	Lokaal
op de perrons	minstens 10 zitplekken per individuele stopplaats	minstens 10 zitplekken per individuele stopplaats	minstens 6 zitplekken per individuele stopplaats	minstens 4 zitplekken per individuele stopplaats
in een afzonderlijke wachtruimte	zitplek voor minstens 30 % van alle wachtende reizigers	zitplek voor minstens 30 % van alle wachtende reizigers	n.v.t.	n.v.t.

4.2.2.3 Toepassing

Voor de toepassing op de as Diest-Leuven-Tervuren wordt er in eerste instantie (4.2.2.3a) vooral gefocust op de evaluatie van de grootste halte langsheen dit traject, zijnde de halte Leuven Station (H). Vervolgens (4.2.2.3b) worden ook de haltes Diest Station (MG) en Leuven Gasthuisberg (MG) nog op dezelfde manier geëvalueerd en vergeleken met elkaar en de resultaten voor Leuven Station (4.2.2.3c). Aangezien er hier geredeneerd wordt in de context van een HOV-lijn is het tot slot ook logisch te veronderstellen dat quasi elke locatie waar deze lijn halt houdt uiteindelijk zal moeten evolueren tot het niveau van een haltetype H of MG, ook als de bestaande infrastructuur nu slechts van het type K of L is. Vanuit dit oogpunt wordt daarom op basis van de checklist ook nog eens overlopen en opgesomd waar dan de belangrijkste extra aandachtspunten liggen om een huidig haltetype K of L op te waarderen, om ook bij een herpositionering naar niveau H of MG een voldoende service te kunnen aanbieden (4.2.2.3d).

a) Evaluatie van de halte Leuven Station

De volledig ingevulde checklist voor Leuven Station wordt op de drie volgende pagina's weergegeven. In het vak 'Evaluatie' zijn tussen de haakjes ook telkens nummers opgenomen die verwijzen naar afbeeldingen die in bijlage B werden toegevoegd ter illustratie van de beschreven vaststellingen. **Grafisch samengevat leidt deze checklist tot het resultaat van figuur 32.**



Figuur 32: SAMENVATTING – Grafische weergave van de checklistresultaten voor LEUVEN STATION

Uit figuur 32 kan eerst en vooral worden afgelezen dat de gemiddelde totaalscore voor deze halte een mooie 75,59 % bedraagt. Dit is een **zeer aanvaardbare en verdienstelijke score**, aangezien de evaluatiemethode en bijhorende scoring tamelijk detaillistisch werd uitgewerkt en echte topscores dus uiterst moeilijk haalbaar zijn. Een bijkomende moeilijkheid ligt bovendien in het feit dat het perfect mogelijk is dat, simpelweg door de beperkingen van de omgeving, een goede score op het ene evaluatiecriterium haast onvermijdelijk een lagere score op een ander criterium gaat opleveren. Een mooi voorbeeld daarvan is een situatie waarin de beperkte ruimte die beschikbaar is voor een perron het onmogelijk maakt om zowel de rolstoeltoegankelijkheid (in termen van voldoende vrije beweegruimte) als het voorzien van voldoende afscherming en zitplekken perfect in te vullen.

Een verdere analyse van de grafiek in figuur 32 maakt meteen ook duidelijk dat deze halte het slechtst blijkt te scoren op vlak van oriëntatie. Dit is immers de enige procentuele deelscore die niet boven een waarde van 60 % uitkomt (en daarom ook in het rood wordt aangeduid). Wordt in de uitgewerkte checklist gezocht naar de reden voor deze lagere score, dan blijkt deze vooral bepaald door het ontbreken van de naam van de halte (hoewel deze tamelijk voor zich spreekt voor Leuvenaren is dit toch veel minder evident voor mensen die de omgeving veel minder kennen) en het gebrek aan duidelijke bewegwijzeringsbordjes, die bijvoorbeeld meteen de locatie van de afzonderlijke wachtruimte, de Lijnwinkel,... duidelijk maken. **Conclusie is dan ook dat ondanks de mooie totaalscore er hier en daar toch nog ruimte is voor verbetering en dat er daarvoor het best en in eerste instantie op de prioriteitsgroep 'oriëntatie' (naamgeving halte en bewegwijzering) wordt ingezet.**

<u>Oriëntatie</u>	Evaluatie	Score	Belang	Gewogen score
Naam van de halte	Staat in se nergens duidelijk aangegeven. Spreekt natuurlijk wel redelijk voor zich, maar voor mensen die niet bekend zijn in de omgeving is het toch niet noodzakelijk meteen duidelijk. (1)	1/3	B	2
Lijnnummers en hoofdbestemmingen	In orde. Wordt duidelijk aangegeven op ieder perron.	3/3	B	6
Nummering van perrons	In orde. Wordt duidelijk aangegeven aan beide zijden (2,3) van ieder perron.	3/3	B	6
Bewegwijzering	Bewegwijzering naar toiletten, afzonderlijke wachtruimte, Lijnwinkel,... ontbreekt waardoor deze moeilijk terug te vinden zijn voor reizigers die niet vertrouwd zijn met de omgeving.	0/3	B	0
Overzichtsborden	Overzichtsbord komende van Martelarenplein (4) en treinstation (5) is aanwezig, maar komende van Dlestsepoort (6) moet je eerst naar de andere kant.	2/3	B	4
SUBTOTAAL				18 (op 30)
PERCENTAGE				60,0 %

<u>Overschouwbaarheid</u>	Evaluatie	Score	Belang	Gewogen score
Duidelijk zichtbare informatie	Informatieaanbod wat te beperkt en aanwezige informatie (bv. overzichtsplan) zou in plaats van enkel op kleine affiches aan de halte beter ook ergens groter worden afgebeeld.	1/3	B	2
Goede zichtlijnen t.o.v. aankomende voertuigen	In orde. Stopplaats is telkens aan het uiteinde van het perron waardoor de volledige perronlengte toelaat het OV-voertuig te zien aankomen. Structuur met parallelle perrons loodrecht op de rijbaan betekent wel dat voertuigen nooit van grote afstand al te zien zijn en ze soms ook het zicht op elkaar blokkeren.	3/3	B	6
Gebruik van doorzichtige wanden (glas)	In orde. Bushokjes zijn allemaal opgebouwd uit glazen wanden. (7)	3/3	B	6
SUBTOTAAL				14 (op 18)
PERCENTAGE				77,8 %

<u>Veiligheid</u>	Evaluatie	Score	Belang	Gewogen score
Voldoende manoeuvreerruimte	In orde. Perrons voldoende lang, voldoende tussenruimte tussen de perrons en aan de uiteinden voldoende plek om vlot in te draaien.	3/3	B	6
Wegmarkeringen en signalisatie	In orde. Oversteekplaatsen voor voetgangers (8) en richting waarin busverkeer zich afwikkelt (9) worden duidelijk aangegeven.	3/3	B	6

Inbouw van sociale veiligheid	In orde. Perrons zijn gevestigd op een goed verlichte plaats waar veel mensen langskomen en je bijgevolg nooit alleen bent.	3/3	B	6
Verlichting	In orde. Vrij open structuur met veel natuurlijke lichtinval en ook voldoende lampen om bij te lichten als het donker is. (10)	3/3	B	6
Camera-bewaking	In orde. Camera's zijn aanwezig en omliggend wordt dit ook met bordjes aangegeven wat een extra ontradend effect heeft. (11)	3/3	B	6
Noodhulp-punt	Niet aanwezig. Kan in noodgevallen nochtans erg nuttig zijn.	0/3	B	0
Omroep-systeem	Niet aanwezig. Kan nochtans een nuttige aanvulling zijn om informatie betreffende de belangrijkste verbindingen te kunnen omroepen (analoog aan het aangrenzende treinstation).	0/3	W	0
SUBTOTAAL				30 (op 39)
PERCENTAGE				76,9 %

Beschutting	Evaluatie	Score	Belang	Gewogen score
Overdekt perron	In orde. Bovenbouw met kantoren zorgt voor volledig overdekte perrons.	3/3	B	6
Windscherm op het perron	Dwarspanelen en steunpilaren bieden redelijke beschutting tegen wind. (12)	2/3	B	4
Overdekte en afgeschermd links tussen de perrons	Door parallelle structuur met overkoepelende kantooruimte kan er grotendeels overdekt tussen de verschillende perrons worden rondgewandeld. (13)	3/3	B	6
SUBTOTAAL				16 (op 18)
PERCENTAGE				88,9 %

Toegankelijkheid	Evaluatie	Score	Belang	Gewogen score
Minimale en vlotte wandelafstanden	In orde. Parallelle opstelling perrons en situering vlakbij ingang treinstation maakt wandelafstanden bij overstap erg kort.	3/3	B	6
Minimale hoogteverschillen	In orde. Alle perrons op gelijke hoogte en door oversteekstrook m.b.v. wegmarkering ook verbinding tussen de perrons op dezelfde hoogte.	3/3	B	6
Minimale rijbaankruisingen	In orde. Rijbaankruisingen blijven onvermijdelijk, maar doorgaand verkeer gaat ondergronds waardoor oversteken relatief veilig kan verlopen.	3/3	B	6
Aanpassingen voor mindervaliden	In orde. Zo veel mogelijk afvlakkingen (14) en hellingen i.p.v. trappen of verhoogde delen. De perronbreedte is wel maar smal voor rolstoelen.	2/3	B	4
Fietsenstalling	Wat capaciteitsproblemen door ontzettend groot aantal fietsen in Leuven, maar verkeerd gestalde fietsen vormen geen echt gevaar voor het OV-verkeer.	2/3	B	4

Gereserveerde zone voor taxi's en Kiss&Ride	Taxi-zone aanwezig, maar voor onbekenden moeilijk terug te vinden want ligt uit het zicht. Ook zone aanwezig die voor K&R (kan) gebruikt word(en) (15), maar deze mist duidelijke afbakening en aanduiding m.b.v. bordjes / markeringen.	1/3	B	2
SUBTOTAAL				28 (op 36)
PERCENTAGE				77,8 %

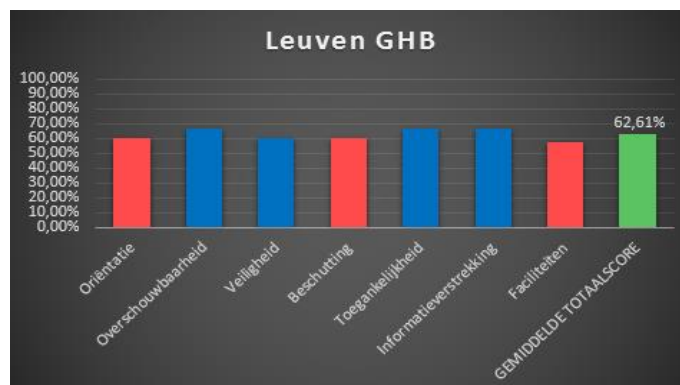
Informatieverstrekking	Evaluatie	Score	Belang	Gewogen score
Dienstregeling	In orde. Op elk perron aanwezig. (16,17)	3/3	B	6
Infoborden (ticketprijs,...)	Aanwezig, maar zou wel iets vollediger en overzichtelijker kunnen.	2/3	B	4
Netwerkplan	Onvoldoende aanwezig. Enkel wat onvolledige informatie van terug te vinden in de afzonderlijke wachtruimte.	0/3	B	0
Real-time borden	Aanwezig op elk perron, maar wel niet afleesbaar in beide richtingen. (18)	2/3	B	4
Omgevingsplan	Aanwezig, maar niet helemaal volledig en enkel op kleine affiche per perron. Geen grotere, duidelijker zichtbare versie voorzien. (19)	2/3	B	4
Loket	In orde. Aanwezig in de vorm van 'Lijnwinkel'. Wel wat uit het zicht verstopt. (20)	3/3	B	6
SUBTOTAAL				24 (op 36)
PERCENTAGE				66,7 %

Faciliteiten	Evaluatie	Score	Belang	Gewogen score
Vuilnisbakken	In orde. Voorzien op ieder perron. (21)	3/3	B	6
Zitbanken	Aanwezig, maar volgens het voorgesteld criterium zouden wel enkele extra zitplekken wenselijk zijn. (22)	2/3	B	4
Ticketmachine	Aanwezig, maar slechts 1 machine voor de gehele halteplaats en goed verstopt door plaatsing in de afzonderlijke wachtruimte.	2/3	B	4
WiFi	Enkel aanwezig via hotspot van providers. Niet vrij toegankelijk voor iedereen.	2/3	B	4
Drankfonteintjes of automaten met dranken en snacks	Automaten en zelfs 'verse' eet-/ drankgelegenheden aanwezig in de gang richting treinperrons. Wel niet meteen zichtbaar voor mensen die de omgeving niet kennen.	3/3	B	6
Toiletten	Aanwezig, maar in niet zo aangename 'container' en moeilijk terug te vinden.	2/3	B	4
Afzonderlijke wachtruimte	Aanwezig. (23) Wel maar sober uitgerust. Ook heel wat zitplaatsen zodat aan het voorgesteld criterium (30%) vermoedelijk wel voldaan is.	3/3	B	6
SUBTOTAAL				34 (op 42)
PERCENTAGE				81,0 %

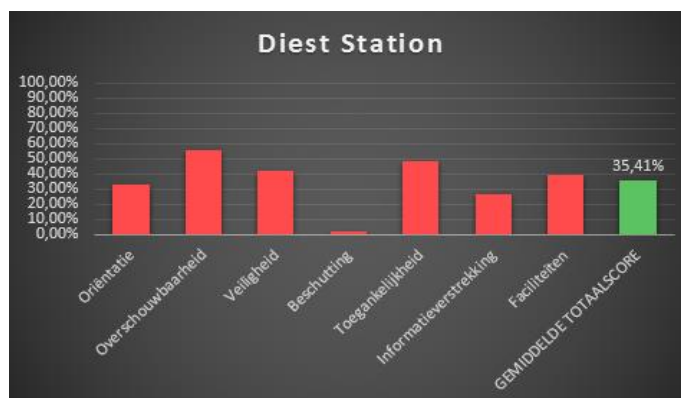
b) Evaluatie van de haltes Leuven Gasthuisberg en Diest Station

Op volledig analoge wijze als in 4.2.2.3a worden vervolgens ook de haltes Leuven Gasthuisberg en Diest Station geëvalueerd. **De checklists van beide haltes zijn terug te vinden in bijlage C**, samen met enkele afbeeldingen van de huidige infrastructuur.

Een grafische samenvatting van de resultaten geeft respectievelijk aanleiding tot figuren 33 en 34.



Figuur 33: SAMENVATTING – Grafische weergave van de checklistresultaten voor LEUVEN GASTHUISBERG



Figuur 34: SAMENVATTING – Grafische weergave van de checklistresultaten voor DIEST STATION

Voor **Leuven Gasthuisberg** blijkt uit figuur 33 dat, met een gemiddelde totaalscore van 62,61 %, deze haltelocatie zeker nog kan verbeterd worden, maar op zich ook wel **nog (net) een aanvaardbare totaalscore** laat noteren. Wat vooral opvalt, is dat de verschillende deelscores hier heel dicht bij elkaar liggen, zonder uitschieters, zowel naar onder als naar boven toe. Wordt er, naar analogie met de evaluatie van Leuven Station, aan de deelscores die 60 % of minder scores een rode kleur gegeven, dan blijkt dit het geval voor de groepen ‘oriëntatie’, ‘beschutting’ en ‘faciliteiten’. Deze drie deelscores leunen echter zo dicht bij de overige (niet rood gekleurde) deelscores aan, dat enkel hier de belangrijkste opportuniteiten situeren, simpelweg niet correct zou zijn. **Voor deze halte is een eventuele opwaardering van de huidige situatie dan ook vooral een kwestie van een totaalaanpak, met aandacht voor kleine verbeteringen binnen alle prioriteitsgroepen.** Mogelijke voorbeelden zijn een nummering van de verschillende perrons (‘oriëntatie’), het aanbrengen van enkele camera’s (‘veiligheid’) of het voorzien van een netwerk- of omgevingsplan (‘informatieverstrekking’). Enkel de combinatie van deze vier maatregelen zou al een enorme verbetering naar een score van 70,06 % kunnen betekenen.

De halte **Diest Station** is er een heel stuk erger aan toe, met een gemiddelde totaalscore in figuur 34 van slechts 35,41 %. Het hoeft bijgevolg niet te verbazen dat iedere deelscore hier rood gekleurd is ($\leq 60\%$) en er zelfs maar één prioriteitsgroep meer dan 50 % scoort. **Voor de nulscore voor de groep ‘beschutting’, veroorzaakt door een totaal gebrek aan overdekking of afscherming op of vlak aan de perrons, springt hierbij extra in het oog.** Verbeteringen voor deze halte zullen echter binnen iedere prioriteitsgroep nodig zijn, om een opwaardering naar een aanvaardbare score mogelijk te maken.

Voor beide halteplaatsen dient ter volledigheid wel nog vermeld te worden dat er op zich verzachtende omstandigheden zouden kunnen worden ingeroepen in termen van toekomstplannen die hiervoor reeds bestaan.

Zo is er voor de halte aan Leuven Gasthuisberg bijvoorbeeld het idee om deze haltelocatie als een tweede belangrijk busstation voor Leuven te gaan uitbouwen⁴⁵. Deze plannen zijn voorlopig echter nog allesbehalve concreet en waarschijnlijk slechts een mogelijke ontwikkeling op relatief lange termijn, wat het dan ook niet echt een reden maakt om eventuele verbeteringen speciaal hiervoor uit te stellen.

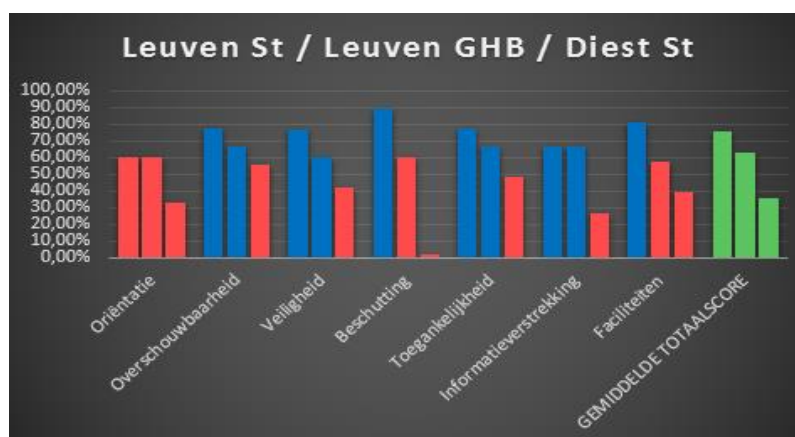
Wordt er gekeken naar de toekomstplannen rond de stationsomgeving van Diest⁴⁶, met onder andere een vernieuwd stationsplein en een nieuwe bushalte met sterke gelijkenissen ten opzichte van de halte Leuven Station (figuur 35), dan zijn deze wel een heel stuk concreter te noemen. Binnen afzienbare tijd lijken hier dan ook de nodige verbeteringen reeds op til te zijn, die de huidige dramatische situatie moeten verbeteren. Toch blijft het maar moeilijk te begrijpen dat, in de 5 à 10 jaar die er sinds de eerste ideeën rond deze vernieuwde stationsomgeving verstreken zijn, nooit enig initiatief (zij het klein en low-cost) tot alvast een tijdelijke verbetering van de huidige halteinfrastructuur werd ondernomen.



Figuur 35: Toekomstplannen stationsomgeving Diest⁴⁶

c) Samenvattende vergelijking van de haltes Leuven Station, Leuven Gasthuisberg en Diest Station

Vervolgens werden figuren 32, 33 en 34 nog samengevoegd tot **figuur 36**, waarin dus een vergelijking tussen de scores voor Leuven Station, Leuven Gasthuisberg en Diest Station wordt afgebeeld. Naast een individuele evaluatie van iedere halte op zich, was het immers de bedoeling om daarnaast ook **meerdere haltes onderling** met elkaar te kunnen vergelijken. Een dergelijke methodiek maakt dan niet alleen duidelijk waar, voor iedere halte op zich, de grootste opportuniteiten zich situeren, maar is ook in staat om aan te geven naar welke halte(s) in een groter geheel van haltes, de prioriteit moet uitgaan.



Figuur 36: SAMENVATTING - Gecombineerde weergave van de checklistresultaten uit figuren 32, 33 en 34

⁴⁵ Persbericht tweede busstation Leuven, Nieuwsblad, http://www.nieuwsblad.be/cnt/dmf20140501_01088451#

⁴⁶ Projectwebsite stationsomgeving Diest, Provincie Vlaams-Brabant, <http://www.vlaamsbrabant.be/wonen-milieu/wonen-en-ruimtelijke-ordering/projecten/stationsomgevingen/poort-van-demer-en-diest/index.jsp>

Doordat in deze toepassing slechts drie haltes met elkaar worden vergeleken en hun resultaten hiervoor reeds afzonderlijk werden besproken, biedt figuur 36 uiteraard geen grote verrassingen meer. Toch is het belangrijk om te beseffen dat, bij een evaluatie en vergelijking van enkele tientallen haltes (met mogelijks zelfs sterk uiteenlopende haltecategorieën), dergelijke samenvattende figuur plots wél een grote meerwaarde kan gaan bieden, door in één oogopslag de belangrijkste bevindingen zichtbaar te maken.

Daarnaast is het bij dit soort samenvattende weergaves ook nog essentieel om aan te geven dat een vergelijking tussen haltes van een verschillende categorie hier niet in absolute termen, maar wel in relatieve termen ten opzichte van de eigen 'categorievereisten' (waarin werd gedifferentieerd door middel van de verschillende relevantieniveaus en bijhorende schalingsfactoren) moet beschouwd worden. Zo is het bijvoorbeeld in termen van faciliteiten niet correct om te stellen dat, bij een gelijke procentuele deelscore, halte 1 van categorie H een even uitgebreid faciliteitenaanbod dan halte 2 van categorie L. Juister is daarentegen de conclusie dat halte 1 in dezelfde mate voldoet aan de voor categorie H gestelde vereisten, dan dat dit voor halte B in functie van de vereisten voor categorie L gezegd kan worden. Toegepast op figuur 36 betekent dit dus dat, bijvoorbeeld kijkend naar de prioriteitsgroep informatieverstrekking, de haltes Leuven Station (H) en Leuven Gasthuisberg (MG), ondanks hun gelijke score van +/- 67 %, niet noodzakelijk evenveel informatie aan de reiziger aanbieden. Wél mag er besloten worden dat ze, volgens de eigen vastgelegde vereisten, een even goede invulling van deze prioriteitsgroep verwezenlijken.

d) Voornaamste aandachtspunten bij de opwaardering van haltes van het type K en L

In deze laatste subsectie wordt er tot slot nog bekeken waar de belangrijkste aandachtspunten zich situeren om een huidig haltetype K of L te kunnen opwaarderen, zodat er ook bij een herpositionering naar het niveau van een haltetype H of MG, nog een voldoende hoge service kan worden aangeboden.

Een huidig haltetype K of L, dat op dit moment voldoende in orde is volgens de bijhorende evaluatie, kan immers, wanneer dit in de toekomst een halte voor het HOV wordt (en dus best het niveau van een haltetype H of MG haalt), plots toch niet langer blijken te voldoen. De belangrijkste elementen om op in te spelen, om dergelijke situaties te vermijden, worden in wat volgt daarom bondig opgesomd. In essentie komt het er hierbij op neer om in de checklist van 4.2.2.1c op zoek te gaan naar die criteria die voor haltecategorieën K of L nog als niet noodzakelijk ('GN') werden benoemd, maar voor categorieën H of MG wel belangrijk ('B') of wenselijk ('W') blijken te zijn.

Allereerst kan er in dit opzicht worden vastgesteld dat er voor de prioriteitsgroepen 'oriëntatie', 'overschouwbaarheid', 'beschutting' en 'toegankelijkheid' in principe geen extra vereisten noodzakelijk zullen zijn. De enige opmerking hierbij is dan ook dat in termen van een eventuele uitbreiding of schaalvergroting er uiteraard dezelfde lijn dient te worden doorgetrokken voor de stukken die worden toegevoegd. Wel dient er bovendien natuurlijk niet uit het oog te worden verloren dat er de nodige aandacht moet zijn voor criteria die eerder niet van toepassing ('NVT') bleken en dat nu mogelijk wel kunnen worden (zoals, voor de groep 'oriëntatie', de criteria bewegwijzering en perronnummering hiervan goede voorbeelden vormen).

De belangrijkste aandachtspunten situeren zich dus voornamelijk in de prioriteitsgroepen 'veiligheid', 'informatieverstrekking' en 'faciliteiten'. Voor de groep 'veiligheid' moet er hierbij zeker gedacht worden aan het voorzien van *camerabewaking* en kan ook een *noodhulp punt* als minstens wenselijk worden meegenomen. De groep 'informatieverstrekking' verdient vooral bijkomende uitbouw in termen van *real-time infoborden* en de aanwezigheid van een *omgevingsplan*. De laatste en waarschijnlijk meest belangrijke groep zijn tot slot nog de 'faciliteiten'. Waar deze nog niet aanwezig zijn, zijn voor deze groep in eerste instantie de aanwezigheid van een *ticketmachine* en het voorzien van *WiFi* twee elementen die zeker aangewezen zijn. Ook *drankfontein* of een *automaat* met dranken en snacks zijn aan te raden. Tenslotte dienen de aanwezigheid van een *toilet* en een *afzonderlijke wachtruimte* eveneens nog als minstens wenselijke vereisten te worden beschouwd.

4.2.3 Doelstelling 2: Evaluatie van nieuw aan te leggen infrastructuur

Een tweede doelstelling bestaat er vervolgens uit om de in 4.2.2.1 opgestelde checklist ook te gaan aanwenden om mogelijke locaties voor nieuw aan te leggen infrastructuur, op gebied van overstapcomfort, tegen elkaar af te wegen.

4.2.3.1 Aanpassingen evaluatiesysteem

- Aangepaste checklist

Alvorens tot de toepassing over te gaan, spreekt het voor zich dat een aantal aanpassingen aan de checklist uit 4.2.2.1c noodzakelijk zijn, aangezien niet alle prioriteitsgroepen en bijhorende criteria even relevant zullen zijn voor de vergelijking van verschillende locaties.

Voor de groepen 'oriëntatievoorzieningen', 'informatieverstrekking' en 'faciliteiten' geldt zo bijvoorbeeld dat deze niet locatieafhankelijk zijn en hier dus niet hoeven te worden meegenomen. De groepen 'overschouwbaarheid' en 'beschutting' hebben daarentegen wel nog hun relevantie, maar dit dan voornamelijk in algemene termen en niet specifiek per onderliggend evaluatiecriterium. Tenslotte zijn er dan nog de groepen 'veiligheid' en 'toegankelijkheid'. Deze zijn veruit het meest locatieafhankelijk en worden wel nog per onderliggend criterium bekeken. Enige uitzondering hierop is het feit dat, voor de groep 'veiligheid', de laatste twee criteria, zijnde het noodhulp punt en het omroepsysteem, ook als onvoldoende locatieafhankelijk werden beschouwd en dus niet meer in de evaluatie worden meegenomen.

- Rankingsysteem

Ook qua evaluatie is het bovendien interessanter om van het scoringsysteem (met relevantieniveau's en bijhorende schalingsfactoren) op een rankingsysteem over te schakelen. De verschillende locaties zullen dus voor ieder evaluatiecriterium tegen elkaar worden afgewogen, waarbij de beste locatie(s) het cijfer 1, de op één na beste locatie(s) het cijfer 2,... krijgen toegekend. Vervolgens wordt er per prioriteitsgroep hiervan de som gemaakt en krijgt de locatie met de laagste som een 'groepsranking' gelijk aan 1, de eerstvolgende een ranking 2,... Tot slot wordt dit proces dan nog een laatste keer herhaald om ook over de verschillende groepen heen de som en bijhorende totaalranking te bepalen. De locatie die in deze totaalranking uiteindelijk als beste (ranking 1 dus) uit de bus komt, is dan logischerwijs de voorkeurslocatie, die, op gebied van overstapcomfort, de meeste troeven biedt.

4.2.3.2 Toepassing

Voor de toepassing op de case van Leuven wordt er opnieuw gekeken naar de omgeving van Leuven Station. Eerst wordt bekeken welke de mogelijke locaties zijn voor de nieuwe HOV-halte (4.2.3.2a) om dan vervolgens aan de hand van de aangepaste checklist het keuzeproces te doorlopen (4.2.3.2b).

a) Bepaling van mogelijke locaties

Zoals reeds in de inleiding van deze tekst (1.1.2) werd aangehaald, zijn er voor de passage **doorheen Kessel-Lo** (tussen het kruispunt Diestsesteenweg-Platte Lostraat en het Leuvense station) **nog twee mogelijke tracéopties** die overblijven (figuur 37). Dit is enerzijds een route via de Diestsesteenweg en Diestsepoort (rode lijn in figuur 37) en anderzijds het zogenoemde 'Jan Vranckxtracé', met een nieuw te bouwen brug (specifiek voor het OV) over de spoorlijnen (blauwe lijn in figuur 37).

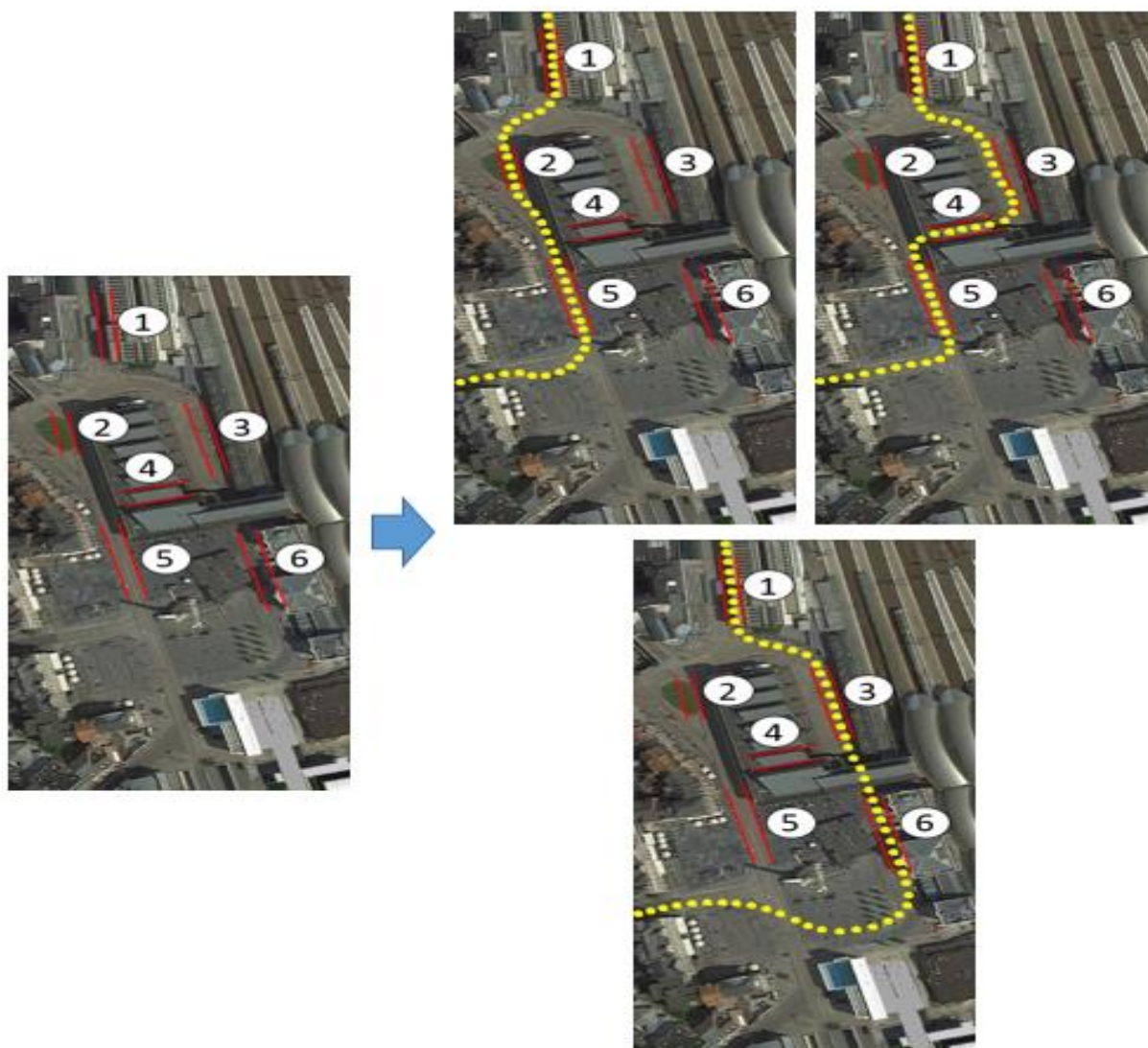
Deze nog openstaande keuze heeft echter ook gevolgen voor de mogelijke haltelocaties aan het station van Leuven. Het betekent namelijk dat er voor het vervolgtraject, bij een keuze voor het rode tracé, logischerwijs enkel een route door het centrum of via de zuidelijke vesten nog mogelijk is en dat, bij een keuze voor het blauwe tracé, de centrumroute of noordelijke singel de enige logische opties zijn. **Bijgevolg** zijn er in totaal dus **vier (2x2) mogelijke routes** die kunnen worden onderscheiden.



Figuur 37: De twee mogelijke tracéopties (rood = Diestsesteenweg, blauw = Jan Vranckxtracé) doorheen Kessel-Lo

Bekeken in functie van mogelijke **haltelocaties** betekent dit dan concreet dat er, **voor het rode tracé + centrumroute, het rode tracé + zuidelijke vesten en ook het blauwe tracé + noordelijke singel**, uiteindelijk zes mogelijke opties beschikbaar zijn. Deze zes locaties worden in **figuur 38**, samen met de bijhorende trajecten in het geval van het rode tracé + centrumroute, weergegeven.

Opties 1, 2, 3, 5 & 6 zijn hierbij locatieopties die ook voor een minder wendbaar vervoersmiddel (met grotere bochtstralen van 15 à 20 m zoals bij de klassieke trams) moeten lukken, terwijl optie 4 een bijkomende optie is die enkel mogelijk wordt wanneer er geopteerd wordt voor meer wendbare modi (met bochtstralen van 10 à 15 m zoals bij de tram op banden of de klassieke bussen en trambussen).



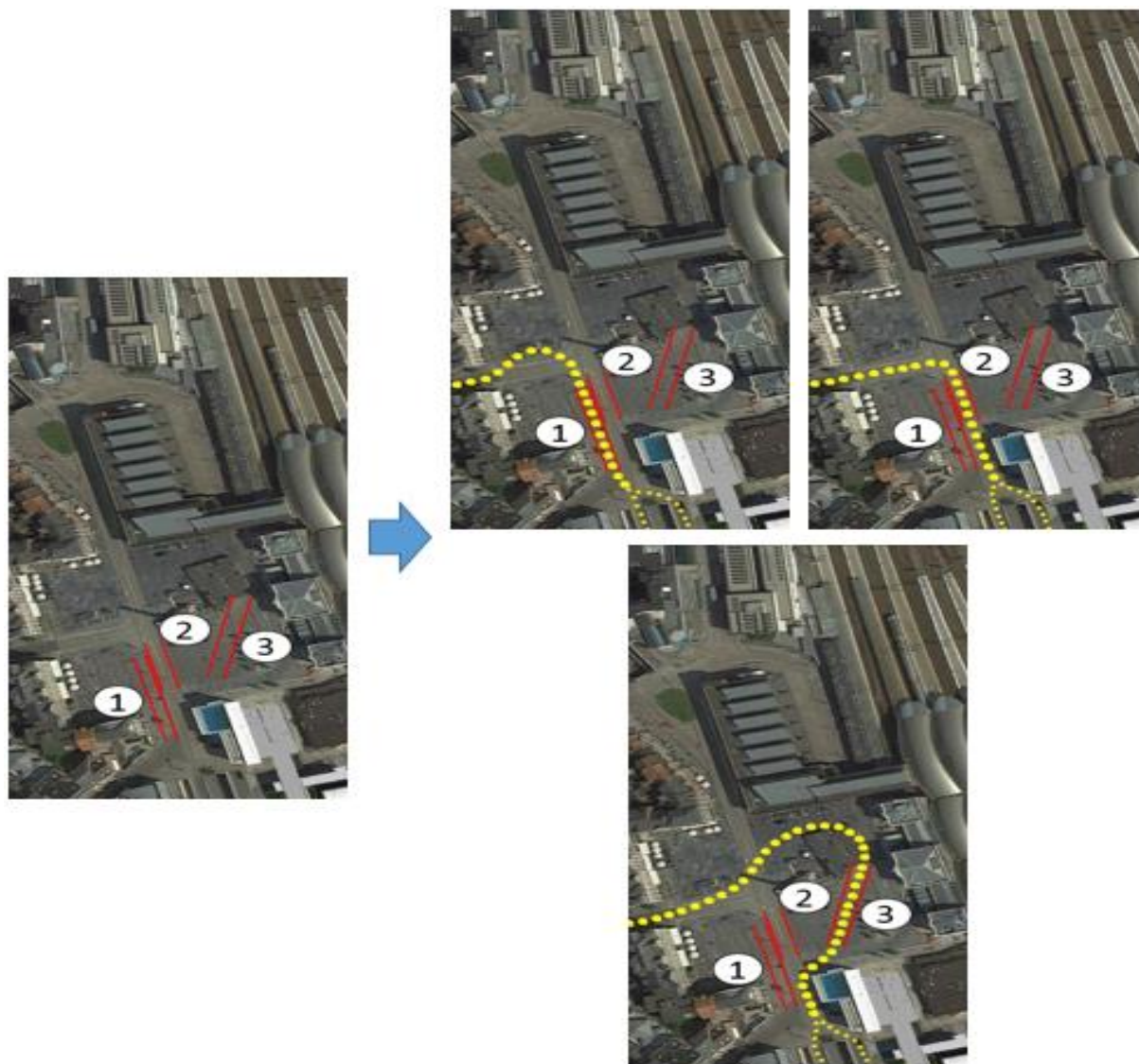
Figuur 38: SAMENVATTING – De zes locatieopties bij een keuze voor het rode tracé of het blauwe tracé+noordelijke singel

Daarnaast wordt er bij opties 1, 3, 5 & 6 ook uitgegaan van een haltelengte van +/- 50 meter, zodat zelfs de langste trams hier probleemloos kunnen halt houden. Optie 2 & 4 zijn daarentegen enkel een optie als een haltelengte van +/- 25 m volstaat, zodat deze uitsluitend voor de kortste tramtypes of voor busvoertuigen geschikt zijn.

Belangrijk om hierbij aan te geven is dat er hier dus bewust voor wordt gekozen om zo veel mogelijk vrijheidsgraden en opties open te laten, door **enkel zuiver technische beperkingen** (in de zin van voertuiglengte en vereiste bochtstralen) op te leggen aan de bepaling van de mogelijke haltelocaties. Andere mogelijke beperkingen (zoals bijvoorbeeld de relatie tot de vloedheid van de doorstroming, de kans op een negatief advies van het stadsbestuur om delen van het Martelarenplein te kruisen,...) worden aanvankelijk dan ook niet beschouwd. Enkel bij de uiteindelijke bespreking van de resultaten van het rankingsproces zullen eventuele bijkomende bedenkingen nog kort worden aangegeven.

Ook voor de **overblijvende tracéoptie (blauwe tracé + centrumroute)** wordt er analoog geredeneerd. Bijgevolg zijn er hier drie locaties denkbaar, met trajecten zoals weergegeven in **figuur 39**.

Opties 1 & 3 zijn hierbij de opties voor niet zo wendbare vervoersmodi en optie 2 vormt een bijkomende optie voor wendbare types. Opties 1 & 3 gaan daarnaast ook uit van een haltelengte van +/- 50 m, terwijl optie 2 enkel een haltelengte van +/- 25 m toelaat.



Figuur 39: SAMENVATTING – De drie locatieopties bij een keuze voor het blauwe tracé+centrumroute

b) Het uiteindelijke keuzeproces

- Rankingsproces

Bij het uitvoeren van het rankingsproces zijn er nu logischerwijs dus twee scenario's die los van elkaar dienen bekeken te worden. Er is namelijk enerzijds het scenario met **6 locatieopties (scenario 1)** en anderzijds het scenario met slechts **3 locatieopties (scenario 2)**. De respectievelijke resultaten van deze rankings in termen van overstapcomfort, worden in wat volgt in tabelblokken weergegeven.

Scenario 1

<u>Toegankelijkheid</u>	<u>Locatie nr.</u>					
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
Minimale en vlotte wandelafstanden	4	3	2	1	1	2
Minimale hoogteverschillen	3	2	1	1	1	1
Minimale rijbaankruisingen	4	5	2	1	3	2
Aanpassingen voor mindervaliden	2	2	1	1	2	1
Fietsenstalling	2	1	1	1	3	3
Gereserveerde zone voor taxi's en Kiss&Ride	3	2	2	1	1	1
SOM TOEGANKELIJKHEID	18	15	9	6	11	10
Groepsranking	6	5	2	1	4	3

<u>Veiligheid</u>	<u>Locatie nr.</u>					
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
Voldoende manoeuvreerruimte	2	3	3	3	3	1
Wegmarkeringen en signalisatie	4	3	1	1	2	1
Inbouw van sociale veiligheid	2	1	2	1	1	1
Verlichting	2	2	1	1	2	2
Camerabewaking	1	1	1	1	1	1
SOM VEILIGHEID	11	10	8	7	9	6
Groepsranking	6	5	3	2	4	1

<u>Overschouwbaarheid</u>	<u>Locatie nr.</u>					
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
(Groeps)ranking	4	2	2	1	2	3

<u>Beschutting</u>	<u>Locatie nr.</u>					
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
(Groeps)ranking	5	4	2	1	3	2

<u>TOTAAL</u>	<u>Locatie nr.</u>					
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
SOM VAN GROEPSRANKINGS	21	16	9	5	13	9
Totaalranking	5	4	2	1	3	2

Scenario 2

<u>Toegankelijkheid</u>	<u>Locatie nr.</u>		
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
Minimale en vlotte wandelafstanden	3	2	1
Minimale hoogteverschillen	1	1	1
Minimale rijbaankruisingen	3	2	1
Aanpassingen voor mindervaliden	1	1	1
Fietsenstalling	1	1	1
Gereserveerde zone voor taxi's en Kiss&Ride	3	2	1
SOM TOEGANKELIJKHEID	12	9	6
Groepsranking	3	2	1

<u>Veiligheid</u>	<u>Locatie nr.</u>		
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
Voldoende manoeuvreerruimte	2	3	1
Wegmarkeringen en signalisatie	2	2	1
Inbouw van sociale veiligheid	1	1	1
Verlichting	1	1	1
Camerabewaking	1	1	1
SOM VEILIGHEID	7	8	5
Groepsranking	2	3	1

<u>Overschouwbaarheid</u>	<u>Locatie nr.</u>		
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
(Groeps)ranking	1	1	2

<u>Beschutting</u>	<u>Locatie nr.</u>		
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
(Groeps)ranking	2	2	1

<u>TOTAAL</u>	<u>Locatie nr.</u>		
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
SOM VAN GROEPSRANKINGS	8	8	5
Totaalranking	2	2	1

- Bespreking resultaten

Ook de bespreking van de rankingsresultaten gebeurt vanzelfsprekend afzonderlijk voor beide scenario's. Eerst worden de resultaten van scenario 1 (zijnde ofwel het rode tracé ofwel het blauwe tracé + noordelijke singel) besproken. Vervolgens gebeurt hetzelfde met de resultaten van scenario 2 (zijnde het blauwe tracé + centrumroute).

Scenario 1

Uit de rankingsresultaten van scenario 1 blijkt dat, in termen van overstapcomfort, locatieoptie 4 als beste optie naar voren komt. Dit is ook logisch, aangezien deze locatie zich binnen het huidige busstation situeert en zo dus niet alleen profiteert van minimale wandelafstanden, maar ook van de voordelen van de al aanwezige infrastructuur, die in 4.2.2.3a een goede score toebedeeld kreeg.

Toch zijn er ook enkele bedenkingen bij deze locatiekeuze aan te halen. Zo gaat het hier in de eerste plaats om een halte die enkel voor busvoertuigen of voor het kortste type van de tram op banden geschikt zal zijn (door zowel een beperkte perronlengte als bochtstraalruimte). Daarnaast kan het ook niet ontkend worden dat het busstation nu reeds met ernstige capaciteitsproblemen te kampen heeft. Een extra lijn hieraan toevoegen (en in het geval van HOV bij voorkeur zelfs ‘perronexclusief’) en deze bovendien dus ook niet meer duidelijk gescheiden houden van de overige OV-lijnen, lijkt dan ook niet noodzakelijk een goed idee. Het loont daarom zeker de moeite om ook de tweede beste optie eens in detail te bekijken.

Als tweede beste optie is er een ex-aequo tussen locaties 3 en 6, die beiden een routing via de achterzijde van het busstation en vervolgens deels over het Martelarenplein vereisen. Deze twee opties genieten een aantal interessante voordelen, zoals een mindere hinder voor het huidige busverkeer in vergelijking met een plaatsing aan de voorzijde van het busstation (locaties 2 en 5) en een vlotte aansluitmogelijkheid op de reeds aanwezige beschutting in vergelijking met locaties verder weg (locatie 1). Daarenboven gelden echter specifiek voor locatie 6 nog enkele bijkomende voordelen. Zo is deze locatie voor reizigers komende van de Bondgenotenlaan reeds van ver zichtbaar, maakt deze locatie de Lijnwinkel en wachtruimte plots meer centraal gelegen in plaats van in een ‘uithoek’ en kan een keuze voor locatie 6 bovendien ook zorgen voor een ‘natuurlijke verbinding’ tussen het stationsgebouw van de NMBS en het busstation. Een laatste voordeel is daarnaast nog het feit dat het voorzien van halteinfrastructuur op locatie 6 in plaats van op locatie 3, er voor zorgt dat aan de achterzijde van het busstation meer bewegingsruimte overblijft, met een vlottere doorstroming van de bussen tot gevolg. **Locatie 6 vormt dan ook hoogstwaarschijnlijk een interessantere mogelijkheid dan (de zuiver o.b.v. de rankingsresultaten verkozen) locatie 4.**

De voornaamste bedenking bij locatie 6 is het feit of het wel realistisch is te veronderstellen dat er vanuit de stad Leuven zal mee worden ingestemd om het traject dan deels over het Martelarenplein te laten verlopen. Dat dit echter niet onmogelijk of esthetisch onverantwoord hoeft te zijn, bewijzen enkele voorbeelden uit het buitenland, waar een (H)OV-lijn als enige een voorts verkeersluw plein doorkruist. Het waarschijnlijk meest bekende (en succesvolle) voorbeeld hiervan is het Franse Nice, met trams die er (zonder bovenleiding) de Place Massena en Place Garibaldi dwarsen (figuur 40).



Figuur 40: Trams op de Place Massena (links) en Place Garibaldi (rechts) in het Franse Nice

Tot slot kan, los van bovenstaande bespreking, bij de ranking van scenario 1 nog worden vastgesteld dat locatieoptie 1, die waarschijnlijk het beste aansluit bij de uitbreidingsplannen van De Lijn richting Diestsepoort en Vuurkruisenlaan, duidelijk het minst goed scoort. Het is dan ook belangrijk om te beseffen dat de voordelen in termen van beschikbare ruimte, bij een dergelijke uitbreiding, dus deels teniet zullen worden gedaan door nadelen in termen van overstapcomfort. Zeker wanneer er gekozen wordt voor een tracé via de zuidelijke vesten (en een vlotte overstap naar andere lijnen die wel door het centrum gaan dus echt belangrijk wordt), is deze optie redelijk problematisch en bijgevolg dan ook absoluut te vermijden.

Scenario 2

De bespreking van de rankingsresultaten voor scenario 2 valt tamelijk bondig samen te vatten. **De vaststelling is hier dat locatieoptie 3, in termen van overstapcomfort, de beste optie blijkt te zijn.** De voordelen en sterke punten van deze locatie zijn dan ook grotendeels gelijklopend met de voordelen die in scenario 1 voor locatieoptie 6 werden aangehaald. Daarnaast is ook de belangrijkste bedenking dezelfde (zijnde de vereiste inpalming van een deel van het Martelarenplein). Wel is het gebruik van delen van het Martelarenplein in dit geval nog een stuk drastischer, aangezien, omwille van beperkingen in verband met een voldoende perronlengte en bochtstraal, de halteinfrastructuur (en het bijhorende traject) echt wel dwars over het plein dienen te worden aangelegd.

Wanneer omwille van deze bedenking locatie 3 uiteindelijk niet haalbaar blijkt, is het (enig overblijvende) alternatief het ex-aequo tussen locaties 1 en 2. Elk van beide locaties heeft immers zijn eigen sterke punten, die dan meteen ook de nadelen of tekortkomingen van de andere optie vormen. Zo liggen de voordelen van locatieoptie 1 (in tegenstelling tot locatieoptie 2) voornamelijk in het feit dat hier een perronlengte van +/- 50 m mogelijk is en dat de doorstroming op de huidige rijbaan minder gehinderd worden. De voordelen van locatieoptie 2 zijn daarentegen de iets kortere wandelafstand tot het busstation en station van de NMBS en vooral ook het feit dat voor één van beide perrons een rijbaankruising wordt vermeden.

Los van bovenstaande bespreking, kan er voor dit scenario tot slot nog worden opgemerkt dat, in vergelijking met scenario 1, het aantal opties toch een stuk beperkter blijkt te zijn. Daarenboven liggen de opties van scenario 2, relatief ten opzichte van de meeste locaties van scenario 1, ook allemaal wat verder weg van het huidige busstation. Een bijkomende conclusie kan dan ook zijn dat, in het geval er beleidsmatig voor een vervolgtraject doorheen het centrum zou gekozen worden, een aanloop via het Jan Vranckxtracé, zuiver in termen van overstapcomfort ter hoogte van de halte Leuven Station, minder geschikt zal zijn dan de aanloop via de Diestsesteenweg. Wel zou er als verzachtende omstandigheid hierbij terecht kunnen worden opgemerkt dat dit verschil in overstapcomfort aan de halte Leuven Station (net omwille van het vervolgtraject doorheen het centrum) van minder belang gaat zijn. Het aantal reizigers dat hier wil overstappen zal in dat geval immers veel lager liggen dan wanneer er voor een route rondom het centrum (via de singel/vesten) geopteerd zou worden.

4.2.4 Conclusie

Om dit deel te besluiten worden de voornaamste elementen en vaststellingen nu nogmaals bondig samengevat.

Zoals in de inleiding van dit deel werd aangehaald (4.2.1), werd er hier in eerste instantie tot doel gesteld een concrete methodiek te ontwikkelen, om, op gebied van overstapcomfort, zowel reeds bestaande infrastructuur te kunnen evalueren en gericht te kunnen bijsturen (4.2.2), alsook om mogelijke locaties voor nieuw te plannen infrastructuur met elkaar te kunnen vergelijken (4.2.3). Daarnaast zou deze methodiek dan ook telkens worden toegepast op enkele belangrijke overstaplocaties van de as Diest-Leuven-Tervuren, zodat hierbij de nodige vaststellingen en conclusies konden geformuleerd worden.

Voor de doelstelling om bestaande infrastructuur te kunnen evalueren en bijsturen, werd in eerste instantie (4.2.2.1) een checklist opgesteld, zoals deze uiteindelijk staat weergegeven in 4.2.2.1c.

Met enkele kwantitatieve toevoegingen als intermezzo (4.2.2.2), werd deze checklist vervolgens toegepast (4.2.2.3) op de haltes Leuven Station, Leuven Gasthuisberg en Diest Station, waardoor het potentieel ervan kon worden verduidelijkt en waarbij er voor Leuven Station een goede score, voor Leuven Gasthuisberg een (net) aanvaardbare score en voor Diest Station een slechte score werd vastgesteld.

Als bijkomende toepassing werd daarnaast ook aangegeven dat, bij een eventuele opwaardering van haltetypes K en L, in het kader van een voor het HOV gewenste niveau H of MG, de belangrijkste aandachtspunten zich voornamelijk in de prioriteitsgroepen 'veiligheid', 'informatieverstrekking' en 'faciliteiten' zullen situeren.

Voor de tweede doelstelling (de evaluatie van mogelijke locaties voor nieuw aan te leggen infrastructuur), werd in een eerste fase (4.2.3.1) de checklist uit 4.2.2.1c zodanig aangepast dat deze ook voor de nieuwe doelstelling kon gebruikt worden.

Vervolgens werd dan tot een toepassing voor Leuven Station overgegaan, door in eerste instantie een bepaling van mogelijke locaties uit te voeren en vervolgens daarop de aangepaste checklist en het bijhorende rankingsproces te gaan toepassen. De bekomen resultaten werden tot slot ook nog kritisch geëvalueerd (4.2.3.2).

Hierbij werd besloten om, in een eerste scenario (waarbij er voor een traject door Kessel-Lo via de Diestsesteenweg wordt gekozen óf waarbij een traject door Kessel-Lo via het Jan Vranckxtracé wordt gecombineerd met een vervolgroute via de noordelijke singel), als voorkeurslocatie voor optie 6 in figuur 38 te opteren. In een tweede scenario (waarbij een traject door Kessel-Lo via het Jan Vranckxtracé wordt gecombineerd met een vervolgroute door het centrum) werd als voorkeurslocatie optie 3 in figuur 39 vooropgesteld. Wel werd daarbij aangegeven dat, in beide gevallen (maar wel veel sterker in scenario 2), het Martelarenplein deels zal worden ingepalmd door de halteinfrastructuur en het bijhorende vervolgetraject. In het geval van scenario 2 werden daarom nog twee andere opties als (beste maar ook enige) alternatief aangegeven.

5

Besluit

5.1 Eindconclusie

5.1.1 Besluitvorming voor het deel vervoerswijzekeuze

Voor het deel rond de vervoerswijzekeuze voor het HOV in Leuven (en meerbepaald de as Diest-Leuven-Tervuren), werd in eerste instantie een overzicht opgesteld van zowat alle mogelijke opties die er rond trams en bussen denkbaar zijn. Hierbij werd een onderscheid gemaakt naar type materieel (klassieke tram of bus, tram op banden, trambus), naar sturingsmechanismes voor bussen (verschillende geleide opties en de niet-geleide optie) en naar aandrijvingsmethoden (bovenleiding, geen bovenleiding, zuiver op brandstof, zuiver elektrisch, als hybride vorm,...). Vervolgens werd er, voor al deze opties, stap voor stap een evaluatie opgesteld, met voor- en nadelen in termen van gebruiksperspectief en technische haalbaarheid (en waar mogelijk ook rekening houdend met de typische karakteristieken van de as Diest-Leuven-Tervuren). Deze opsomming en evaluatie vormt zuiver op zichzelf dan ook al een mooi overzicht van wat heden ten dage de interessantste technologieën en voertuigsystemen op de markt zijn.

Anderzijds is dit echter ook de noodzakelijke eerste stap om in staat te zijn het wereldwijd immense aanbod aan fabrikanten en bijhorende voertuigmodellen te kunnen herleiden tot een overzichtelijke selectie van de meest betrouwbare, meest innovatieve en voor het HOV in Leuven meest interessante opties (met in de meeste gevallen ook reeds bewezen successen in andere Europese steden). Een dergelijke selectie werd vervolgens dan ook uitgevoerd en leverde een geheel van 16 overgehouden voertuigopties op, bestaande uit vier klassieke trams, een tram op banden, negen klassieke bussen en twee trambussen.

In een volgende fase werden deze 16 voertuigen nog aan een diepgaandere analyse onderworpen. Hiertoe werden verscheidene parameters bepaald die als maatstaf kunnen dienen voor effecten (in termen van maatschappelijke baten) die beïnvloed zullen worden door de specifieke voertuigkeuze. De vergelijkende tabellen die vervolgens werden opgesteld (met voor iedere voertuigoptie de bijhorende waarden voor de geselecteerde parameters), vormen op zichzelf opnieuw een interessant en overzichtelijk geheel. Bijkomend werden hier echter ook de belangrijkste vaststellingen en opvallendste waarden uitgelicht en werd er bekeken of het mogelijk was om, op basis van deze aanvullende gegevens, één of enkele voorkeursalternatieven naar voren te schuiven.

Voor de tramvoertuigen werd daarbij vastgesteld dat de (enige) tram op banden, de Translohr van NTL, voornamelijk omwille van de configuratie-flexibiliteit en enkele voertuigkarakteristieke parameters zoals de geringe breedte en kleine bochtstraal, zeker als één van de interessantste opties mag gerekend worden. Uit de overige (klassieke) trams daarnaast nog een alternatieve voorkeursoptie selecteren, bleek een heel stuk lastiger. Hier wisselen relatieve sterktes en zwaktes elkaar immers af en zal het sterk van de persoonlijke prioriteiten van de OV-exploitant gaan afhangen, welke optie de voorkeur geniet. De Alstom Citadis X05 biedt interessante voordelen in termen van snelheid en een robuust systeem om over langere afstanden zonder bovenleiding te kunnen opereren. Ook de Bombardier Flexity 2 biedt een dergelijke optie (van continue energietoevoer via de grond) aan, maar de relatieve sterktes liggen voor dit tramtype daarnaast voornamelijk in het lage dB-niveau en kleine bochtstraal. Is tot slot de optie van lange afstanden zonder bovenleiding niet zo belangrijk, dan kan ook de Siemens Avenio M een interessante keuze zijn. Zeker wanneer daarnaast graag ingezet wordt op een hoge snelheid, laag gewicht en hogere 'positieve flexibiliteit' in termen van configuratieopties.

Voor de busvoertuigen kwam vooral de trambus van producent Van Hool, de Exqui.City, als voorkeursoptie uit de resultaten naar voren. Deze optie is echter ook logisch, gezien de gemiddeld duurdere kostprijs van een trambus ten opzichte van een klassieke variant. Daarom werden als alternatieve voorkeursopties ook de Hess O2792 (omwille van de hoge capaciteitsmogelijkheden) en

vooral de Man Lion's City GL nog vermeld. Deze laatste biedt namelijk een even hoge 'positieve configuratie-flexibiliteit' als de Exqui.City en kan zo bijvoorbeeld in een 5-deursuitvoering tijdens spitsmomenten, de haltetijden aanzienlijk terugdringen.

Het dient tot slot wel in herinnering te worden gebracht dat een gedetailleerde behandeling van het financieel-economische plaatje en bijhorende gefundeerde afweging tussen verwachte baten en te maken kosten (een volledige MKBA dus) niet tot de doelstellingen van deze thesis behoorde. Vandaar dat de aangehaalde voorkeursalternatieven hier gescheiden voor trams en bussen staan aangegeven (het gaat daarbij immers over andere grootteorden van investeringskosten per voertuig) en dat uitspraken rond welk voertuig nu de *absolute* voorkeur wegdraagt dan ook niet (konden en) werden gedaan.

5.1.2 Besluitvorming voor het deel overstapbereidheid

Voor het deel rond overstapbereidheid werd er eerst een theoretisch kader opgesteld, waarna er, in termen van ruimtelijke uitbouw van een overstaplocatie, nog een concrete evaluatiemethodiek en bijhorende toepassing op de as Diest-Leuven-Tervuren werden ontwikkeld.

In het theoretisch gedeelte werd er vertrokken van de vaststelling dat de overstapbereidheid maar moeilijk kan worden losgekoppeld van de onderliggende hoofdvraag naar de bereidheid tot het kiezen voor een OV-verplaatsing (in plaats van een verplaatsing met de eigen wagen). De overstapkost werd in eerste instantie dan ook als deel van de totale gegeneraliseerde kost (TGK) van een verplaatsing bekeken, waarbij zowel een uitdrukking voor TGK_{OV} als voor TGK_{wagen} werd opgesteld. Factoren zoals het onzekerheidsprincipe en het individuele karakter van deze gegeneraliseerde kost, maakten het echter niet mogelijk om (op basis van de voorwaarde $TGK_{OV} < TGK_{wagen}$) een eenduidige waarde voor de maximale overstapkost (of maximale overstaptijd) te gaan bepalen.

In een volgende fase werd er daarom vooral toegespitst op een onderzoek naar het aandeel en de impact van de overstap op het geheel van de verplaatsing. Hierbij werd er op verschillende manieren (een bepaling van gangbare waarden voor de parameters uit TGK_{OV} , surveyresultaten of een rekenvoorbeeld o.b.v. de verplaatsingstijdfactor) aangetoond dat het aandeel en de impact, gemiddeld genomen, allerminst te verwaarlozen zijn. Bovendien blijkt de overstap, vanuit het oogpunt van de OV-exploitant, vaak nog een grote opportuniteit te zijn, met een belangrijk potentieel en aanzienlijke verbeteringsmarges.

Een laatste element dat daarom in het theoretisch kader werd bekeken, was de vraag welke factoren er op welke delen van de (ervaren) overstaptijd een invloed uitoefenen en welke daarvan ook beïnvloedbaar zijn voor een OV-exploitant. De beïnvloedbare factoren konden hierbij opgedeeld worden in twee grote groepen, zijnde enerzijds de factoren in relatie tot de operationele planning en anderzijds de factoren met betrekking tot de ruimtelijke uitbouw van een overstaplocatie.

Op deze tweede groep van factoren werd vervolgens dieper ingegaan door het opstellen van een concrete evaluatiemethodiek en bijhorende toepassing hiervan op enkele belangrijke locaties langsheen de as Diest-Leuven-Tervuren. Het doel hierbij was, om, in termen van overstapcomfort, enerzijds bestaande halteinfrastructuur te kunnen evalueren (en gericht te kunnen bijsturen) en anderzijds ook mogelijke locatieopties voor nieuw aan te leggen infrastructuur tegen elkaar te kunnen afwegen.

Voor de eerste doelstelling (bestaande infrastructuur) werd, op basis van een opdeling van het overstapproces in deelfases en de erkenning van daaruit volgende prioriteitsgroepen, een checklist en bijhorend scoringssysteem opgesteld. Deze checklist werd vervolgens toegepast op de haltes Leuven Station, Leuven Gasthuisberg en Diest Station. Hierbij kon worden vastgesteld dat de halte Leuven Station zeer aanvaardbaar scoorde, Leuven Gasthuisberg daarentegen maar matig scoorde en de halte

Diest Station een zeer slechte score liet noteren. Een overzicht van de voornaamste prioriteitsgroepen en specifieke elementen om op in te zetten ter verbetering van de huidige score, werd hierbij telkens aangehaald.

Voor de tweede doelstelling (nieuw aan te leggen infrastructuur) werden in eerste instantie de nodige aanpassingen doorgevoerd aan de checklist die voor de eerste doelstelling werd opgesteld en werd ook van een scoringssysteem op een rankingsysteem overgeschakeld. Voor de toepassing op de omgeving van Leuven Station werden vervolgens eerst alle mogelijke locaties bepaald voor elk van beide scenario's die bekeken werden. In scenario 1 (ofwel tracé via Diestsesteenweg ofwel Jan Vranckxtracé met noordelijke singel) werden zo zes mogelijke locaties aangehaald, terwijl dit er in scenario 2 (Jan Vranckxtracé met centrumroute) slechts drie bleken te zijn. Als voorkeurslocaties werd daaruit (na ranking en kritische evaluatie) respectievelijk voor locatieoptie 6 (figuur 38) en locatieoptie 3 (figuur 39) gekozen.

5.2 Mogelijkheden voor verder onderzoek

Wat de mogelijkheden voor verder onderzoek betreft, liggen de belangrijkste opportuniteiten in de aangehaalde beperkingen voor de vervoerswijzekeuze (zoals opgesomd in de laatste alinea van 5.1.1). Om de overgebleven voorkeursalternatieven qua vervoerswijzeopties tot slechts één absoluut beste optie te kunnen herleiden, dient namelijk de kostenzijde van de verschillende opties en vooral ook de verhouding tussen deze kostenzijde en de bijhorende baten (een volledige kosten-baten analyse) nog in detail geanalyseerd te worden. Hiervoor zal het echter nodig zijn om met behulp van een (multimodaal) verkeersmodel de effecten in termen van veranderende vervoersstromen (Welke vraag kan er voor de nieuwe HOV-lijn worden aangetrokken? Wat zijn de effecten op het gewone verkeer?...) zo nauwkeurig mogelijk te gaan bepalen.

Ook de vraag of er best voor een centrumroute dan wel voor een route via de singel/vesten wordt geopteerd, wordt in dat opzicht best eerst (of alleszins gelijktijdig) nog beantwoord. Het uitvoeren van een uitgebreide herkomst-bestemmingsanalyse is in dat opzicht een logische stap.

Suggesties voor verder onderzoek die zich specifiek richten op het deel rond overstapbereidheid, zijn typisch wat kleinere onderzoekselementen. Toch kunnen ook deze zeker nog een nuttige toevoeging bieden.

Een eerste voorbeeld hiervan zou een uitbreiding kunnen zijn van de opgestelde analyse in verband met totale gegeneraliseerde kosten (TGK's) naar een vergelijking van TGK_{OV} met ook TGK's voor zuivere fietsverplaatsingen of taxi-verplaatsingen (in plaats van enkel te vergelijken met TGK_{wagen}). Er zijn zo namelijk voorbeeldsituaties denkbaar waar bepaalde reizigers toch voor de deur-tot-deur-service van een taxi blijken te kiezen, ondanks het feit dat dit vele malen duurder is dan het OV-alternatief.

Een ander voorbeeld zou kunnen bestaan uit het onderzoeken van de mate waarin de overstapweerstand ook blijkt af te hangen van de totale reistijd of afstand. Zo zal een inwoner van een buitenwijk van een bepaalde stad immers niet echt opgezet zijn met de noodzaak van een overstap om zijn exacte bestemming ergens in het centrum te bereiken. Een reiziger met dezelfde bestemming, maar komende van een andere stad veel verder weg, zal het lokaal nog moeten overstappen daarentegen als eerder logisch en onvermijdelijk ervaren en hier bijgevolg dan ook veel minder een probleem mee hebben.

6

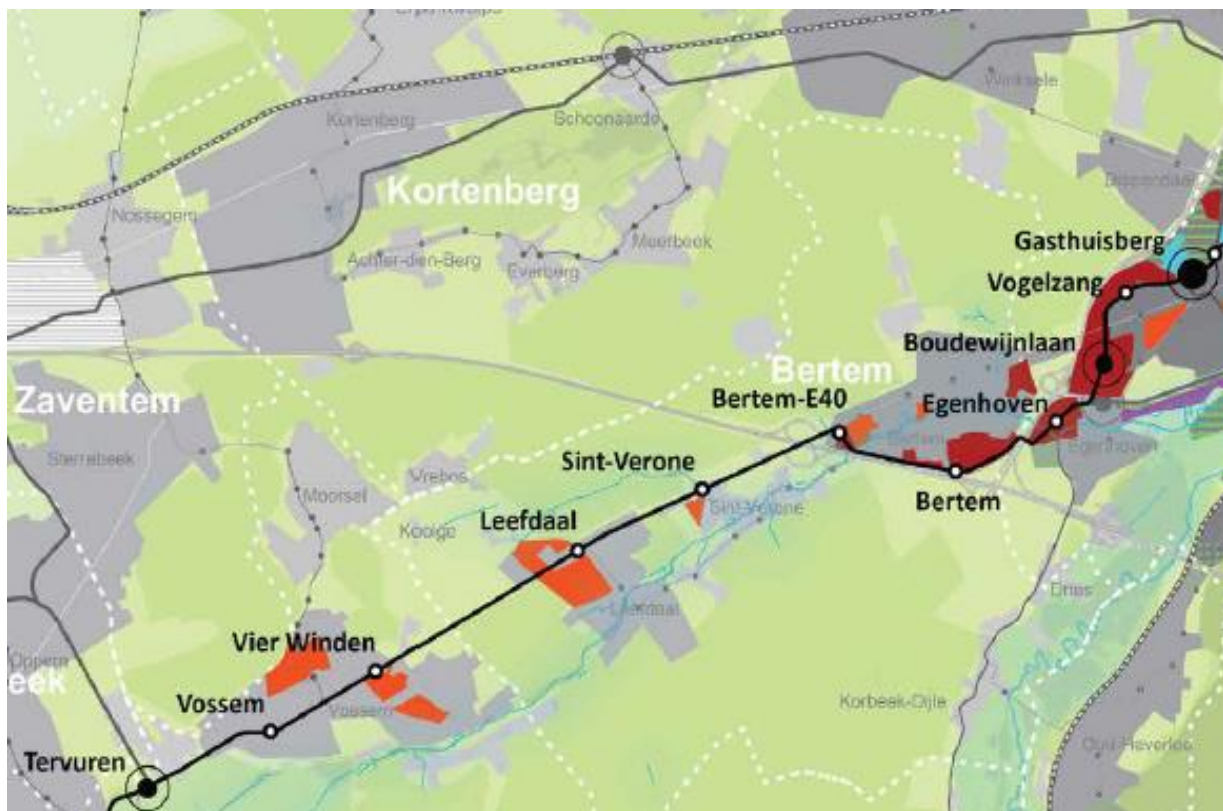
Bijlagen

Bijlage A: Afbeeldingen as Diest-Leuven-Tervuren

- Afbeelding 1 - Segment Diest-Leuven: (bron: Regionet Leuven?)



- Afbeelding 2 - Segment Leuven-Tervuren: (bron: Regionet Leuven?)



Bijlage B: Afbeeldingen Leuven Station

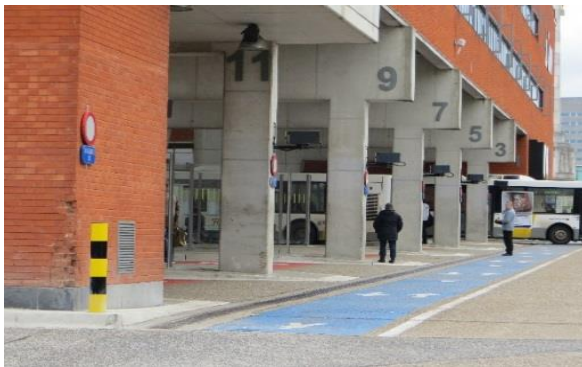
Oriëntatie

- *Naam van de halte*



Afbeelding 1:

- *Nummering van perrons*



Afbeelding 2:



Afbeelding 3:

- *Bewegwijzering en/of overzichtsbornen*



Afbeelding 4:



Afbeelding 5:



Afbeelding 6:

Overschouwbaarheid

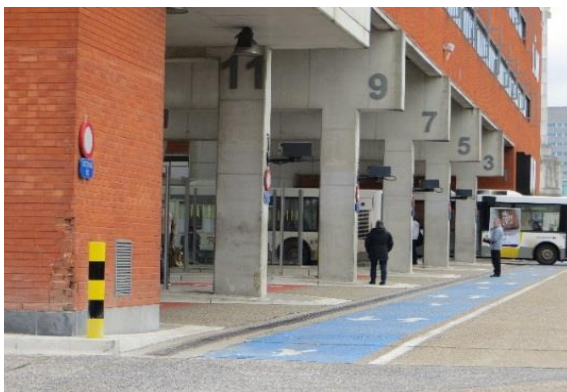
- *Gebruik van doorzichtige panelen (glas)*



Afbeelding 7:

Veiligheid

- *Wegmarkeringen en signalisatie*

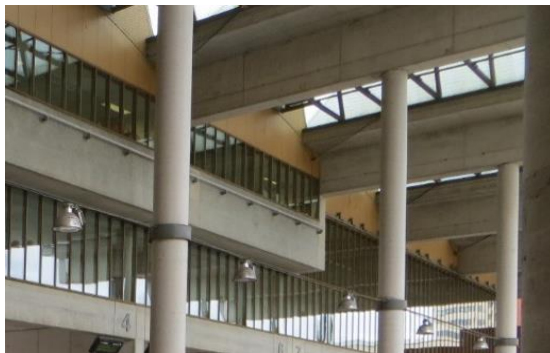


Afbeelding 8:



Afbeelding 9:

- *Verlichting*



Afbeelding 10:

- *Camerabewaking*



Afbeelding 11:

Beschutting

- *Windscherm op het perron*



Afbeelding 12:

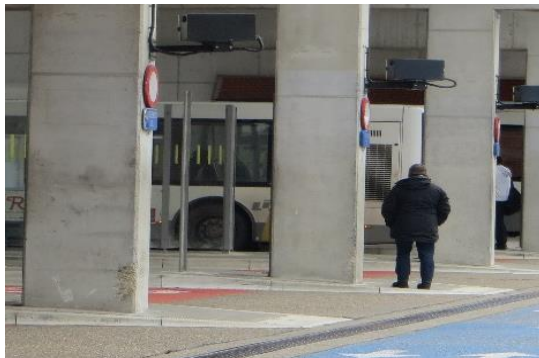
- *Overdekte en afgeschermdde links tussen de perrons*



Afbeelding 13:

Toegankelijkheid

- *Aanpassingen voor mindervaliden*



Afbeelding 14:

- *Gereserveerde zone voor taxi's en Kiss&Ride*



Afbeelding 15:

Informatieverstrekking

- *Dienstregeling*



Afbeelding 16:



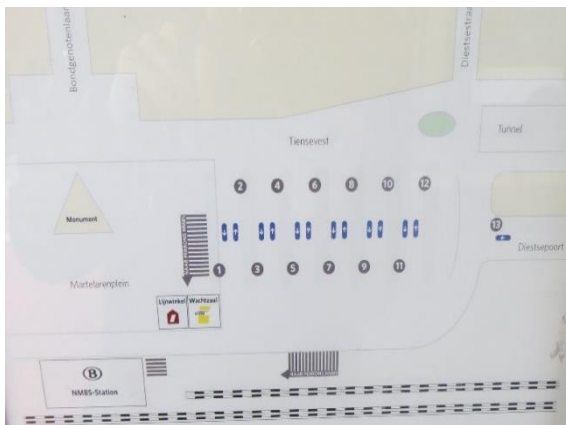
Afbeelding 17:

- *Real-time borden*



Afbeelding 18:

- *Omgevingsplan*



Afbeelding 19:

- *Loket*



Afbeelding 20:

Faciliteiten

- *Vuilnisbakken*



Afbeelding 21:

- *Zitbanken*



Afbeelding 22:

Afzonderlijke wachtruimte



Afbeelding 23:

Bijlage C: Afbeeldingen en checklists Leuven GHB en Diest Station

- Leuven GHB (Gasthuisberg)



<u>Oriëntatie</u>	Score	Belang	Gewogen score
Naam van de halte	1/3	B	2
Lijnnummers en hoofdbestemmingen	3/3	B	6
Nummering van perrons	0/3	B	0
Bewegwijzering	2/3	B	4
Overzichtsbornen	3/3	B	6
SUBTOTAAL			18 (op 30)
PERCENTAGE			60,0 %

<u>Overschouwbaarheid</u>	Score	Belang	Gewogen score
Duidelijk zichtbare informatie	2/3	B	4
Goede zichtlijnen t.o.v. aankomende voertuigen	2/3	B	4
Gebruik van doorzichtige wanden (glas)	2/3	B	4
SUBTOTAAL			12 (op 18)
PERCENTAGE			66,7 %

<u>Veiligheid</u>	Score	Belang	Gewogen score
Voldoende manoeuvreerruimte	3/3	B	6
Wegmarkeringen en signalisatie	2/3	B	4
Inbouw van sociale veiligheid	3/3	B	6
Verlichting	2/3	B	4
Camerabewaking	0/3	B	0
Noodhulp punt	0/3	W	0
Omroepsysteem	/	GN	0
SUBTOTAAL			20 (op 33)
PERCENTAGE			60,6 %

Beschutting	Score	Belang	Gewogen score
Overdekt perron	2/3	B	4
Windscherm op het perron	2/3	B	4
Overdekte en afgeschermd links tussen de perrons	1/3	W	1
SUBTOTAAL			9 (op 15)
PERCENTAGE			60,0 %

Toegankelijkheid	Score	Belang	Gewogen score
Minimale en vlotte wandelafstanden	3/3	B	6
Minimale hoogteverschillen	1/3	B	2
Minimale rijbaankruisingen	2/3	B	4
Aanpassingen voor mindervaliden	2/3	B	4
Fietsenstalling	2/3	B	4
Gereserveerde zone voor taxi's en Kiss&Ride	2/3	W	2
SUBTOTAAL			22 (op 33)
PERCENTAGE			66,7 %

Informatieverstrekking	Score	Belang	Gewogen score
Dienstregeling	3/3	B	6
Infoborden (ticketprijs,...)	2/3	B	4
Netwerkplan	1/3	B	2
Real-time borden	3/3	B	6
Omgevingsplan	1/3	B	2
Loket	/	GN	0
SUBTOTAAL			20 (op 30)
PERCENTAGE			66,7 %

Faciliteiten	Score	Belang	Gewogen score
Vuilnisbakken	2/3	B	4
Zitbanken	2/3	B	4
Ticketmachine	1/3	B	2
WiFi	1/3	B	2
Drankfonteinjes of automaat met dranken en snacks	2/3	W	2
Toiletten	2/3	W	2
Afzonderlijke wachtruimte	3/3	W	3
SUBTOTAAL			19 (op 33)
PERCENTAGE			57,6 %

- Diest Station

<u>Oriëntatie</u>	Score	Belang	Gewogen score
Naam van de halte	1/3	B	2
Lijnnummers en hoofdbestemmingen	3/3	B	6
Nummering van perrons	0/3	B	0
Bewegwijzering	1/3	B	2
Overzichtsbornen	0/3	B	0
SUBTOTAAL			10 (op 30)
PERCENTAGE			33,3 %

<u>Overschouwbaarheid</u>	Score	Belang	Gewogen score
Duidelijk zichtbare informatie	1/3	B	2
Goede zichtlijnen t.o.v. aankomende voertuigen	3/3	B	6
Gebruik van doorzichtige wanden (glas)	1/3	B	2
SUBTOTAAL			10 (op 18)
PERCENTAGE			55,6 %

<u>Veiligheid</u>	Score	Belang	Gewogen score
Voldoende manoeuvreerruimte	3/3	B	6
Wegmarkeringen en signalisatie	1/3	B	2
Inbouw van sociale veiligheid	1/3	B	2
Verlichting	1/3	B	2
Camerabewaking	1/3	B	2
Noodhulp punt	0/3	W	0
Omroepsysteem	/	GN	0
SUBTOTAAL			14 (op 33)
PERCENTAGE			42,4 %

Beschutting	Score	Belang	Gewogen score
Overdekt perron	0/3	B	0
Windscherm op het perron	0/3	B	0
Overdekte en afgeschermd links tussen de perrons	0/3	W	0
SUBTOTAAL			0 (op 15)
PERCENTAGE			0 %

Toegankelijkheid	Score	Belang	Gewogen score
Minimale en vlotte wandelafstanden	2/3	B	4
Minimale hoogteverschillen	2/3	B	4
Minimale rijbaankruisingen	2/3	B	4
Aanpassingen voor mindervaliden	0/3	B	0
Fietsenstalling	1/3	B	2
Gereserveerde zone voor taxi's en Kiss&Ride	2/3	W	2
SUBTOTAAL			16 (op 33)
PERCENTAGE			48,5 %

Informatieverstrekking	Score	Belang	Gewogen score
Dienstregeling	3/3	B	6
Infoborden (ticketprijs,...)	1/3	B	2
Netwerkplan	0/3	B	0
Real-time borden	0/3	B	0
Omgevingsplan	0/3	B	0
Loket	/	GN	0
SUBTOTAAL			8 (op 30)
PERCENTAGE			26,7 %

Faciliteiten	Score	Belang	Gewogen score
Vuilnisbakken	3/3	B	6
Zitbanken	0/3	B	0
Ticketmachine	0/3	B	0
WiFi	1/3	B	2
Drankfonteintjes of automaten met dranken en snacks	2/3	W	2
Toiletten	2/3	W	2
Afzonderlijke wachtruimte	1/3	W	1
SUBTOTAAL			13 (op 33)
PERCENTAGE			39,4 %

7

Bibliografie

Referenties naar papers & onderzoeksrapporten

A Better City. (2014). Alternative propulsion systems. Massachusetts Bay Transportation Authority.

Abkowitz, M., Josef, R., Tozzi, J. & Driscoll, M. (1987). Operational feasibility of timed transfer in transit systems. *Journal of Transportation Engineering*, 113(2), 168-177.

Bourget, C. & Labia, P. (2010). Mission de diagnostic et de prospective sur les réseaux de transports urbains de Caen et Nancy. Rapport définitif. Conseil Général de l'environnement et du développement durable.

Central Transportation Planning Staff. (1997). Transfer penalties in urban mode choice modeling. Report prepared for the Travel Model Improvement Program, U.S. Department of Transportation, USA.

Chowdhury, S., & Ceder, A. (2013). Definition of planned and unplanned transfer of public transport service and user decisions to use routes with transfers. *Journal of Public Transportation*, 16(2), 1-20.

Clark, J.E. (1982). Modeling travelers' perception of travel time. *Transportation Research Board Record*, 890, 7-11.

Clark, N.N., Zhen, F., Wayne, W.S. (2009). Assessment of hybrid-electric transit bus technology. *TCRP Report 132*.

De Lijn. (2013a). Maatschappelijke kosten-baten analyse van de tramlijn Jette-Zaventem Luchthaven. Rapport opgesteld voor de ontwikkeling van Brabantnet en de Mobiliteitsvisie 2020.

De Lijn. (2013b). Maatschappelijke kosten-baten analyse van de sneltramlijn Willebroek-Brussel via de A12. Rapport opgesteld voor de ontwikkeling van Brabantnet en de Mobiliteitsvisie 2020.

Dziekhan, K. (2008). Ease-of-use in public transportation: a user perspective on information and orientation aspects. Doctoral Thesis in Traffic and Transport Planning, Infrastructure and Planning. Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.

Ellis, S., Ceney, H. & Hassan, K. (2006). Integration of guided busways in the urban environment. International seminar on urban pavements - Contribution to sustainable development.

Finn, B., Heddebaut, O., Kerkhof, A., Rambaud, F., Lozano, O.S. & Soulas, C. (2011). Buses with high level of service - Fundamental characteristics and recommendations for decision-making and research. Final report. *COST action TU0603*.

Fruin, J.J. (1971). Designing for pedestrians: a level of service concept. *Highway Research Record*, 355, 1-15.

Griffiths, P. (2012). Technology briefing paper - Catenary free tram operation. UK Tram.

Guo, Z. (2008). Transfers and path choice in urban public transport systems. Doctoral Thesis. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA.

Guo, Z. & Wilson, N.H.M. (2010). Assessing the cost of transfer inconvenience in public transport systems: a case study of the London underground. *Transportation Research Part A*, 45, 91-104.

Hess, D.B., Brown, J. & Shoup, D. (2005). Waiting for the bus. *Journal of Public Transportation*, 7(4), 67-84.

- Hunt, J.D. (1990). A logit model of public transportation route choice. *ITE Journal*, 60(12), 26-30.
- Immers, B. & Corman, F. (2011). Slides openbaar vervoer les 7. Faculteit Ingenieurswetenschappen, KU Leuven.
- Iseki, H. & Taylor, B.D. (2008). Not all transfers are created equal: towards a framework relating transfer connectivity to travel behavior. *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, 29(6), 777-800.
- Iseki, H. Taylor, B.D. & Miller, M. (2006). The effects of out-of-vehicle time on travel behavior: implications for transit transfers. Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, USA.
- Knoppers, P. & Muller, T. (1995). Optimized transfer opportunities in public transport. *Transportation Science*, 29(1), 101-105.
- Ligett, R., Loukaitou-Sideris, A. & Iseki, H. (2001). Bus stop - environment connection: do characteristics of the built environment correlate with bus stop crime? *Transportation Research Record*, 1760, 20-27.
- Murgier, A. (1995). Transport sur voie réservée : un nouveau mode. Association pour le développement des techniques de transport, d'environnement et de circulation - Congrès 1995, Le Havre, France.
- New South Wales Department of Transport. (2008). Guidelines for the development of public transport interchange facilities. New South Wales, Australia.
- Novalés, M. (2010). Overhead wires free light rail systems. *TRB 2011 Annual Meeting*.
- O'Flaherty, C.A. & Mangan, D.O. (1990). Bus passenger waiting time in central areas. *Traffic Engineering Control*, 11, 419-421.
- Olszewski, P. & Krukowski, P. (2012). Quantitative assessment of public transport interchanges. Report prepared for the European Transport Conference 2012, Glasgow, Scotland.
- Pratt, R.H. & Bevis, H.W. (1977). An initial Chicago North suburban transit improvement program. 1971-1975 - Vol. I: Report and Exhibits - Vol. II: Technical Supplement, U.S. Department of Transportation.
- Rebelgroup Advisory & MINT. (2013). Standaardmethodiek voor MKBA van transportinfrastructuurprojecten. Rapport opgesteld voor het Departement Mobiliteit en Openbare Werken van de Vlaamse Overheid.
- Salzborn, F.J.M. (1980). Scheduling bus systems with interchanges. *Transportation Science*, 14(3), 211-231.
- Seddon, P.A. & Day, M.P. (1974). Bus passenger waiting times in greater Manchester. *Traffic Engineering and Control*, 15(1), 442-445.
- Systra. (2012). Feasibility of alternative power supply systems for the LUAS BXD. Ref.: O-IRL-12-B309-REP-0001.
- Taylor, B.D., Iseki, H., Miller, M.A. & Smart, M. (2007). Thinking outside the bus: understanding user perceptions of waiting and transferring in order to increase transit use. Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, USA.

Transportation Research Board. (1999). The role of transit amenities and vehicle characteristics in building transit ridership: amenities for transit handbook and the transit design game workbook. *TCRP Report 46*.

Turnbull, R. & O'Higgins, T. (2013). Public transport interchange design guidelines. Final report prepared for Auckland Transport, New Zealand.

UseMobility. (2012). Factors influencing behavioural change towards eco-friendly multimodal mobility. Report prepared for understanding social behaviour for eco-friendly multimodal mobility.

Van den Heuvel, M.G. & Schoemaker, T.J.H. (1989). Visie systeemopbouw openbaar vervoer Randstad. TU Delft, Delft, Nederland.

Van Goeverden, C.D. & van den Heuvel, M.G. (1993). De verplaatsingstijdfactor in relatie tot de vervoerswijzekeuze. TU Delft, Delft, Nederland.

Wardman, M.R. (2004). Public transport values of time. *Transport Policy*, 11(4), 363-377.

Wardman, M.R. & Abrantes, P.A.L. (2011). Meta-analysis of UK values of travel time: an update. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45(1), 1-17.

Webster, F.V. & Bly, P.H. (1980). The demand for public transport. Report prepared for an international collaborative study of the factors affecting public transport. TRL Limited.

Živanović, Z. & Nikolić, Z. (2012). The application of electric drive technologies in city buses. *ISBN: 978-953-51-0893-1, InTech, DOI: 10.5772/51770*.

Referenties naar websites & online geraadpleegde brochures, technische fiches, persberichten,... (laatste raadpleging op 5 januari 2016)

1. Projectwebsite ORDERin'F, Consortium ORDERin'F, <http://www.orderinf.eu/>
2. Projectwebsite Regionet Leuven, BUUR, <http://www.regionetleuven.be/>
3. Brochure Optiguide-Optiboard, Siemens, <https://w5.siemens.com/france/web/fr/sts/offre/solutions/transports/Documents/Fiche%20optiboard%20fr%2011%202014bis.pdf>
4. Productpagina FROG voertuigtechnologie, Frog AGV Systems, <http://www.frog.nl/Ooplossingen/Technologie/Voertuigtechnologie.html>
5. Persbericht zelfrijdende bus, De Lijn, <http://delijn.prezly.com/1e-zelfrijdende-bus-in-belgie-stapje-dichterbij>
6. Persbericht STEEM, Alstom, <http://www.alstom.com/press-centre/2011/5/STEEM-promoting-energy-savings-for-tramways>
7. Brochure WiPost & Ultracaps, NTL, <http://www.newtl.com/en/wp-content/uploads/sites/2/2013/02/2013-Dossier-Wipost-GB.pdf>
8. Brochure MITRAC, Bombardier, http://www.bombardier.com/content/dam/Websites/bombardiercom/supporting-documents/BT/Bombardier-Transport-ECO4-MITRAC_Energy_Saver-EN.pdf

9. Brochure Sitras HES, Siemens, <https://w3.usa.siemens.com/mobility/us/Documents/en/rail-solutions/railway-electrification/dc-traction-power-supply/sitras-hes-en.pdf>
10. Productpagina ACR/Freedrive, CAF, <http://www.caf.es/en/ecocaf/nuevas-soluciones/tranvia-acr.php>
11. Productpagina APS, Alstom, <http://www.alstom.com/products-services/product-catalogue/rail-systems/Infrastructures/products/aps-ground-level-power-supply/>
12. Productpresentatie Tramwave, Ansaldo, <http://www.dcstreetcar.com/wp-content/uploads/2014/08/Section-D-Part-5-610-722-pagesred.pdf>
13. Productpagina Primove, Bombardier, <http://primove.bombardier.com/applications/tram.html>
14. Productpagina van bus met CNG-aandrijving, MAN, <http://www.bus.man.eu/nl/nl/stadsbussen/man-lions-city-cng/overzicht/Overzicht.html>
15. Persbericht elektrische bussen, De Lijn, https://www.delijn.be/nl/overdelijn/nieuws/bericht/11888_elektrische_bussen
16. Persbericht faillissement APTS, ED, <http://www.ed.nl/economie/phileas-ontwikkelaar-aptshelmond-failliet-1.4644816>
17. Persbericht overname Ansaldo, Hitachi Rail, <http://www.hitachi.com/New/cnews/month/2015/11/151102.html>
18. Webpagina over tramfabrikanten, Wikia TramWiki, <http://nl.trams.wikia.com/wiki/Categorie:Fabrikanten>
19. Eventwebsite Busworld Kortrijk, Busworld, <http://kortrijk.busworld.org/>
20. Brochure Citadis X05, <http://www.alstom.com/Global/Transport/Resources/Documents/brochure2014/Citadis%20-%20Sales%20brochure%20-%20Eng%20-%20Sept%202014%20-%20LD.pdf?epslanguage=en-GB>
21. Technische fiche Citadis X05, <http://www.alstom.com/Global/Transport/Resources/Documents/brochure2014/Citadis%20X05%20-%20Product%20sheet%20-%20EN.pdf?epslanguage=en-GB>
22. Brochure Flexity 2, <http://bahnlinz.com/FLEXITY2.pdf>
23. Technische fiche Flexity 2, <http://s3-eu-west-1.amazonaws.com/storage.prezly.com/a5/3123d0442411e4b84e3517f8b01442/Flexity-2---data-sheet.pdf>
24. Technische fiche Urbos 100, <http://www.modernstreetcar.org/pdf/APTA%20Streetcar%20Carbuilder%20Survey%20Rev%20130117%20Draft%20CAF%20Urbos%20100%25%20LF.pdf>
25. Brochure Avenio M, <http://www.mobility.siemens.com/mobility/global/SiteCollectionDocuments/en/rail-solutions/trams-and-light-rail/avenio-m/avenio-m-broschure-en.pdf>
26. Technische fiche Avenio M, <https://www.mobility.siemens.com/mobility/global/SiteCollectionDocuments/en/rail-solutions/trams-and-light-rail/avenio-den-haag-en.PDF>
27. Brochure & technische fiche Translohr, <http://www.alstom.com/Global/Transport/Resources/Documents/brochure2014/Translohr%20-%20Brochure%20-%20English.pdf?epslanguage=en-GB>

28. Brochure & technische fiche O2792, <http://www.hess-ag.ch/en/busse/linienbusse/niederflur.php>
29. Brochure & technische fiche Urbino, <https://www.solarisbus.com/eng/urbino.html>
30. Technische fiche newAG300, <http://www.vanhool.be/ENG/openbaar%20vervoer/diesel/Resources/leafletAG300%202013%20mail.pdf>
31. Technische fiche Citea SLFA, <http://www.vdlbuscoach.com/Producten/Openbaar-vervoer/Citea/Technische-specificatie.aspx>
32. Brochure Lion's City GL, http://m.man-mn.com/system/product_pdfs/pdfs/000/000/100/original/30094_Broschuere_LionsCity_GL_GB.pdf?1352302675
33. Technische fiche Lion's City GL, http://www.bus.man.eu/man/media/fl/content_medien/doc/business_website_bus_master_1/Lions_City.pdf
34. Brochure Citywide LE, <http://www4.scania.com/templates/campaigns/selma/download/Citywide-brochure-en.pdf>
35. Technische fiche Citywide LE, https://www.scania.com/Images/Citywide_LE_range_tcm40-448164.pdf
36. Brochure Urbanway, http://www.iveco.com/ivecobus/en-us/collections/catalogues/Documents/City/BrochureUrbanway_EN_Euro_VI.pdf
37. Technische fiche Urbanway, <http://www.bustocoach.com/en/content/iveco-bus-urbanway-cursor-9-euro-vi-18-metres-city-class-i-4-doors>
38. Brochure & technische fiche Citaro G, http://www.mercedes-benz.be/content/media_library/hq/hq_mpc_reference_site/bus_ng/services_accessories/brochure/2013/citaro_g_tech/2081_0114Tech_Info_Citaro_G_EuroVI_NL_pdf.object-Single-MEDIA.tmp/2081_0114Tech_Info_Citaro_G_EuroVI_NL.pdf
39. Brochure 7900 A, <http://www.volvobuses.com/SiteCollectionDocuments/VBC/Downloads/Volvo-7900-Euro6-Hybrid-Brochure-NL.pdf>
40. Technische fiche 7900 A, <http://www.volvobuses.com/SiteCollectionDocuments/VBC/Downloads/Volvo-7905LAH-EU6-Data-sheet-13-03.pdf>
41. Brochure Exqui.City, <http://www.vanhool.be/home%20fr/transport%20public/hybride%20trolley/Resources/folderExquicitya.pdf>
42. Technische fiche Exqui.City, <http://www.vanhool.be/NED/openbaar%20vervoer/Resources/folder%20Exquicity%202013%20mail.pdf>
43. Brochure Crealis, http://www.iveco.com/ivecobus/en-us/collections/catalogues/Documents/City/BrochureCrealis_EN_Euro_VI.pdf
44. Technische fiche Crealis, <http://www.bustocoach.com/en/content/iveco-bus-crealis-neo-182-metres-brt-4-doors>
45. Persbericht tweede busstation Leuven, Nieuwsblad, http://www.nieuwsblad.be/cnt/dmf20140501_01088451#
46. Projectwebsite stationsomgeving Diest, Provincie Vlaams-Brabant, <http://www.vlaamsbrabant.be/wonen-milieu/wonen-en-ruimtelijke-ordening/projecten/stationsomgevingen/poort-van-demer-en-diest/index.jsp>

Figurenlijst

Figuur 1: (a) Tracéopties Leuven centrum ² , (b) Tracéopties Kessel-Lo, (c) & (d) Concept van de vrije bedding ² , (e) & (f) Toekomstbeeld Bondgenotenlaan ²	4
Figuur 2: Overgang naar een meer ‘feeder-trunk’ georiënteerde structuur ²	5
Figuur 3: (a) Klassieke tram, (b) Tram op banden	14
Figuur 4: (a) Klassieke bus, (b) Trambus	15
Figuur 5: TVR-voertuig	16
Figuur 6: (a) TVR-verbindingstechniek, (b) Verbindingstechniek bij tram op banden	16
Figuur 7: (a) Zijwieltjes KGB-systeem, (b) Bus tussen verhoogde randen	17
Figuur 8: Optiguide-Optiboard-systeem ³	17
Figuur 9: Bovenleiding en pantograaf	18
Figuur 10: ACR/Freedrive-systeem ¹⁰	20
Figuur 11: APS-systeem (Novales, 2010)	21
Figuur 12: Tramwave-systeem ¹²	22
Figuur 13: Primove-systeem ¹³	22
Figuur 14: (a) Evolutie aardgas- en dieselprijs ¹⁴ , (b) Bus met CNG-aandrijving	24
Figuur 15: Trolleybus	24
Figuur 16: Principe waterstofcel	25
Figuur 17: Phileas-bus in het Franse Douai	30
Figuur 18: Crealis-bus met Optiguide-Optiboard in het Spaanse Castellón	30
Figuur 19: Citadis-tram met APS in het Franse Bordeaux	32
Figuur 20: Vergelijking van energieverloop bij aandrijving met (a) supercondensatoren en (b) batterijen, voor een voorbeeldsituatie met vier opeenvolgende haltes zonder tussenliggende bovenleiding	33
Figuur 21: Vergelijking tussen diesel- en CNG-aandrijvingen in termen van gemiddelde voertuigcapaciteit (Finn et al., 2011)	35
Figuur 22: Historische evolutie van voornaamste tramfabrikanten	36
Figuur 23: Systeem voor bijladen via de grond in het Spaanse Zaragoza	38
Figuur 24: WiPost-systeem ⁷	39
Figuur 25: Vergelijking van de in-/uitstaptijd tussen een bus met vier deuren en één met vijf deuren ³²	53
Figuur 26: Vergelijking (uit de NTL-brochure) van de bochtstraal van een Translohr met die van een gelede bus ²⁷	55
Figuur 27: Voornaamste pull-in (groen) en push-out (rood) factoren voor het OV (UseMobility, 2012)	67
Figuur 28: Invloedrijke factoren gekoppeld aan deelaspecten v.d. ervaren overstaptijd (gebaseerd op Iseki & Taylor, 2008)	68
Figuur 29: Relatieve impact van de voornaamste secundaire pull-in factoren voor het OV (UseMobility, 2012)	70
Figuur 30: VF-curve met het OV-aandeel i.f.v. de verplaatsingstijdverhouding (van den Heuvel & Schoemaker, 1989)	72
Figuur 31: Opdeling van het overstapproces in deelfases (gebaseerd op Turnbull & O’Higgins, 2013)	77
Figuur 32: SAMENVATTING – Grafische weergave van de checklistresultaten voor LEUVEN STATION	85
Figuur 33: SAMENVATTING – Grafische weergave van de checklistresultaten voor LEUVEN GASTHUISBERG	89
Figuur 34: SAMENVATTING – Grafische weergave van de checklistresultaten voor DIEST STATION	89
Figuur 35: Toekomstplannen stationsomgeving Diest ⁴⁶	90
Figuur 36: SAMENVATTING - Gecombineerde weergave van de checklistresultaten uit figuren 32, 33 en 34	90

Figuur 37: De twee mogelijke tracéopties (rood = Diestsesteenweg, blauw = Jan Vranckxtracé) doorheen Kessel-Lo	93
Figuur 38: SAMENVATTING – De zes locatieopties bij een keuze voor het rode tracé of het blauwe tracé+noordelijke singel.....	93
Figuur 39: SAMENVATTING – De drie locatieopties bij een keuze voor het blauwe tracé+centrumroute.....	94
Figuur 40: Trams op de Place Massena (links) en Place Garibaldi (rechts) in het Franse Nice	97

Tabellenlijst

Tabel 1: SAMENVATTING – Railgebonden of niet?.....	27
Tabel 2: SAMENVATTING – Klassieke tram of tram op banden?	28
Tabel 3: SAMENVATTING – Klassieke bus of trambus?.....	29
Tabel 4: SAMENVATTING – Voorkeursopties bij trams, voor systemen zonder bovenleiding	34
Tabel 5: Vergelijking van gemiddelde voertuigkosten in Europa (uitgedrukt in een eenheid van € 1000) (Finn et al., 2011)	35
Tabel 6: SAMENVATTING – Voorkeursaandrijvingen bij bussen	35
Tabel 7: Overzicht van voornaamste tramfabrikanten	36
Tabel 8: Overzicht van voornaamste busfabrikanten	37
Tabel 9: SAMENVATTING – Geselecteerde klassieke tramvoertuigen	38
Tabel 10: SAMENVATTING – Geselecteerde trams op banden	39
Tabel 11: Gereduceerd overzicht van voornaamste busfabrikanten	40
Tabel 12: SAMENVATTING – Geselecteerde klassieke busvoertuigen	40
Tabel 13: SAMENVATTING – Geselecteerde trambussen	42
Tabel 14: SAMENVATTING – Gedetailleerde vergelijking van de geselecteerde tramvoertuigen	49
Tabel 15: SAMENVATTING – Gedetailleerde vergelijking van de geselecteerde busvoertuigen	50
Tabel 16: Som van ‘groene parameterwaarden’ voor de tramvoertuigen uit tabel 14.....	51
Tabel 17: Som van ‘groene parameterwaarden’ voor de busvoertuigen uit tabel 15.....	53
Tabel 18: Originele waarden VOT’s voor wandelen en wachten i.f.v. modus, afstand en wandel-/wachtijd (Wardman, 2004).....	65
Tabel 19: Update VOT’s voor wandelen en wachten i.f.v. modus, afstand en wandel-/wachtijd (Wardman & Abrantes, 2011)	65
Tabel 20: Beïnvloedbare factoren en invloed op deelaspecten v.d. ervaren overstaptijd (gebaseerd op Iseki & Taylor, 2008).....	69
Tabel 21: Vereiste elementen om een overstap als ‘gepland’ te kunnen beschouwen (Chowdhury & Ceder, 2013).....	71
Tabel 22: Streefwaarden voor de VF-factor i.f.v. het type verplaatsing (Immers & Corman, 2011)	73
Tabel 23: Geschatte waarden voor de parameters uit het uitgebreide VF-model (van Goeverden & van den Heuvel, 1993).....	73
Tabel 24: Overzicht van de resultaten uit het voorbeeld rond de aanwending van het VF-model.....	74
Tabel 25: Lijst met evaluatiecriteria per prioriteitsgroep (geïnspireerd op Turnbull & O’Higgins, 2013)	78
Tabel 26: Richtwaarden en serviceniveaus voor VOETPADEN (Fruin, 1971)	83
Tabel 27: Richtwaarden en serviceniveaus voor TRAPPEN (Fruin, 1971).....	83
Tabel 28: Richtwaarden en serviceniveaus voor WACHTRIEN (Fruin, 1971).....	83
Tabel 29: Richtwaarden en serviceniveaus voor PERRONS (Fruin, 1971)	83
Tabel 30: Richtlijnen in verband met het aantal zitplaatsen (gebaseerd op NSW Department of Transport, 2008).....	84

Fiche masterproef

Student: Bram Huyghe

Titel: Hoogwaardig openbaar vervoer in Leuven: onderzoek naar vervoerswijzekeuze als overstapbereidheid, met toepassing op de as Diest-Leuven-Tervuren

Engelse titel: High-quality public transport in Leuven: research on modal choice and willingness to transfer - applied to the Diest-Leuven-Tervuren corridor

UDC: 658

Korte inhoud:

Deze thesis stelt zich tot doel om het idee van hoogwaardig openbaar vervoer (HOV) in Leuven verder uit te werken, door het, zowel in termen van vervoerswijzekeuze als overstapbereidheid, concreet te maken en waar nodig en mogelijk ook specifiek te gaan toepassen op de as Diest-Leuven-Tervuren. Voor het deel vervoerswijzekeuze levert een overzicht van mogelijke opties en de evaluatie van hun voor- en nadelen (in termen van gebruiksperspectief en technische haalbaarheid) op zichzelf al een interessant eindresultaat. Dit resultaat vormt echter ook de perfecte basis om het immense aanbod aan fabrikanten en voertuigmodellen te herleiden tot een eerste selectie van 16 voertuigen (trams en bussen), die het meest geschikt lijken voor een HOV-as in en rond Leuven. In een volgende fase wordt deze selectie nog bijkomend uitgediept aan de hand van een extra vergelijking op basis van enkele relevante parameterwaarden. Deze vergelijking in tabelvorm vormt opnieuw al een interessant en overzichtelijk geheel op zichzelf, maar blijkt daarnaast ook een goede aanvulling om uiteindelijk enkele voorkeursalternatieven naar voor te kunnen schuiven. In het deel overstapbereidheid wordt er (aan de hand van een theoretisch kader op basis van internationale literatuur) in eerste instantie vastgesteld dat een bepaling van de maximale overstapkost niet vanzelfsprekend is. Anderzijds kan echter wel op verschillende manieren worden nagegaan dat het aandeel en de impact van een overstap op de gehele verplaatsing aanzienlijk is en dat hier, vanuit het perspectief van de OV-exploitant, vaak nog belangrijke opportuniteiten aanwezig zijn. De verschillende beïnvloedbare factoren vallen daarbij typisch in twee groepen op te delen, zijnde de operationele planning en de ruimtelijke uitbouw van de overstaplocatie. Voor deze laatste groep wordt er daarom in een tweede sectie een concrete evaluatiemethodiek opgesteld om zowel bestaande infrastructuur te kunnen evalueren en bijsturen, als om mogelijke locaties voor nieuw aan te leggen infrastructuur tegen elkaar af te wegen. De opgestelde methodiek wordt tot slot ook toegepast op enkele belangrijke haltelocaties van de as Diest-Leuven-Tervuren.

Thesis voorgedragen tot het behalen van de graad van Master of Science in de ingenieurswetenschappen: verkeer, logistiek en intelligente transportsystemen

Promotor: prof. dr. ir. Pieter Vansteenwegen

Assessor: prof. dr. Stef Proost

Begeleiders: dr. ir. arch. Matthias Blondia
dhr. Joost Swinnen

