Eindpunten als beginpunt voor een betrouwbaar OV

Niels van Oort
HTM Personenvervoer
Afdeling Vervoersontwikkeling
E-mail: N.van.Oort@HTM.net

Rob van Nes
TU Delft
Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen
Transport and Planning
E-mail: R.vanNes@tudelft.nl

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk
19 en 20 november 2009, Antwerpen

Samenvatting

Eindpunten als beginpunt voor een betrouwbaar OV

Het bieden van betrouwbaar (rail) openbaar vervoer is een belangrijke taak voor OV bedrijven en –autoriteiten. Dit artikel beschrijft de uitkomsten van onderzoek naar mogelijkheden om de betrouwbaarheid al in de planningsfases te vergroten. Specifiek is gekeken naar de inrichting van eindpunten en de invloed daarvan op de operationele kwaliteit. Naast eindpunten is dit ook van toepassing voor bijsturingsinfrastructuur, die gebruikt kan worden tijdens calamiteiten. Deze maken het mogelijk lijnen in te korten in geval van blokkade van de infrastructuur.

Drie verschillende, veel voorkomende eindpunten zijn onderzocht op capaciteit en het effect op betrouwbaarheid De eindpunten verschillen in het aantal wissels en de locatie van het fysieke keerproces (voor of na het perron). Ook het aantal keersporen varieert. Voor verschillende frequenties en bezettijden (bestaande uit halteren, keren en rijden) is de vertraging per voertuig voor elke eindpuntvariant berekend. Hierbij is expliciet rekening gehouden met spreiding van aankomsten van voertuigen, zoals in de praktijk ook voorkomt. De analyse geeft de mogelijkheid om voor een nieuwe raillijn het meest geschikte eindpunt te selecteren. Daarnaast laat het zien dat het expliciet rekening houden van spreiding in de dienstuitvoering andere uitkomsten geeft dan slechts een statische analyse. In stedelijk OV is capaciteitsmanagement nog niet heel gebruikelijk, maar toenemende frequenties en grote spreiding maken dit wel noodzakelijk. Al bij de planning van infrastructuur dient de operationele kwaliteit expliciet meegenomen te worden, rekening houdend met de dynamiek van de (toekomstige) uitvoering. Op die manier worden eindpunten het beginpunt van een betrouwbare dienstuitvoering.

1. Inleiding

Het bieden van betrouwbaar OV is een belangrijke taak van OV bedrijven. De focus van dit paper ligt op de betrouwbaarheid van de dienstuitvoering van tram en light rail: in hoeverre komt de uitvoering overeen met de dienstregeling. De aandacht voor deze betrouwbaarheid neemt toe: ICT ontwikkelingen maken meer mogelijk op zowel onderzoeksgebied als in de uitvoering (bijv. gedetailleerde management rapportages, exploitatie beheerssystemen, etc. [1,5,9,10]).

Zowel in de wetenschappelijke wereld als in de praktijk ligt de focus van het vergroten van de betrouwbaarheid op de uitvoering. Relatief weinig aandacht wordt besteed aan het vergroten van de betrouwbaarheid tijdens de planningsfases. Betrouwbaarheid is zelden een expliciet doel, maar vaak slechts een uitkomst van zowel netwerk- als dienstregelingsontwerp [6].

Dit paper focust op de infrastructuurplanningsfase en in het bijzonder het ontwerp van eindpunten. Weinig onderzoek is beschikbaar over het effect van eindpuntconfiguratie op de betrouwbaarheid van de dienstregeling, hoewel herkend wordt dat capaciteitsmanagement belangrijker wordt in stedelijk OV [7]. Daarentegen worden er via contracten wel steeds meer eisen gesteld aan de betrouwbaarheid. In dit paper wordt voor drie veel voorkomende eindpuntvarianten geschetst wat het effect is van deze ontwerpen op de betrouwbaarheid van de dienstuitvoering, bij verschillende frequenties. Deze resultaten zijn ook bruikbaar voor bijsturingsinfrastructuur, die bijvoorbeeld kort keren mogelijk maken.

2. BETROUWBAARHEID IN STEDELIJK OV

2.1 Betrouwbaarheid meten

Binnen de OV sector is punctualiteit (de gemiddelde afwijking van de dienstregeling) een veelgebruikte indicator om de betrouwbaarheid uit te drukken. Een andere, veelgebruikte indicator is het percentage voertuigen dat een afwijking van de dienstregeling binnen een bepaalde bandbreedte heeft (bijv. tussen de 1 minuut te vroeg en 3 minuten te laat). In hoogfrequente systemen is een focus op intervallen meer wenselijk, omdat reizigers aselect op de halte arriveren en de exacte dienstregeling minder relevant is.

Hoewel bovengenoemde variabelen een indruk geven van de betrouwbaarheid, ligt de focus toch vooral op de voertuigen en niet op de effecten voor de reiziger. Om deze effecten beter in beeld te krijgen is een verschuiving van focus nodig [8]. Een geschikte indicator hiervoor is de extra reistijd, als gevolg van spreiding. Gebruik makend van actuele reizigers- en voertuigdata kan berekend worden wat de extra reistijd is, ten opzichte van de in de dienstregeling beloofde dienstuitvoering. Recent onderzoek in de V.S. [2,3,11] pleit daarnaast ook voor het expliciet meenemen van de 95-percentielwaarde bij het berekenen van de extra reistijd. Reizigers zullen immers op basis van hun ervaringen deze tijd, die in 5% van de reizen wordt overschreden, meenemen in hun “reisbudget” om niet te laat te arriveren op de bestemming. Deze extra tijd ten opzichte van de gemiddelde waarde wordt Reliability Buffer Time genoemd (RBT). En is naast de extra reistijd van toegevoegde waarde voor het in kaart brengen van de betrouwbaarheid.

2.2 Betrouwbaarheid berekenen

Als de actuele reizigers- en voertuigdata beschikbaar is, kan de extra reistijd en RBT berekend worden. Vergelijking 1 wordt gebruikt om de afwijking van de dienstregeling te berekenen. De vergelijkingen 2 en 3 maken het mogelijk om de extra reistijd en RBT te berekenen. Met vergelijking 4 en 5 kan de gemiddelde extra reistijd per reiziger op de lijn berekend worden, waarbij gewogen wordt naar aantal instappers per halte. Met behulp van gewichten voor tijdscomponenten (relatief aan de reistijd in het voertuig) wordt ten slotte in vergelijking 6 de totale extra reistijd per reiziger berekend.

$$p_{i,j} = D_{i,j}^{werkelijk} - D_{i,j}^{drgl} \qquad (1)$$

$$T_j^{wacht} = \frac{H^{werkelijk}}{2} * (c_v (H_j^{werkelijk})^2) \qquad (2)$$

$$RBT_j^{wacht} = T_{i,j}^{95\%wacht} - T_j^{wacht} \qquad (3)$$

$$T^{wacht} = \sum_j \alpha_j * T_j^{wacht} \qquad (4)$$

$$RBT^{wacht} = \sum_{j=1}^{n_j} \alpha_j * RBT_j^{wacht} \qquad (5)$$

$$T^{extra} = \theta_{halte} * T^{wacht} + \theta_{RBT} * RBT^{wacht} \qquad (6)$$

waarin:

$p_{i,j}$	= punctualiteit van voertuig i op stop j (referentie)
$D_{i,j}^{werkelijk}$	= Werkelijke vertrektijd van voertuig i op stop j (referentie)
$D_{i,j}^{drgl}$	= Geplande vertrektijd van voertuig i op stop j
i	= ritnummer
j	= haltenummer
$T_{i,j}^{wacht}$	= Extra wachttijd voor voertuig i op halte j
RBT_j^{wacht}	= Reliability Buffer Time op halte j
T^{extra}	= Gemiddelde extra wachttijd per reiziger
H^{drgl}	= Gepland interval
$H^{werkelijk}$	= Werkelijk interval
aj	= Aandeel reizigers dat instapt op halte j
θ_{halte}	= Relatieve tijdswaardering van wachttijd op de halte (t.o.v. rijtijd)
θ_{RBT}	= Relatieve tijdswaardering van Reliability Buffer Time (t.o.v. rijtijd)

2.3 Effect van op tijd vertrekken

Stipt vertrek aan de beginpunten is van essentieel belang voor een betrouwbare dienstuitvoering op de hele lijn. In Den Haag is een case studie uitgevoerd naar het effect van op tijd vertrekken op de extra reistijd voor alle reizigers onderweg. Vergelijking 7 en 8 zijn gebruikt om de nieuwe punctualiteit op de lijn uit te rekenen, indien het vertrek op het beginpunt 100% punctueel is.

$$D_{i,j}^{werkelijk_nieuw} = D_{i,j}^{werkelijk} - p_{i,1} \qquad (7)$$

$$p_{i,j}^{nieuw} = D_{i,j}^{werkelijk_nieuw} - D_{i,j}^{drgl} \qquad (8)$$

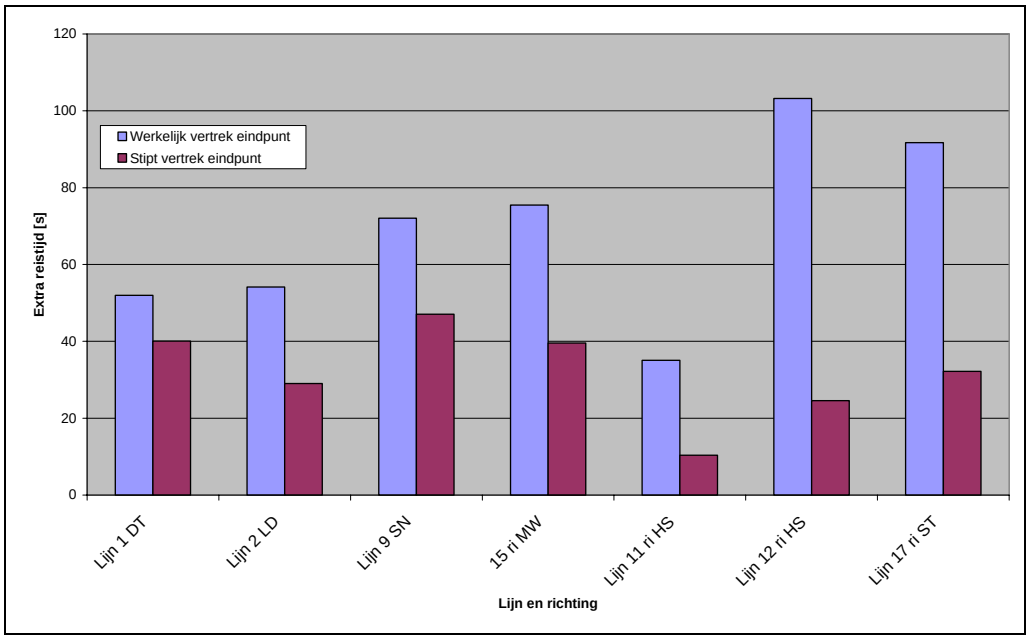
waarin:

$D_{i,j}^{werkelijk_nieuw}$ = werkelijke vertrektijd van voertuig i op halte j (nieuwe case)

Na deze herberekening van de stiptheid wordt een nieuwe extra reistijd per reizigers berekend, gebruik makend van vergelijkingen 2-6. Hierbij is aangenomen dat er geen extra versterkend effect optreedt van vertragingen op de lijn (klontering van voertuigen [4]). Hierdoor wordt het effect van op tijd vertrekken licht onderschat.
Voor een aantal tramlijnen in Den Haag zijn bovenstaande berekeningen gemaakt om inzicht te geven in het effect van stipt vertrek voor reizigers op de hele lijn. Tabel 1 laat de kenmerken van de lijnen zien en in figuur 1 zijn de resultaten te zien. Reizigers- en voertuigdata van april 2007 (ochtendspits) is gebruikt en geanalyseerd. Door verschillende punctualiteitskenmerken van de lijnen is het effect per lijn verschillend.

Tabel 1: Kenmerken lijnen

Lijn	**Richting**	**Interval [min.]**	**Lengte [km]**
1	Delft (DT)	10	20
2	Leidschendam (LD)	8	13
9	Scheveningen (SN)	5	14
11	Station Hollands Spoor (HS)	10	8
12	Station Hollands Spoor (HS)	8	7
15	Moerwijk (MW)	8	17
17	Statenkwartier (ST)	8	16



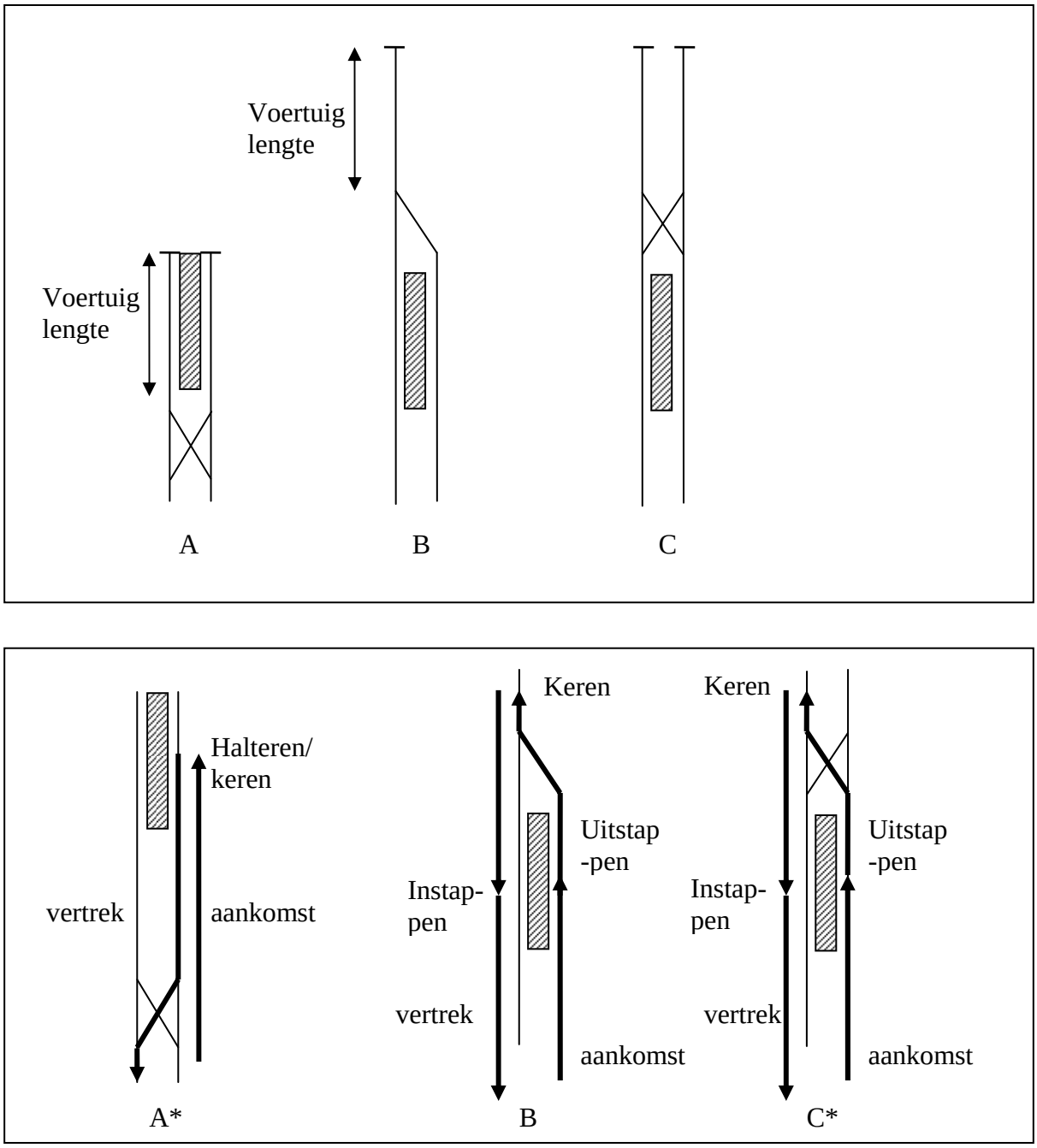
Figuur 1: Effect van op tijd vertrekken bij het beginpunt op gemiddelde extra reistijd per reiziger

Figuur 1 laat duidelijk zien dat een punctueel vertrek tot een sterke afname van extra reistijd per reiziger leidt. Dit punctueel vertrek kan naast een goede discipline van bestuurders ook gefaciliteerd worden door een goed ontwerp van het eindpunt, waarbij voldoende capaciteit wordt geboden en minimale hinder optreedt a.g.v. congestie. Het volgende hoofdstuk presenteert een analyse van eindpunten het effect van hun ontwerp op vetrekpunctualiteit.

3. EINDPUNTVARIANTEN EN -EIGENSCHAPPEN

Rail eindpunten kunnen op verschillende manieren worden ontworpen: op de wereld zijn honderden verschillen typen te vinden. De belangrijkste keuze bij het ontwerp is of er voor een keerlus of tailtrack wordt gekozen. Hoewel lussen vaak meer ruimte nodig hebben, is de capaciteit (het aantal voertuigen dat per uur kan worden afgehandeld) van dit type over het algemeen groot. Wanneer er tweerichting voertuigen worden gebruikt en ruimte is schaars, wordt er vaak gekozen voor een tailtrack. Het nadeel van deze eindpunten is dat vergeleken met een keerlus de capaciteit meestal lager ligt. Dit paper beschrijft onderzoek naar tailtracks en zoomt in op het capaciteitsvraagstuk.
Figuur 2 laat drie meest voorkomende tailtrack eindpunten zien met daarbij de verschillende processen die plaatsvinden op het eindpunt. Er is sprake van geen, één of twee tailtracks achter de perrons. Bij type A keren de voertuigen aan het perron, terwijl dat bij type B en C achter het perron gebeurt. Bij deze laatste twee varianten komen de voertuigen op een ander perron aan dan waar ze vertrekken. Bij type A gebeurt dit op hetzelfde spoor.
Naast het mogelijk maken om te keren worden de eindpunten ook gebruikt om voertuigen te stallen. Eén voertuig kan bij type A gestald worden, hoewel er dan nog maar één spoor gebruikt kan worden om te keren. Bij type B is er geen mogelijkheid voor het stallen van voertuigen zonder het keerpoces te blokkeren. Bij type C is plaats voor één gestald voertuig. Het keerproces verandert dan overigens in type B. Extra opstelplaatsen kunnen o.a. gecreëerd worden door het verlengen van het perronspoor

(type A) of tailtrack (type B en C). Om de duidelijk te vergroten voor reizigers en het maximaliseren van flexibiliteit is gekozen voor eilandperrons. Deze drie types zijn de basisvormen, uiteraard zijn combinaties of alternatieve ontwerpen ook mogelijk.



** De andere tailtrack kan ook voor keren gebruikt worden*

Figuur 2: Drie veel gebruikte eindpunttypen (boven) en bijbehorende processen (onder)

De capaciteit van het eindpunt wordt o.a. door infrastructuurelementen bepaald. Daarnaast spelen ook dienstregelingsaspecten een rol bij de prestatie van het eindpunt. De belangrijkste zijn:

- Aantal lijnen;
- Frequentie;

- Afstemming van lijnen, in het geval van meerdere lijnen;
- Verdeling van aankomsttijden van voertuigen;
- (Buffer in) de keertijd;
- Aflosprocedure bestuurder (blijft de bestuurder op het voertuig of wordt er afgelost, wat de looptijd van de ene cabine naar de andere bespaart).

In dit onderzoek zijn de tijdselementen op het eindpunt gecombineerd tot “bezettijd”. Deze tijd bestaat voor type A uit (zie ook figuur 2):

- Rijtijd naar perron

  De tijd die nodig is om vanaf de aankomst bij de wissels naar het perron te rijden. Deze tijd wordt bepaald door zowel voertuig- als infrastructuurkarakteristieken.
- Perrontijd

  De tijd tussen aankomst naast het perron en het moment van gereedheid voor vertrek (rekening houdend met de dienstregeling en afspraken met het personeel). In het algemeen bestaat deze tijd uit:

  - Technische keertijd

    De tijd om het voertuig startklaar te maken in de andere richting (bijv. looptijd bestuurder, inlogtijd).
  - Pauze

    De tijd die een bestuurder heeft om te rusten e.d. (indien er niet wordt afgelost).
  - Onvermijdelijk stationnement

    De tijd die nodig is om weer precies in de cadans van de dienstregeling te vertrekken. Deze tijd ontstaat als de totale omlooptijd niet precies een veelvoud is van het interval.
  - Halteertijd

    De tijd om reizigers in- en uit te laten stappen.
- Rijtijd vanaf perron

  De tijd die nodig is om vanaf het perron voorbij de wissels te rijden. Deze tijd wordt bepaald door zowel voertuig- als infrastructuurkarakteristieken

Voor eindpunttype B en C de bezettijd bestaat uit:

- Rijtijd naar perron

  De tijd die nodig is om vanaf binnenkomst op het eindpunt naar het perron te rijden.
- Uitstaptijd

  De tijd om reizigers te laten uitstappen
- Rijtijd naar tailtrack

  De tijd die nodig is om van het perron naar de tailtrack te rijden. Deze tijd wordt bepaald door zowel voertuig- als infrastructuurkarakteristieken.
- Tailtrack tijd

  De tijd tussen aankomst op de tailtrack en het moment van gereedheid voor vertrek (rekening houdend met de dienstregeling en afspraken met het personeel). In het algemeen bestaat deze tijd uit:

  - Technische keertijd

    De tijd om het voertuig startklaar te maken in de andere richting (bijv. looptijd bestuurder, inlogtijd).

  - Pauze

De tijd die een bestuurder heeft om te rusten e.d. (indien er niet wordt afgelost).

- Onvermijdelijk stationnement

De tijd die nodig is om weer precies in de kadans van de dienstregeling te vertrekken. Deze tijd ontstaat als de totale omlooptijd niet precies een veelvoud is van het interval.

- Rijtijd vanaf tailtrack

De tijd die nodig is om van de tailtrack naar het perron te rijden. Deze tijd wordt bepaald door zowel voertuig- als infrastructuurkarakteristieken.

- Instaptijd

De tijd om reizigers te laten instappen.

- Rijtijd vanaf perron

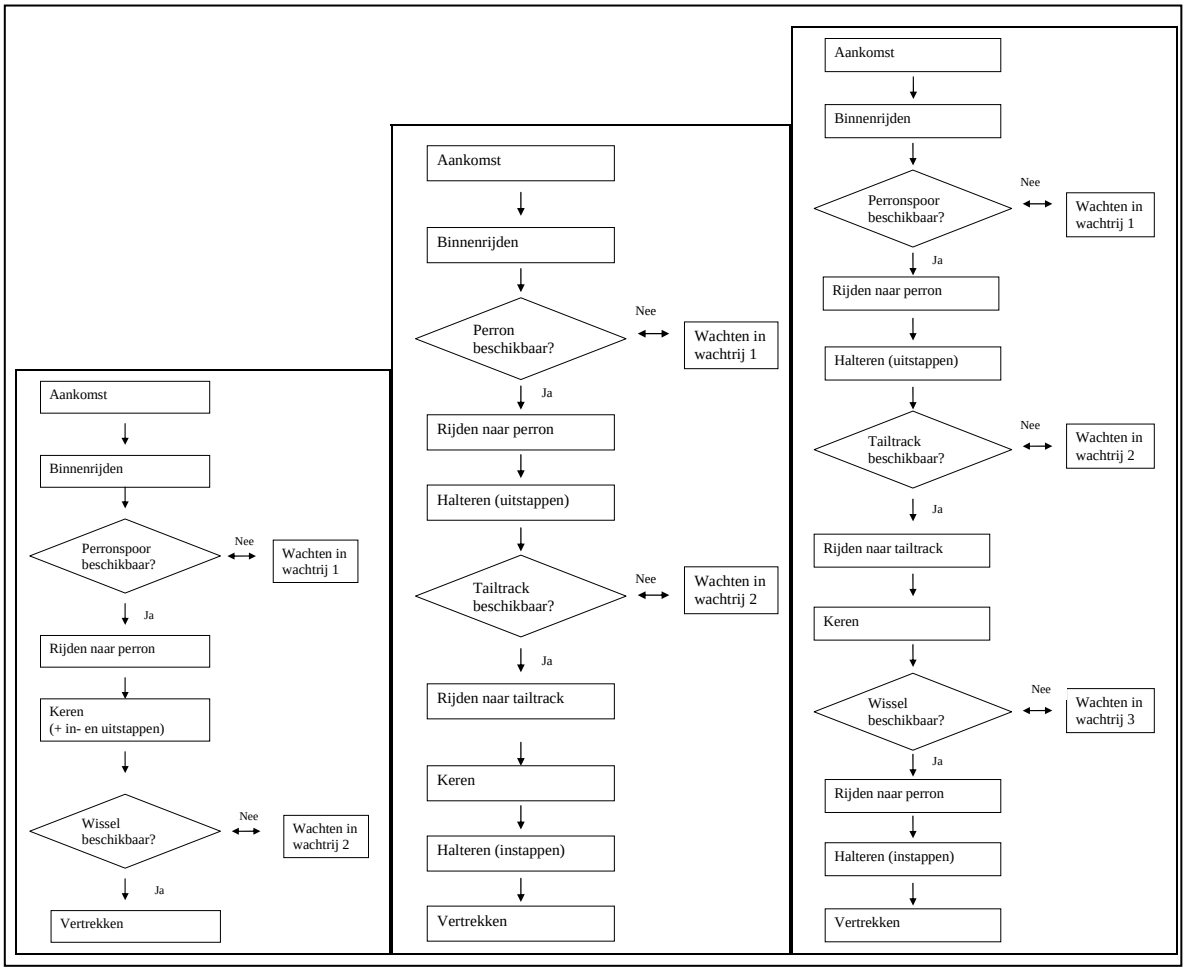
De tijd om vanaf het perron het eindpunt te verlaten.

Belangrijk om hierbij op te merken dat sommige processen gelijktijdig kunnen plaatsvinden. Dit leidt tot een verkorting van de bezettijd. Bij type A is dit bijvoorbeeld het halteren en technisch keren. Bij type B en C kunnen de pauze en het onvermijdelijk stationnement gecombineerd worden met het instappen.

4. Invloed van eindpunten op betrouwbaarheid

4.1 Rekenmodel eindpunten

Om de invloed van het ontwerp van eindpunten op de betrouwbaarheid van de dienstuitvoering te berekenen is er een rekenmodel ontwikkeld. Het model genereert voertuigen, daarbij rekening houden met zowel de dienstregeling als de spreiding in aankomsten. Bij aankomst wordt een toets uitgevoerd of er ruimte is op de sporen van het eindpunt. Zo niet, dan wordt de wachttijd berekend totdat er ruimte is. Op het perronspoor en de tailtracks wordt zowel het halteren als het keren gesimuleerd. De output van het model is de vertraging die opgelopen wordt per voertuig als gevolg van capaciteitstekort. Zonder extra maatregelen (bijv. extra buffer in keertijd) leidt deze vertraging tot een vertraagd vertrek van het voertuig met de gevolgen voor reizigers op de lijn van dien. In het vorige hoofdstuk is een case studie gepresenteerd met de effecten hiervan. Figuur 3 laat de stappen zien van het model. Dit schema laat zien dat er type C drie wachtrijen zijn, terwijl type A en B er slechts 2 kennen. Als er geen perronspoor beschikbaar is, moet het voertuig wachten in wachtrij 1 (bij het aankomstpunt). Wachtrij 2 is op het perronspoor en wordt gebruikt als een voertuig niet verder kan door een aankomend voertuig (type A) of omdat er geen tailtrack beschikbaar is (type B en C). Als een voertuig de rechter tailtrack van type C wil verlaten en een ander voertuig rijdt al naar de linker tailtrack, ontstaat wachtrij 3. Om dit conflict te voorkomen heeft het de voorkeur om de linker tailtrack te gebruiken. Analoog hierin is ook het linker perronspoor bij type A te prefereren.



Ontwerp A Ontwerp B Ontwerp C

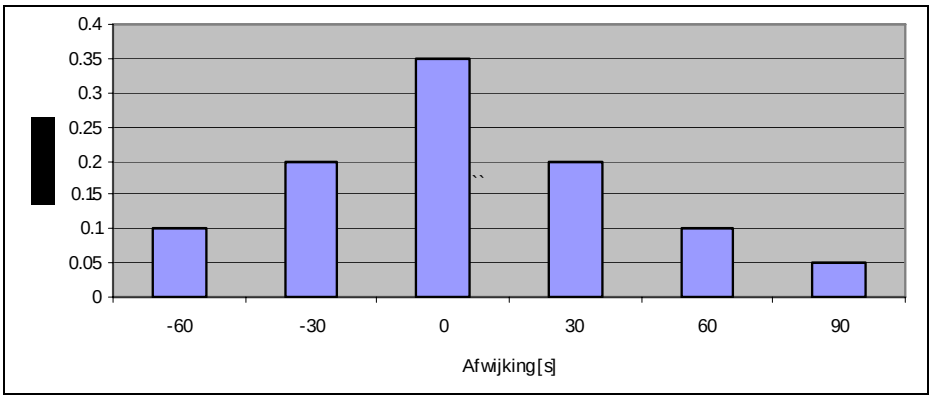
Figuur 3:Simulatie stappen voor drie eindpunttypen (A= geen tailtracks, B= 1 tailtrack en C= 2 tailtracks)

4.2 Input en Output van het rekenmodel

De volgende input is gebruikt als input voor de analyse. Het model is 30 maal gerund voor een spitsuur met verschillende waarden voor deze variabelen om de vertraging per voertuig te berekenen.

- Frequentie: 4 tot 24 voertuigen per uur per richting;
- Bezettijd: 60 tot 600 s. (zie hoofdstuk 3 voor uitgebreide beschrijving);
- De waarden voor θ in vergelijking 6 zijn [BRON]:

  θ_{stop} = 1.5 en θ_{RBT} = 0.7
- Aankomstpatroon: Het aankomstpatroon van voertuigen is gebaseerd op constante intervallen met een dienstregelingsafwijkingsverdeling, zoals te zien is in figuur 4.

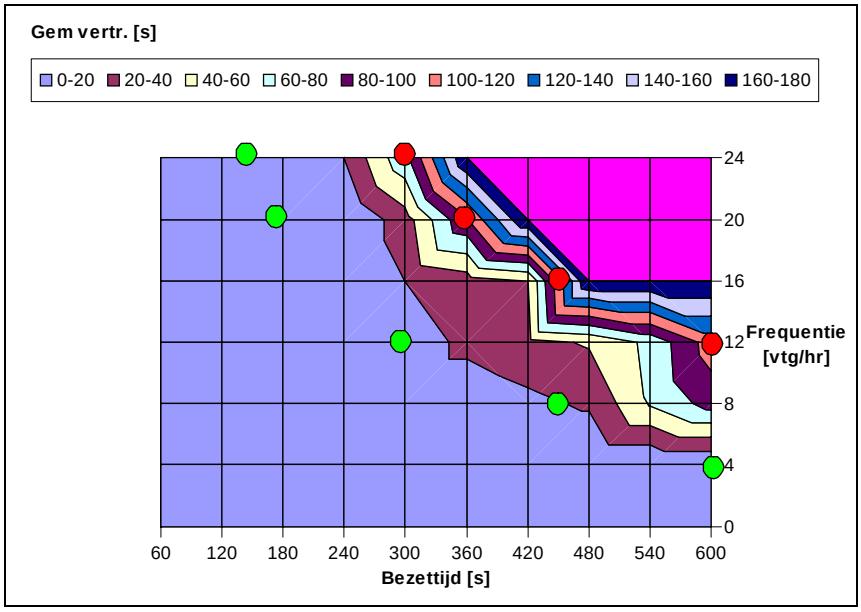


Figuur 4: Spreiding in aankomst

De output van het model is de gemiddelde vertraging per voertuig als gevolg van congestie op het eindpunt. Deze vertraging wordt berekend door de vertragingen bij de verschillende wachtrijen te wegen met het aantal gepasseerde voertuigen.

4.3 Prestaties van eindpuntvarianten

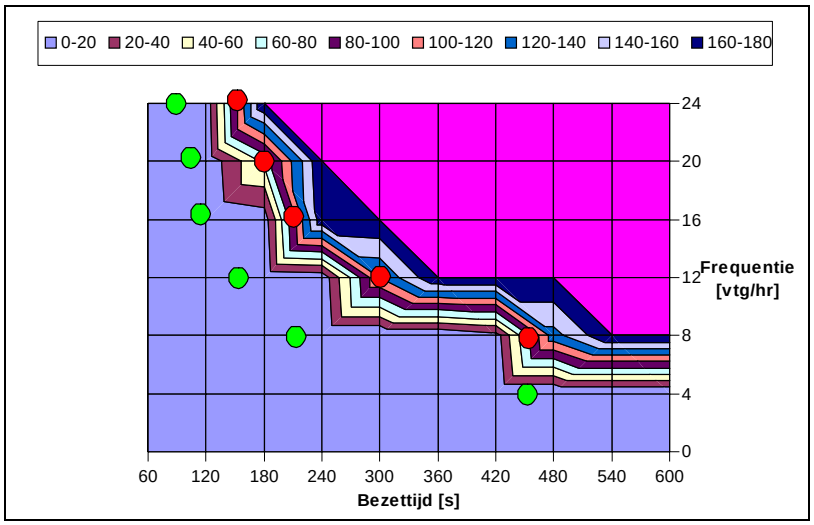
In dit onderzoek zijn de drie genoemde basis eindpuntvarianten kwantitatief onderzocht op vertragingen. Om tijdens de ontwerpfase inzicht te bieden in deze vertragingen en de dus de juiste keuze mogelijk te maken zijn er grafieken gegenereerd, die voor verschillende combinaties van variabelen de vertraging inzichtelijk maken. Dit is te zien in figuur 5, 6 en 7. In deze figuren is de vertraging weergegeven als functie van de bezettijd en frequentie. In deze figuur is ook de statische bezetting te zien: de groene cirkel toont de 50% bezetting en de rode de 100%. De statische bezetting is een indicatie van de benutting van het eindpunt, uitgaande van een 100% stipte uitvoering. Een 100% statische bezetting geeft aan dat het eindpunt “vol” is.



Figuur 5: Gem. vertraging als functie van bezettijd en frequentie (geen tailtracks)

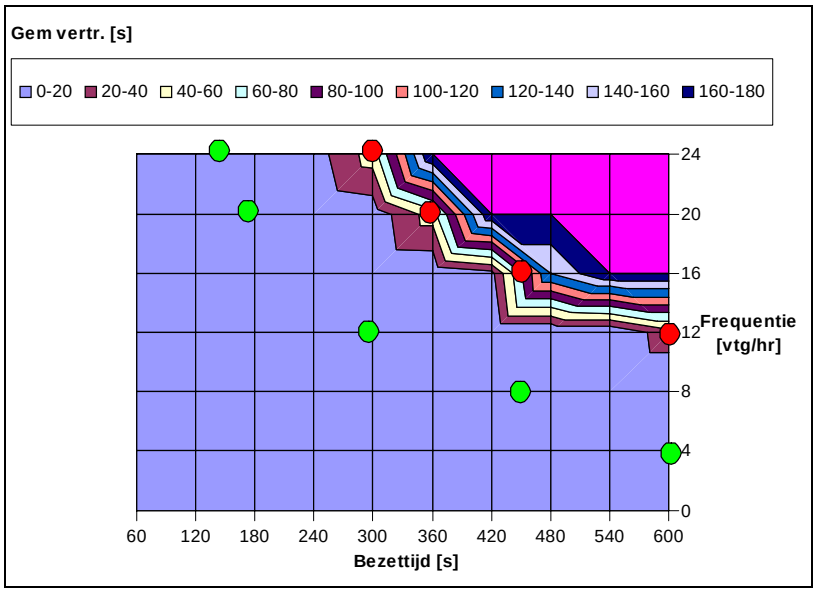
De resultaten van de analyse voor het eindpunt zonder tailtracks is te zien in figuur 5. Te zien is dat als de frequentie laag is, de vertragingen bijna beginnen bij een statische bezetting van 50%, terwijl bij een toenemende frequentie dit pas bij een hogere statische bezetting is. Een bezettijd lager dan 240 s. creëert nooit een vertraging, maar

bij een toenemende bezettijd neemt de vertraging snel toe, met name als de frequentie boven de 16 voertuigen per uur uitkomt. Een bezettijd van 420 s. leidt tot substantiële vertragingen bij dit eindpunt bij hogere frequenties dan 8 voertuigen per uur.



Figuur 6: Gem. vertraging als functie van bezettijd en frequentie (1 tailtrack)

Bij een eindpunt met 1 tailtrack is het verschil tussen de 50% en 100% statische bezetting klein (zie figuur 6). Door de beperkte keermogelijkheden ontstaat er meer vertraging dan bij de andere twee onderzochte typen. Onder de 120 s. bezettijd zijn er geen vertragingen te verwachten. Boven deze waarde neemt de vertraging snel toe; met name bij een frequentie boven de 16 voertuigen per uur. In het algemeen begint de vertraging op te lopen voor elke frequentie als de 75% statische bezetting wordt overschreden. Bij een frequentie van 4 of lager zijn er geen vertragingen te verwachten bij dit eindpunt.



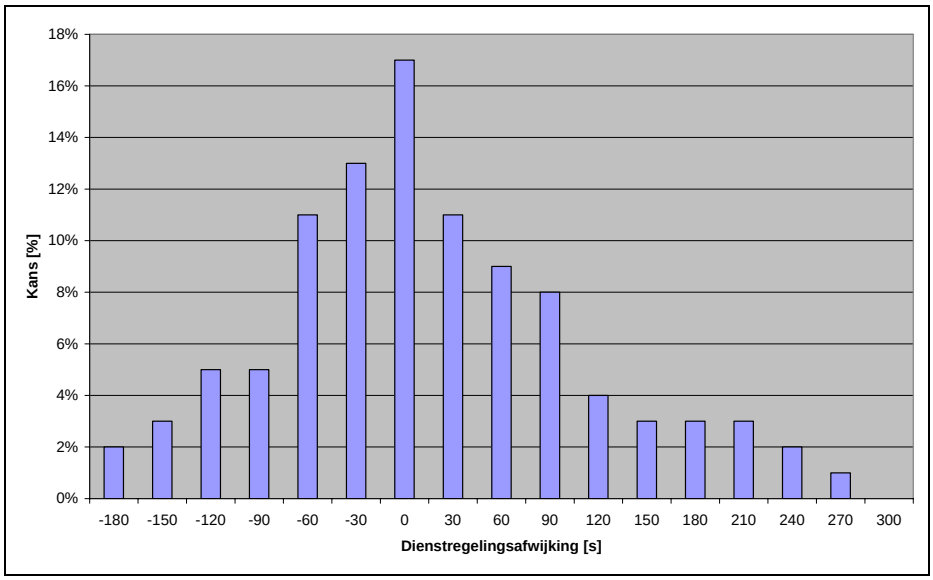
Figuur 7: Gem. vertraging als functie van bezettijd en frequentie (2 tailtracks)

De resultaten van het type met twee tailtracks (figuur 7) laten zien dat dit de beste eindpuntconfiguratie is, zeker voor hogere frequenties. Onder een bezettijd van 240 s. is er geen vertraging te verwachten, noch voor frequenties onder de 12 voertuigen per uur.

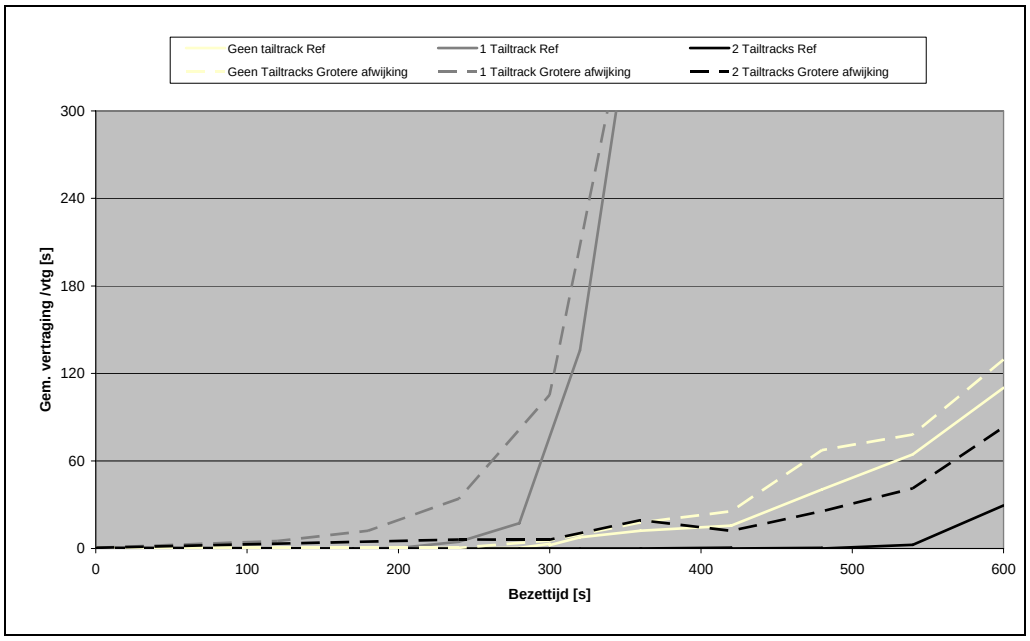
Bij een overschrijding van de 90% statische bezetting echter, neemt de vertraging snel toe met een toenemende bezettijd.

4.4 Invloed van aankomstpatroon en aantal lijnen op vertraging

Deze paragraaf presenteert het effect van een grotere aankomstspreiding op de gemiddelde vertraging. De berekeningen zijn gemaakt voor een frequentie van 12 voertuigen per uur. Figuur 8 laat een nieuwe, grotere aankomstspreiding zien dan in de vorige analyse is gebruikt. Actuele data van RandstadRaillijn 4 in Den Haag is hiervoor gebruikt. Figuur 9 toont het effect van deze grotere spreiding, afgezet tegen de resultaten uit de voorgaande analyse.

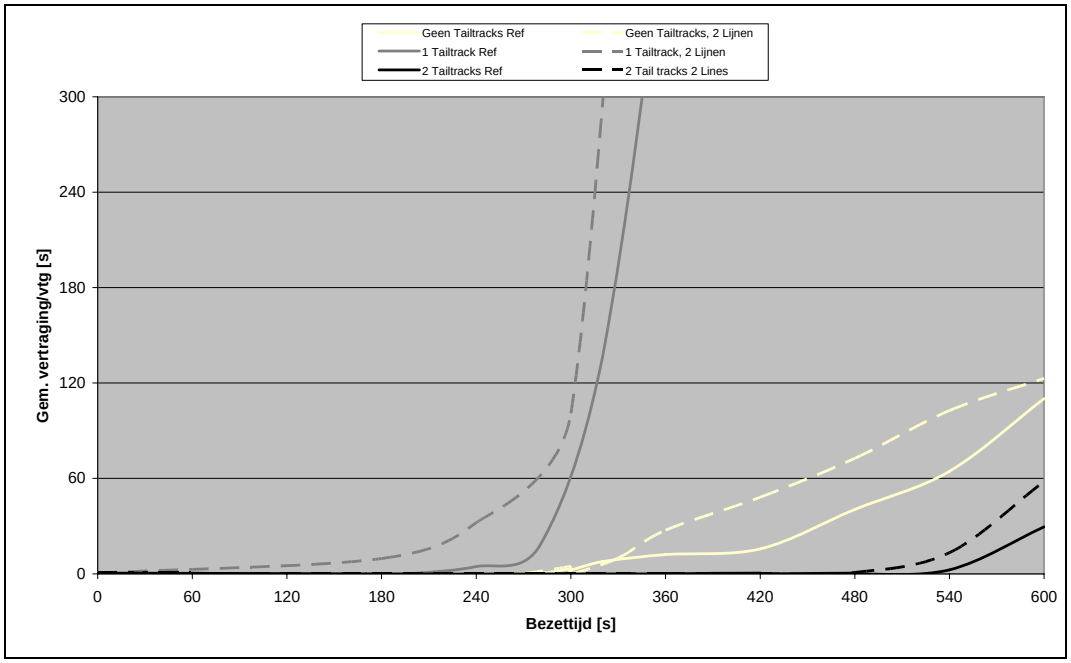


Figuur 8: Spreiding in aankomsten, sterk gespreid



Figuur 9: Effect van aankomstpatroon op gem. vertraging per voertuig per eindpunttype

Figuur 9 laat zien dat de grotere spreiding tot grotere vertragingen leidt. De toename is gemiddeld ongeveer 20 s. Bij de eindpunten met 1 of 2 tailtracks begint er bij een lagere bezettijd al vertraging op te treden. Dit laat zien dat de aankomstspreiding dus ook een belangrijke rol speelt in de analyse van de prestaties van een eindpunt. In de praktijk wordt dit echter niet vaak expliciet meegenomen.
Naast de aankomstspreiding kan het aantal lijnen ook van invloed zijn op de resultaten (bij een gelijkblijvende totale frequentie). Voor een totale frequentie van 12 voertuigen per uur is het effect van 1 of 2 lijnen bekeken. Beide lijnen hebben dezelfde aankomstspreiding (figuur 4) en zijn niet optimaal afgestemd. Als ze dat wel zijn, is er geen verschil tussen 1 of 2 lijnen, doordat de aankomstspreiding gelijk is. In figuur 10 zijn de resultaten te zien.



Figuur 10: Effect van aantal lijnen op gem. vertraging per voertuig per eindpunttype

Figuur 10 laat zien dat de opgelopen vertraging groter is wanneer er sprake is van twee lijnen dan wanneer 1 lijn met gelijke, totale frequentie, het eindpunt aandoet. Naast een toename in vertraging, neemt de bezettijd dat vertragingen ontstaan af. Deze analyse laat zien dat naast de totale frequentie ook het aantal lijnen en hun (onderlinge) afstemming belangrijk zijn voor het beoordelen van het functioneren van een eindpuntontwerp.

5. Conclusies

Betrouwbaarheid is een belangrijke kwaliteitsindicator voor stedelijk OV. Onbetrouwbare OV diensten verlengen de reistijd en verlagen dus de aantrekkelijkheid van OV ten opzichte van andere modaliteiten. Dit artikel laat het effect zien van het ontwerp van eindpunten op de betrouwbaarheid van de uitvoering. Betrouwbaarheid wordt niet vaak expliciet meegenomen bij ontwerp van eindpunten of keerpunten voor bijsturing, rekening houdend met de dynamiek van de (toekomstige) uitvoering. Dit artikel presenteert de resultaten van een kwantitatief onderzoek naar dit effect met behulp van grafieken, die kunnen helpen om de kwaliteit van een nieuw ontworpen eindpunt te bepalen. De gemiddelde vertraging per voertuig wordt voor de drie belangrijkste eindpunten getoond als functie van het aantal voertuigen per uur en de bezettijd van het

eindpunt. Ook de invloed van de spreiding in aankomstpatroon en het aantal lijnen wordt gepresenteerd. Deze analyse laat zien dat het expliciet rekening houden van spreiding in de uitvoering tot andere uitkomsten leidt dan slechts een statische berekening. Hoewel deze vertragingen (deels) kunnen worden opgevangen door dienstregelings- en operationele maatregelen, kan een aanpassing van het eindpunt een efficiëntere en/of effectievere manier zijn om de betrouwbaarheid te vergroten. In stedelijk OV is capaciteitsmanagement nog niet heel gebruikelijk, maar toenemende frequenties en grote spreiding maken dit wel noodzakelijk. Op die manier worden eindpunten het beginpunt van een betrouwbare dienstuitvoering.

Dit onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met HTM Personenvervoer en TU Delft. Dit onderzoek is verder mogelijk gemaakt door Transport Research Centre Delft. Meer informatie is te vinden op: http://www.htm.net/Pages/DEF/532.html

Referenties

1. Hickman, M., Evaluating the Benefits of Bus Automatic Vehicle Location (AVL) Systems. Chapter 5 in D. Levinson and D. Gillen (eds.), Assessing the Benefits and Costs of Intelligent Transportation Systems, Kluwer: Boston, 2004.
2. Frumin, M., D. Uniman, N.H.M. Wilson, R. Mishalani, J. Attanucci. Service Quality Measurement in Urban Rail Networks with Data from Automated Fare Collection Systems. Presented at CASPT conference, Hong Kong, 2009.
3. Furth, P. G. and T.H.J. Muller. Service Reliability and Hidden Waiting Time: Insights from Automated Vehicle Location Data. In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1995, Transportation Research Board of the National Academies, 2006, pp. 79-87.
4. Heap, R.C. and T.H. Thomas. The modelling of platooning tendencies in public transport. In Traffic Engineering and Control, Vol. 8 (9), 1976, pp. 360-362.
5. Oort, N. van en M.R. Post, RandstadRail: Kwaliteitssprong in operationele kwaliteit door exploitatiebeheersing. In: Bundeling van bijdragen aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk, pp. 743-761, Antwerpen, 2005.
6. Oort, N. van en R. van Nes, Betrouwbaarheid in stedelijk openbaar vervoer in relatie tot tactische en strategische planning. Bijdrage CVS, 2006.
7. Oort, N. van en V.A. Weeda, Xpert+Xpert=3: Wat kunnen trein- en tramexploitatie van elkaar leren?. Bijdrage CVS, 2007.
8. Oort, N. van en A. J. Boterman, Betrouwbaar meten van betrouwbaarheid. Bijdrage Colloquium “Oog voor de reiziger“, Railforum, 2009.
9. Pangilinan, C. Bus supervision deployment strategies and the use of Real-Time AVL for improved bus service reliability. Presented at 87th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., 2008.
10. Strathman, J.G, T.J. Kimpel, K.J. Dueker, R.L. Gerhart and S. Callas. Evaluation of transit operations: data applications of Tri-Met’s automated Bus Dispatching System. Transportation, 29, 2002, pp. 321–345.
11. Uniman, D. Service quality measurement using afc smart card data - a framework for the London underground. Master's thesis, MIT, Boston, 2009.