

Sneller reizen door langer stilstaan

J.W. Boterman
HTM Personenvervoer N.V.
Afdeling Centraal Bureau Exploitatie
Postbus 28503
2502 KM Den Haag
Telefoon: 070-3848518
Fax: 070-3848770
E-mail: J.Boterman@HTM.net

ir. N. van Oort
HTM Personenvervoer N.V.
Afdeling Vervoersontwikkeling
Postbus 28503
2502 KM Den Haag
Telefoon: 070-3848518
Fax: 070-3848476
E-mail: N.van.Oort@HTM.net

Samenvatting

Sneller reizen door langer stilstaan

Betrouwbaarheid is een belangrijke kwaliteitsindicator voor openbaar vervoer. Omdat deze in stedelijk openbaar vervoer niet optimaal is, wordt hier vaak op operationeel niveau aandacht aan besteed. De hypothese in dit onderzoek is echter dat ook op tactisch niveau, het niveau waar de dienstregeling wordt gemaakt, al betrouwbaarheidsbevorderende maatregelen genomen kunnen worden. Dit paper beschrijft de effecten van het opnemen van passeerhaltes in de dienstregeling. Passeerhaltes zijn haltes waar niet te vroeg vertrokken mag worden.

In dit onderzoek is een analyse gemaakt van de verwachte effecten van passeertijden voor tram- en buslijnen in Den Haag. Ook is er gekeken naar theoretische lijnen. Hierbij is het effect bepaald van de keuze van een percentielwaarde voor de rijtijd van passeerhalte naar passeerhalte, op de extra wachttijd van de reiziger. Er is gekeken naar periodes op de dag dat reizigers volgens dienstregeling naar de halte komen. Extra wachttijd ontstaat bij een onstipte dienstuitvoering. Vooral te vroeg rijden zorgt voor een grote stijging van de extra wachttijd: een heel interval. Als een voertuig in plaats van te vroeg doorrijdt, de passeertijd afwacht, daalt de extra wachttijd voor de reiziger op de halte, maar ontstaat er extra wachttijd voor doorgaande reizigers in het voertuig. Het is daarom belangrijk een goede locatie te kiezen voor een passeerhalte.

De hoogte van de optimale percentielwaarde voor de passeertijd is afhankelijk van de grootte van de spreiding in rijtijden op een lijn, de mate waarin planning en exploitatie op elkaar aansluiten en het aantal en de locatie van passeerpunten. Hoe groter de standaardafwijking van de rijtijd is, hoe hoger de optimale percentielwaarde ligt. Hoe krapper de gerealiseerde rijtijd is ten opzichte van de dienstregeling, hoe lager de optimale percentielwaarde ligt. Ook blijkt dat meer dan twee passeerpunten de gemiddelde extra wachttijd per reiziger bijna niet meer doen verminderen. De optimale waarde voor de rijtijd naar een passeerpunt ligt tussen de 30 en 60 percentiel.

Voor tramlijn 1 blijkt dat door de invoering van passeerpunten een significante daling van de extra wachttijd per reiziger optreedt, met een reizigersgroei van 4% tot gevolg. Door het voertuig langer stil te laten staan, komt de reiziger sneller op zijn bestemming aan.

1. Inleiding

Goed openbaar vervoer (OV) in een stad is belangrijk. Graadmeters hiervoor zijn onder andere frequentie, reistijd, comfort, tarief en betrouwbaarheid [1,2]. Op basis van deze factoren kiezen reizigers voor openbaar vervoer of een andere modaliteit. In dit paper ligt de focus op de kwaliteitsaspecten reistijd en betrouwbaarheid.

Als gevolg van het verschil tussen planning en exploitatie is de betrouwbaarheid binnen stedelijk OV niet optimaal [3]. Verschil in planning en exploitatie wordt veroorzaakt door verschillende factoren zoals infrastructuur, overige verkeersdeelnemers, weer, materieel, menselijk gedrag, reizigersaanbod, incidenten. Bij het ontwerp van de dienstregeling dient met deze factoren zoveel mogelijk rekening gehouden te worden. In de praktijk gebeurt dit vaak door rijtjondonderzoek te doen met behulp van data uit een vergelijkbare periode in het verleden.

In stedelijk openbaar vervoer is er veel aandacht om de discrepantie tussen planning en uitvoering te verkleinen op operationeel niveau. Bijvoorbeeld met behulp van conditionele prioriteit, bijsturingsystemen, creëren van vrije baan en kaartverkoop buiten het voertuig [4,5,6]. De hypothese in [7] is dat betrouwbaarheid ook vergroot kan worden in de planningsfase.

Een maatregel om een grotere betrouwbaarheid te creëren op tactisch niveau is het invoeren van passeerhaltes. Dit zijn haltes waar niet te vroeg vertrokken mag worden volgens dienstregeling. Hiermee worden snelle voertuigen afgeremd en blijft de stiptheid en regelmaat van de dienstuitvoering, en daarmee de betrouwbaarheid, beter gewaarborgd. Een dergelijk vertrekregime heeft gevolgen voor zowel de wachtende reiziger op de halte als de doorgaande reiziger in het voertuig. Doorgaande reizigers ervaren extra reistijd indien er gewacht wordt op de halte. Reizigers verderop de route ervaren echter een kortere reistijd als gevolg van een betere stiptheid. Dit onderzoek maakt een analyse van periodes op de dag dat reizigers volgens dienstregeling op de halte arriveren. Uit onderzoek blijkt dat dit gebeurt als de frequentie lager is dan 5 á 6 voertuigen per uur [8,9].

Dit paper toont de uitkomsten van een rekenmodel, dat voorspelt wat het invoeren van passeerhaltes doet met de extra wachttijd van alle reizigers op een lijn. Met het model wordt een analyse gemaakt voor een theoretische lijn en van tram- en buslijnen in Den Haag. Hierbij staat de dienstuitvoering vast en wordt de best passende planning erbij gezocht. Hierbij is de extra wachttijd voor de reiziger minimaal.

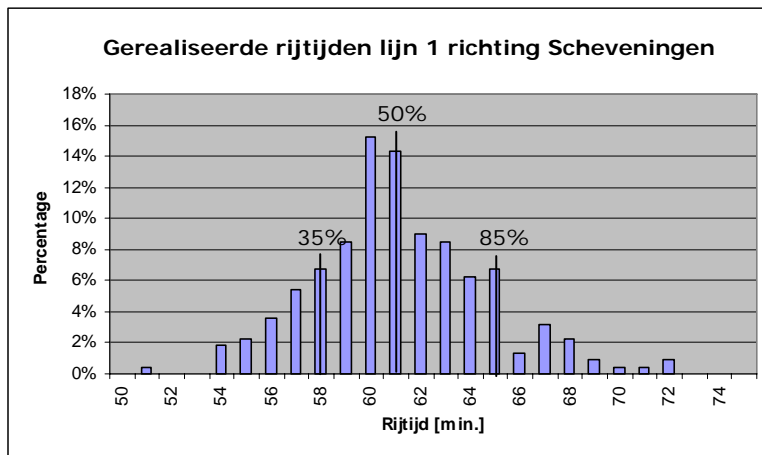
In de analyse wordt gekeken naar het deel van de reis vanaf arriveren op de vertrekhalte tot de aankomst op de bestemmingshalte. Dit is de som van wachttijd op de halte, rijtijd in het voertuig en eventuele wachttijd in het voertuig. Overstappen wordt buiten beschouwing gelaten.

1.1 *Ontwerp dienstregeling*

Voor het ontwerp van een dienstregeling zijn een aantal aspecten belangrijk. Bij een gegeven netwerk wordt de frequentie bepaald. Hierbij is zowel sprake van een kwantiteitsaspect, het aantal vertrekmogelijkheden per tijdseenheid, als een capaciteitsaspect, het aantal benodigde zit- en stapplaatsen. Een ander aspect bij het ontwerpen van een dienstregeling is de afstemming met andere lijnen op hetzelfde traject en de overstapmogelijkheden op ander openbaar vervoer. Samen bepaalt dit de precieze tijdligging van de dienstregeling.

Een grote, bepalende factor voor de dienstregeling is de rijtijd: de tijd die nodig is om van halte naar halte te rijden. Doordat deze is gebaseerd op rijtijden uit het verleden

wordt een haalbare rijtijd beoogd. In figuur 1 zijn de gerealiseerde rijtijden van tramlijn 1 (Delft-Scheveningen, werkdagen 7.00- 9.00 uur in maart 2007) te zien.

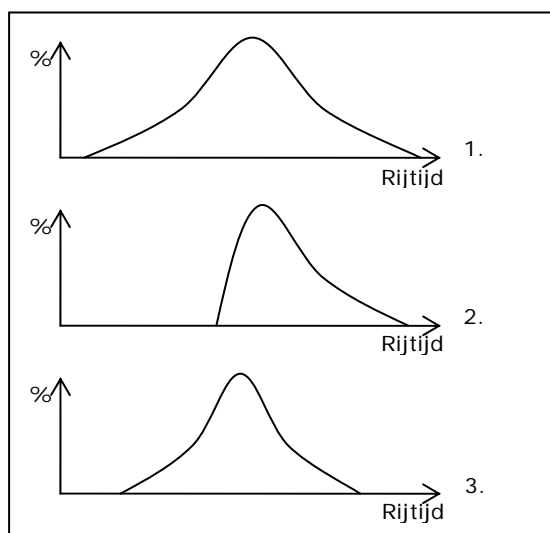


Figuur 1: Gerealiseerde rijtijden tramlijn 1 richting Scheveningen

Te zien is dat er spreiding bestaat in de rijtijd, veroorzaakt door eerder genoemde oorzaken. Het is belangrijk een goede rijtijd te kiezen voor een dienstregeling. Omdat er slechts één rijtijd gebruikt kan worden zullen planning en exploitatie nooit volledig overeenkomen. De bepaling van de dienstregelingrijtijd vindt vaak plaats door de keuze voor een percentielwaarde. Binnen stedelijk openbaar vervoer wordt vaak gebruik gemaakt van hoge percentielwaarden (50-95 percentiel). Onderzoek [10] beschrijft een methode waarbij de 85-percentielwaarde wordt aanbevolen om te hanteren in verband met de haalbaarheid van de dienstregeling. Ander onderzoek adviseert juist een krappe rijtijd om de wachttijd voor de reiziger te minimaliseren [7].

1.2 Passeerhaltes als betrouwbaarheidbevorderende maatregel

De hypothese in dit onderzoek is dat ook door het invoeren van passeerpunten de extra wachttijd voor de reiziger verminderd kan worden. Figuur 2 laat zien wat goede passeertijden met de spreiding van de rijtijd doen.



Figuur 2: Spreiding rijtijd zonder en met passeertijden

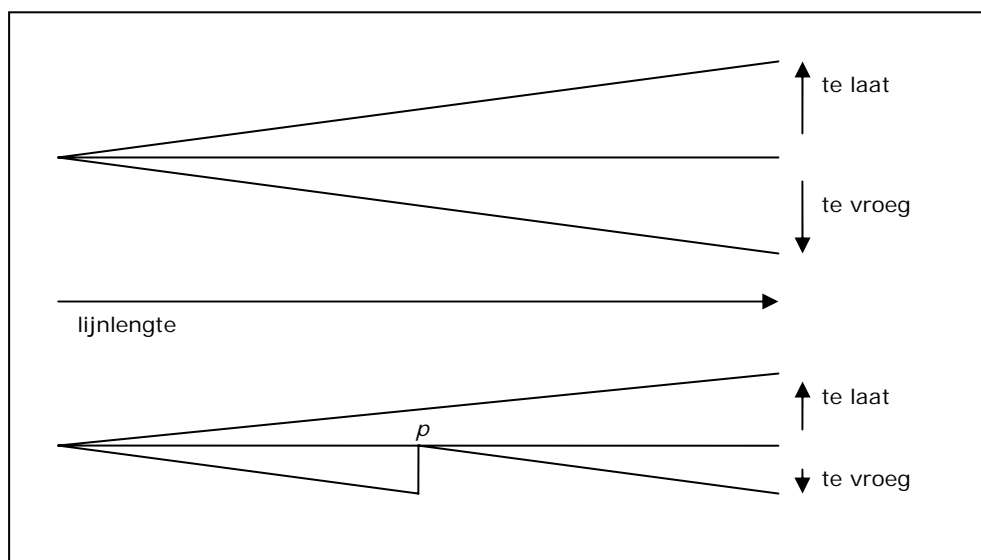
1. Spreiding rijtijd zonder passeerhaltes.
2. Passeerhaltes zorgen ervoor dat snelle voertuigen afgeremd worden.
3. Uiteindelijk wordt de spreiding in rijtijden kleiner en daalt de gemiddelde rijtijd.

Situatie 1 geeft de theoretische verdeling van rijtijden weer zonder vertrekregime. Door snelle voertuigen af te remmen ontstaat de verdeling in situatie 2. De gemiddelde rijtijd stijgt. Doordat er minder opeenhoping van voertuigen zal ontstaan, hebben langzame voertuigen voordeel van het vertragen van de snelle: een hogere regelmaat zal de versterking van vertragingen immers tegengaan [3]. Hierdoor daalt de gemiddelde rijtijd en wordt de verdeling van rijtijden smaller. Dit is in situatie 3 zichtbaar.

Niet elke halte op een traject is geschikt om als passeerhalte te dienen. Bij het vaststellen van goede locaties zijn de volgende voorwaarden van belang:

- Weinig doorgaande reizigers.
Doorgaande reizigers hebben geen voordeel van het afwachten van passeertijden.
- Zo min mogelijk last van en voor overig (OV)verkeer.
Op haltes waar meerdere lijnen halteren of ook niet-ov verkeer rijdt, kan stilstaan voor ongewenst oponthoud zorgen.
- Heen en terug dezelfde locaties.
Om de dienstregeling voor bestuurders en chauffeurs begrijpelijk te houden is het verstandig om voor de heen- en de terugrichting dezelfde haltes te kiezen.

Figuur 3 laat zien wat er met de negatieve stiptheid van een voertuig gebeurt door een passeerpunt p in te voegen in het midden van de lijn. Hoe verder op de lijn, hoe groter de afwijking van de dienstregelingstijd [3]. Het passeerpunt verkleint een deel hiervan.



Figuur 3: Effect passeerpunt op negatieve stiptheid

Net als dat voor de bepaling van de totale rijtijd een percentielwaarde gekozen kan worden, kan dit voor de rijtijd van passeerhalte naar passeerhalte ook gedaan worden. Deze percentielwaarde bepaalt dan hoeveel procent van de voertuigen naar verwachting tegen gehouden zal worden.

2. Model effect passeerpunten op extra wachttijd reiziger

Om het effect van variatie in rijtijden en verschil in dienstregeling en -uitvoering te vertalen naar effecten voor de reiziger, is een rekenmodel ontwikkeld. Hiermee kan de extra wachttijd voor reizigers berekend worden [3]. In dit onderzoek is dit model aangepast om het effect van passeerpunten op de reistijd te kunnen kwantificeren. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de werking van het model.

2.1 Extra wachttijd bij lage frequenties

Extra wachttijd ontstaat door het verschil tussen planning en exploitatie. Dit verschil wordt vaak aangeduid met de term stiptheid. De gemiddelde stiptheid is gedefinieerd als in formule 1.

$$\bar{p} = \frac{\sum_{j=1}^{n_j} \sum_{i=1}^{n_i} |t_{i,j}^{\text{werkelijk}} - t_{i,j}^{\text{gepland}}|}{n_i * n_j} \quad \{\text{formule 1}\}$$

Waarbij:

\bar{p}	= gemiddelde stiptheid lijn
$t_{i,j}^{\text{werkelijk}}$	= werkelijke vertrektijd van voertuig i op halte j
$t_{i,j}^{\text{gepland}}$	= geplande vertrektijd van voertuig i op halte j
n_i	= aantal ritten
n_j	= aantal haltes
i	= ritnummer
j	= haltenummer

Stiptheid is een veelgebruikte indicator voor de kwaliteit van de dienstuitvoering. Deze houdt echter geen rekening met het verschil tussen te vroeg en te laat rijden. Wanneer een voertuig te vroeg vertrekt van een halte is de wachttijd een heel interval. Als te laat vertrokken wordt, ontstaat slechts een wachttijd ter grootte van de stiptheid van het voertuig. Vooral bij lage frequenties is te vroeg vertrekken erg nadelig voor de reiziger.

Aangenomen wordt dat reizigers binnen een bandbreedte van -2 minuten en +1 minuut op de halte arriveren. Dan is de extra wachttijd op de halte als in formule 2. De extra wachttijd in het voertuig is als in formule 3.

$$\begin{cases} ET_{i,j} = H & p_{i,j} \leq -120 \\ ET_{i,j} = 0 & -120 < p_{i,j} < 60 \\ ET_{i,j} = p_{i,j} & p_{i,j} \geq 60 \end{cases} \quad \{\text{formule 2}\}$$

$$\begin{cases} ET_{i,j}^{\text{voertuig}} = |p_{i,j}| & \text{halte } j \text{ is passeerhalte én } p_{i,j} < 0 \\ ET_{i,j}^{\text{voertuig}} = 0 & \text{halte } j \text{ is passeerhalte én } p_{i,j} \geq 0 \\ ET_{i,j}^{\text{voertuig}} = 0 & \text{halte } j \text{ is geen passeerhalte} \end{cases} \quad \{\text{formule 3}\}$$

Met:

$ET_{i,j}$ = extra wachttijd door voertuig i op halte j

$ET_{i,j}^{voertuig}$ = extra wachttijd in voertuig i op halte j

$p_{i,j}$ = stiptheid van voertuig i op halte j in seconden

H = geplande intervaltijd

Wanneer een voertuig dat voorloopt op dienstregeling zijn passeertijd op de halte afwacht, daalt de extra wachttijd met de duur van een heel interval. De extra wachttijd in het voertuig neemt toe met de stiptheid van het voertuig.

Met de eerdere definities van extra wachttijd kan de gemiddelde extra wachttijd per halte (op de halte en in het voertuig) en de gemiddelde extra wachttijd per reiziger bepaald worden, welke in formule 4, 5 en 6 zichtbaar zijn.

$$ET_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_i} ET_{i,j}}{n_i} \quad \text{\{ formule 4 \}}$$

$$ET_j^{voertuig} = \frac{\sum_{i=1}^{n_i} ET_{i,j}^{voertuig}}{n_i} \quad \text{\{ formule 5 \}}$$

$$ET^{reiziger} = \sum_{j=1}^{n_j} \alpha_j * ET_j + \beta_j * ET_j^{voertuig} \quad \text{\{ formule 6 \}}$$

Met:

ET_j = gemiddelde extra wachttijd op halte j

$ET_j^{voertuig}$ = gemiddelde extra wachttijd in voertuig op halte j

$ET^{reiziger}$ = gemiddelde extra wachttijd per reiziger op de lijn

α_j = aantal instappers op halte j als percentage van het totaal aantal instappers op de lijn

β_j = percentage doorgaande reizigers op halte j als percentage van het totaal aantal instappers op de lijn

2.2 Extra wachttijd bij hoge frequenties

Bij hoge frequenties arriveren reizigers aselekt op de halte. Uit onderzoek blijkt dat ook dan de extra wachttijd verminderd kan worden [11].

De grootte van het interval tussen voertuig i en voertuig $i+1$ is afhankelijk van de stiptheid van beide voertuigen. Wanneer precies volgens dienstregeling gereden wordt, is de stiptheid gelijk aan 0 en de regelmaat optimaal.

Voor een reiziger is het gunstig om, als gevolg van onregelmaat, in een klein interval tussen twee voertuigen op de halte te arriveren. Er zal sneller een voertuig komen dan gepland. Het kan ook voorkomen dat een reiziger juist in een groter interval dan gepland op de halte aankomt. De kans op dit laatste is groter, waardoor de gemiddelde extra wachttijd bij groeiende onregelmaat toeneemt.

Formule 7 laat zien hoe onregelmaat bepaald wordt [12].

$$PRDM_j = \frac{\sum \left| \frac{TIT_{i,j} - TIA_{i,j}}{TIT_{i,j}} \right|}{n_j} \quad \{\text{formule 7}\}$$

Met:

- $PRDM_j$ = relatieve onregelmaat op halte j
- $TIT_{i,j}$ = gepland interval van voertuig i op halte j
- $TIA_{i,j}$ = werkelijk interval van voertuig i op halte j
- n_j = aantal voertuigen op halte j

Wanneer het werkelijke interval gelijk is aan het geplande interval dan is de relatieve onregelmaat gelijk aan 0: er geldt de best mogelijke regelmaat volgens dienstregeling op de lijn. Hoe groter $PRDM_j$ is, hoe groter de onregelmaat.

De relatieve onregelmaat van voertuig i op halte j kan ook geschreven worden als in formule 8 [11].

$$PRDM_{i,j} = \left| \frac{p_{i+1,j} - p_{i,j}}{TIT_{i,j}} \right| \quad \{\text{formule 8}\}$$

Te zien is dat de regelmaat bepaald wordt door de stiptheid van twee opeenvolgende voertuigen. Vooral als de tekens van $p_{i,j}$ en $p_{i+1,j}$ tegengesteld zijn, is het nadeel voor reizigers het grootst. Door een van deze twee van een negatieve waarde naar nul terug te zetten, het gevolg van het afwachten van de passeertijd, wordt het probleem verkleind.

3. Analyse effect passeerpunten op extra wachttijd

In dit hoofdstuk worden de resultaten getoond van zowel de praktische case studie als de theoretische analyse. Onderzocht is welke percentielwaarde voor de passeertijd optimaal is om de extra wachttijd voor de reiziger te minimaliseren.

De hoogte van de optimale percentielwaarde is afhankelijk van:

- De grootte van spreiding in rijtijden op de lijn;
- De mate waarin de gekozen rijtijd aansluit bij de situatie op straat;
- Het aantal passeerpunten;
- De locatie van de passeerpunten.

Dit hoofdstuk behandelt de invloed van deze variabelen.

In het onderzoek zijn vier praktijklijnen in Den Haag onderzocht waarvan de kenmerken opgenomen zijn in tabel 1.

Tabel 1: Kenmerken lijnen case studie

Lijn	Van	Naar	Interval	Rijtijd [min.] ¹	Rijtijd	Standaard deviatie relatief ²
1	Scheveningen	Delft	15 min.	59	Krap	6,5%
2	Kraayenstein	Leidschendam	15 min.	43	Ruim	6,3%
15	Moerwijk	Nootdorp	15 min.	52	Ruim	6,7%
18	Clingendael	Rijswijk	15 min.	49	Krap	15,0%

¹ Rijtijden gemeten op werkdagen in februari en maart 2007.

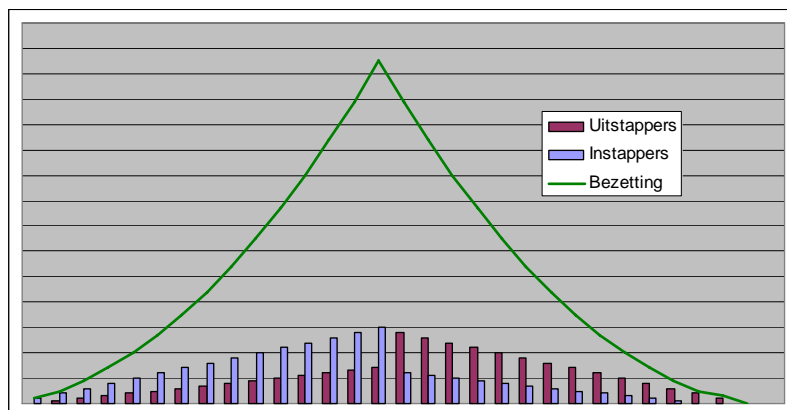
² Standaardafwijking als percentage van de gemiddelde rijtijd.

Krappe rijtijd: Meer voertuigen dan verwacht komen te laat op het eindpunt.

Ruime rijtijd: Meer voertuigen dan verwacht komen te vroeg op het eindpunt.

Bij de theoretische analyse is gekozen voor een lijn met 30 haltes en een standaarddeviatie van 3, 4, 5 en 10 minuten. De stiptheid van de theoretische lijn bouwt zich lineair op tot het eindpunt waar deze normaal verdeeld is met een gemiddelde van 0 minuten en een standaardafwijking van 3, 4, 5 of 10 minuten. In het model wordt niet gerekend met wegingen voor verschillende reistijdelementen.

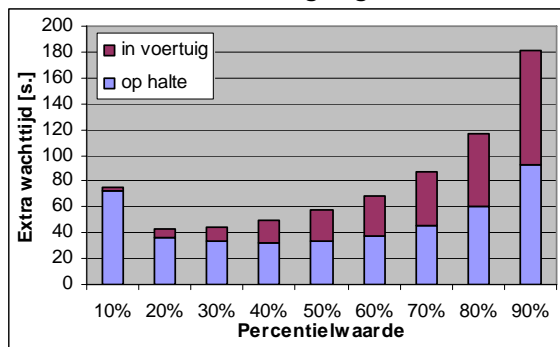
Voor de verdeling van instappers en bezetting over de theoretische lijn is een aanname gedaan welke in figuur 4 te zien is. Voor de reizigersverdeling op de Haagse lijnen is werkelijke data gebruikt.



Figuur 4: Reizigersverdeling theoretische lijn

3.1 Wachtijd op halte en in voertuig

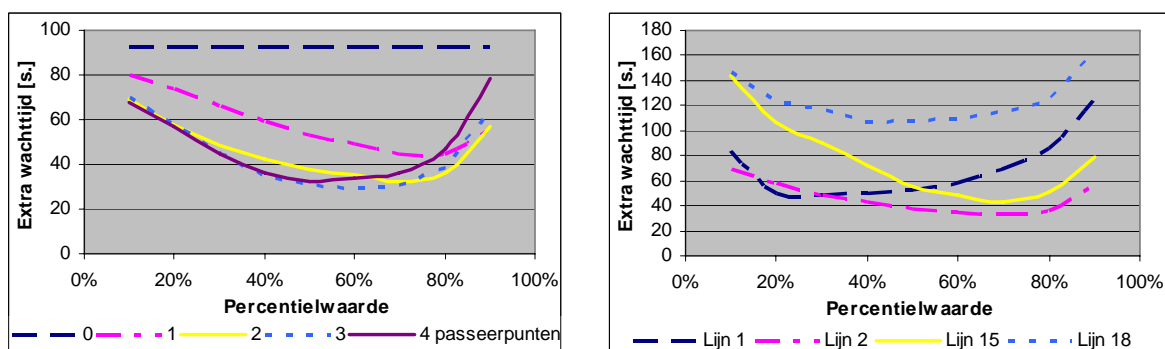
Zoals eerder genoemd kan de extra wachttijd in twee delen worden opgesplitst. De extra wachttijd op de halte als gevolg van een onstipte dienstuitvoering en de extra wachttijd in het voertuig als gevolg van het afwachten van de passeertijd op de halte. Figuur 5 laat voor lijn 1 zien dat de totale gemiddelde extra wachttijd veel stijgt naarmate de percentielwaarde hoger ligt. Vooral de extra wachttijd in het voertuig draagt hier aan bij. Duidelijk is te zien dat bij lage percentielwaarden, de wachttijd met name op de halte is en bij hoge waarden er ook sprake is van wachttijd in het voertuig: veel voertuigen worden dan immers tegengehouden.



Figuur 5: Gemiddelde extra wachttijd lijn 1 richting Delft met vier passeerpunten opgesplitst naar voertuig en halte (30 haltes en standaardafwijking rijtijd van 10 minuten.)

3.2 Case studie: tram- en buslijnen in Den Haag

In figuur 6 links is de gemiddelde extra wachttijd van lijn 2 richting Leidschendam te zien. In de onderzochte periode was de rijtijd ruim ten opzichte van de dienstregeling. Hierdoor reden veel voertuigen te vroeg. De relatieve standaardafwijking van de rijtijd was 6,3%. Dit betekent dat de spreiding in rijtijden niet groot was. Te zien is dat een hoge percentielwaarde (50-80-percentiel) de extra wachttijd het meest zou verlagen, zo'n 60%. Ook is zichtbaar dat ongeveer driekwart van de te behalen winst veroorzaakt wordt door één passeerpunt. De rest wordt bepaald door twee of meer passeerpunten. Een voordeel van meer dan twee passeerpunten is echter wel dat voor een groter aantal reizigers de extra wachttijd daalt. Ook de extra wachttijd in het voertuig wordt over een groter aantal reizigers verdeeld en is gemiddeld voor elke reiziger kleiner [11].

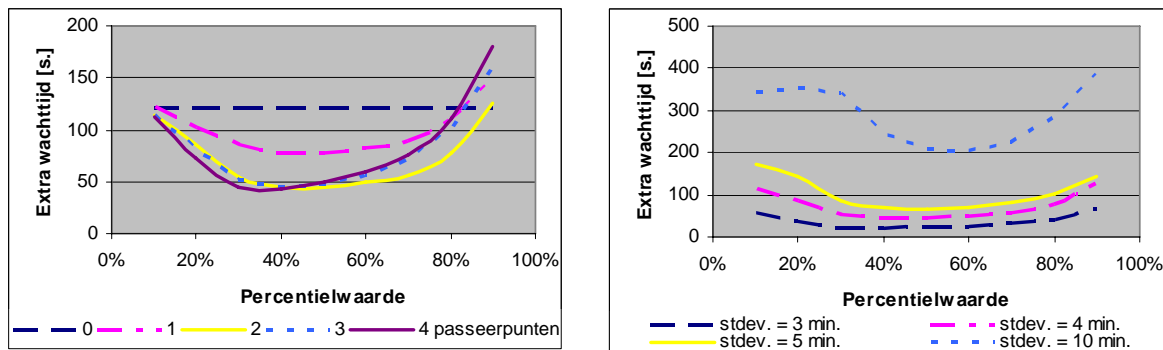


Figuur 6: Gemiddelde extra wachttijd lijn 2 richting Leidschendam (links) en gemiddelde extra wachttijd bij 2 passeerpunten voor verschillende lijnen (rechts)

Figuur 6 rechts laat de extra wachttijd zien bij twee passeerpunten voor drie tramlijnen en één buslijn. Lijn 2 en 15 hadden beide een ruime rijtijd en een lage relatieve standaardafwijking. De optimale percentielwaarde is hoog (60-80-percentiel). Lijn 1 had een krappe rijtijd in de onderzochte periode en een lage relatieve standaardafwijking. Het optimum ligt rond de 20-percentielwaarde. Ook lijn 18 had een krappe rijtijd maar een hoge relatieve standaardafwijking. Het optimum ligt rond de 40-percentielwaarde.

3.3 Theoretische lijnen

Figuur 7 links toont de gemiddelde extra wachttijd van een theoretische lijn. De standaardafwijking van de rijtijd is 4 minuten. Bij deze theoretische lijn is geen sprake van te ruime of te krappe rijtijden. De afwijking van de dienstregeling bouwt zich lineair op, zoals in figuur 3. De optimale percentielwaarde ligt tussen de 30% en 50%, waarbij een maximale daling van de extra wachttijd van 65% ontstaat. Tevens is goed zichtbaar dat één passeerpunt ongeveer de helft van de maximale daling van de extra wachttijd veroorzaakt en dat twee, drie of vier passeerpunten de rest bewerkstelligen.

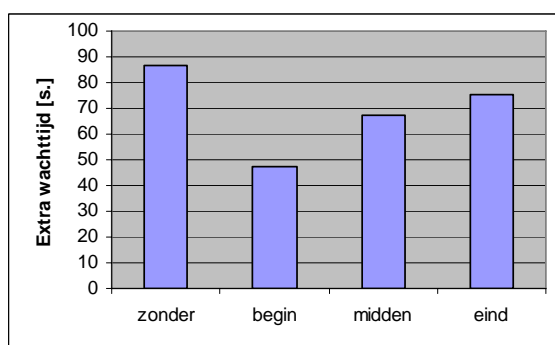


Figuur 7: Gemiddelde extra wachttijd theoretische lijn met 30 haltes en standaardafwijking van rijtijd is 4 min (links) en gemiddelde extra wachttijd theoretische lijn met 30 haltes bij 2 passeerpunten.

De resultaten van een theoretische lijn met 30 haltes en twee passeerpunten bij verschillende standaardafwijkingen, zijn te zien in figuur 7 rechts. Opvallend is dat bij een grotere standaardafwijking de optimale percentielwaarde voor de reiziger steeds hoger wordt (tussen 30% en 60%). De optimale percentielwaarde voor deze theoretische lijn met twee passeerpunten, is afhankelijk van de grootte van de standaardafwijking.

3.4 Locatie passeerhaltes

Voor lijn 1 richting Delft is onderzocht wat het verschil is voor de extra wachttijd wanneer een passeerpunt aan het begin van de lijn, in het midden of aan het eind gekozen wordt. De uitkomst van het model, de gemiddelde extra wachttijd bij de verschillende locaties is in figuur 8 te zien.



Figuur 8: Gemiddelde extra wachttijd lijn 1 met passeerpunt aan begin, midden of eind van de lijn.

Door een passeerpunt aan het begin van de lijn is de meeste winst te behalen. Dit komt omdat er nog veel instappers zijn na dit eerste punt, op ongeveer een kwart van de lijn. Veel reizigers hebben voordeel van het passeerpunt aan het begin van de lijn terwijl de afwijking van de dienstregeling nog niet zo groot is. Aan het eind van de lijn is de passeerhalte harder nodig omdat de afwijking van de dienstregeling steeds groter wordt. Weinig nieuwe instappers hebben er dan echter nog voordeel van.

3.5 Gevolgen voor reizigersaantallen

Als gevolg van een stiptere dienstuitvoering daalt de gemiddelde extra wachttijd voor de reiziger. Gezien het stedelijk karakter en relatief korte verplaatsingen is deze wachttijd een significant deel van de totale reistijd.

Voor lijn 1 richting Delft is berekend hoeveel de daling van de extra wachttijd, en daarmee van de reistijd, het reizigersaantal doet stijgen. Daarbij is gekeken naar de situatie met vier passeerpunten en een percentielwaarde van 20%.

De extra wachttijd neemt af met ongeveer 50% [11]. Rekening houdend met verschillende gewichten voor de onderdelen van een reis [13] daalt de gemiddelde reisduur met ongeveer 8%. Dit leidt tot een toename van ca. 4% meer reizigers op deze lijn.

3.6 Conclusie analyse

Zoals eerder genoemd en zoals uit de grafieken van extra wachttijd, van zowel de case studie als de theoretische analyse, naar voren komt, wordt de optimale percentielwaarde bepaald door een aantal factoren.

- Grootte spreiding rijtijden op de lijn. Hoe groter de spreiding in rijtijden is, hoe hoger de optimale percentielwaarde ligt.
- Te ruime of te krappe rijtijd. Hoe krapper de rijtijd, hoe lager de optimale percentielwaarde ligt.
- Aantal passeerpunten. Twee passeerpunten hebben meer effect op de daling van de extra wachttijd dan één maar ongeveer net zo veel als drie of vier.
- Locatie passeerpunt(en). Een passeerpunt aan het begin van een lijn heeft meer effect dan een aan het eind. Een punt waar weinig doorgaande reizigers zijn is beter dan een punt waar alle reizigers aan voorbij reizen.
- Reizigersverdeling over de lijn. Wanneer alle reizigers op de eerste halte instappen, hebben passeerpunten geen gunstig effect.

6. Conclusies

Een belangrijke kwaliteitsindicator voor openbaar vervoer is betrouwbaarheid. Betrouwbaarheid kan op operationeel niveau beïnvloed worden, door de uitvoering beter op de planning aan te laten sluiten. Ook op tactisch niveau, in het ontwerp van de dienstregeling, valt al winst te behalen. Een mogelijkheid daarvoor is het opnemen van passeerhaltes in de dienstregeling.

In dit onderzoek is gekeken naar het effect van passeertijden op de extra wachttijd voor reizigers wanneer ze volgens dienstregeling op de halte arriveren. Dit is voor een aantal tram- en buslijnen in Den Haag en een aantal theoretische lijnen onderzocht. Deze extra wachttijd kan tot 75% afnemen, afhankelijk van factoren als grootte van de spreiding op de lijn, de reizigersverdeling, het aantal passeerpunten, de locatie ervan en de gekozen percentielwaarde.

Zowel de case studie als de theoretische analyse bevestigen dat een middel percentielwaarde (30-60) optimaal is voor de rijtijd van passeerhalte naar passeerhalte. De resultaten laten zien dat vanaf twee passeerpunten de grootste daling van extra reistijd mogelijk is. Een groter aantal passeerpunten laat de extra wachttijd niet verder dalen. De 'winst' en het 'leed' zullen slechts over meer reizigers verspreid worden. Aanbevolen wordt om op lijnen met weinig spreiding maximaal twee passeerpunten in de dienstregeling op te nemen. Dan weegt het nadelige effect voor doorgaande reizigers, een stijging van de extra reistijd, niet op tegen het voordeel voor instappers op of na de passeerhalte. Op lijnen met veel spreiding weegt dit nadelige effect niet op tegen de winst voor de instappers op de lijn dus kan met meer dan twee passeerhaltes, het effect over meer reizigers verdeeld worden.

Als gevolg van de daling van de extra wachttijd door een stiptere dienstuitvoering, daalt de totale reistijd. Een daling van de reistijd zorgt voor een stijging van het aantal reizigers. Op lijn 1 richting Delft daalt de extra wachttijd met ongeveer 50%. De gemiddelde totale reistijd op deze lijn daalt hierdoor met ongeveer 8%. Dit heeft een stijging van het aantal reizigers met ongeveer 4% tot gevolg.

Literatuur

1. Stadsgevest Haaglanden, *Masterplan Agglonet*, Den Haag 1997
2. Stadsgevest Haaglanden, *Tweede regionale verkeers- en vervoerplan*, Den Haag 1996
3. Oort N. van, Nes R. van, *Betrouwbaarheid in stedelijk openbaar vervoer in relatie tot tactische en strategische planning*, TU Delft / HTM personenvervoer Den Haag, bijdrage CVS 2006
4. Muller Th.H.J., Furth P.G., *Conditional bus priority at signalized intersections: better service with less traffic disruption*, Transportation Research Record no. 1731, Washington D.C. 2000, p.23-30
5. Chang J. et al., *Evaluation of service reliability impacts of traffic signal priority strategies for bus transit*, Transportation Research Record no. 1841, Washington D.C. 2003, p. 23-31
6. Wilson et al., *Improving service on the MBTA green line through better operations control*, Transportation Research Record 1361, TRB, National Research Council, Washington D.C. 1992, p. 296-304
7. Oort N. van, Nes R. van, *Betrouwbaar OV begint met goed plannen*, HTM personenvervoer N.V./ TU Delft, bijdrage CVS 2007
8. O'Flaherty C.A., Mangan D.O., *Bus passengers waiting time in central areas*, Traffic Engineering Cont. 11 1970, p.419-421
9. Seddon P.A., Day M.P., *Bus passengers waiting times in greater Manchester*, Traffic Engineering Cont. 15 1974, p.442-445
10. Muller Th.H.J., Knoppers P., *Model shift: The objective of improving transit quality. The contribution of off-line trip information to planning, operational control, process management and service information*, TU Delft
11. Anne Wil Boterman, *Sneller rijden door langer stilstaan*, Afstudeerrapport HTM augustus 2008
12. Hakkesteegt P., Muller Th.H.J., *Onderzoeksproject regelmaatsbevordering*, Verkeerskundige werkdagen p. 415-436, 1981
13. Waard J. van der, *Onderzoek weging tijdelementen, deelrapport 3: analyse routekeuzegedrag van openbaar vervoer reizigers*, Delft 1988