

**Planning van stedelijk OV:
invloed van lijnennet op operationele kwaliteit**

Niels van Oort
HTM Personenvervoer / TU Delft
n.van.oort@HTM.net

Marc Drost
HTM Personenvervoer
m.drost@HTM.net

**Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk
20 en 21 november 2008, Santpoort**

Samenvatting

Planning van stedelijk OV: invloed van lijnennet op operationele kwaliteit

De laatste jaren staan het verhogen van de kwaliteit van openbaar vervoer én het verlagen van de kosten steeds meer in de belangstelling. Verbetermogelijkheden bestaan op verschillende niveaus. In dit paper wordt gekeken naar de mogelijkheden om op strategisch niveau invloed uit te oefenen op de operationele kwaliteit. De aspecten betrouwbaarheid en de mate waarin vervoervraag en –aanbod overeenkomen staan daarbij centraal.

De toepassing van semi-diametrische lijnen (lijnen van de rand van de stad via het centrum naar de rand van het centrum) lijkt een goede netwerkform om beide aspecten te optimaliseren. Een casestudie in Den Haag laat zien dat de lengte van de lijn weliswaar veel directe verbindingen biedt, maar dat dat ook leidt tot grote variatie in rijtijden. Onstiptheid leidt tot langere reistijden voor reizigers: zowel te vroeg als te late voertuigen zorgen voor een langer reisduur. Uit analyse van werkelijke rijtijden en reizigersstromen blijkt dat het inkorten van lijnen deze extra reistijd kan verkorten, ondanks de introductie van een overstap voor sommige reizigers.

Voor wat betreft de match tussen vraag en aanbod bieden semi-diametrische lijnen ook een goede oplossing: in het drukke centrum wordt een dubbele bediening geboden, daar waar in de buitengebieden kan volstaan met een enkele bediening.

Deze eerste analyse-resultaten geven een positief beeld over de toepassing van dit type lijn. In september start HTM met een vervolgonderzoek om te kijken naar de toepasbaarheid van uitkomsten van dit onderzoek in Den Haag. Aspecten als keermogelijkheden, herkomstbestemmingsrelaties en de capaciteit van het spoor komen daarbij uitgebreid aan bod.

1. Inleiding

De aandacht van kosten en kwaliteit van openbaar vervoer is de laatste jaren sterk gegroeid door o.a. decentralisatie en aanbestedingen. Kwaliteit van stedelijk openbaar vervoer wordt bepaald door verschillende componenten, zoals kosten, reistijd, betrouwbaarheid en comfort. Dit paper behandelt de invloed die de vorm van het lijnennet heeft op deze factoren.

In [3] worden de verschillende fases in openbaar vervoer geschetst. Op strategisch niveau wordt het lijnennet ontworpen en op tactisch niveau wordt de hierbij behorende dienstregeling gemaakt. Op operationeel niveau komt dit alles tot uitvoering: de exploitatie. In dit proces zijn verschillende terugkoppelmomenten; op operationeel niveau wordt de dienstuitvoering continu gemonitord om zo een beter netwerk- en dienstregelingsontwerp te kunnen maken.

Dit paper behandelt de mogelijkheden om reeds op strategisch niveau invloed uit te oefenen op de kwaliteit van de dienstuitvoering. De focus ligt hierbij op de betrouwbaarheid, zitplaatskans en de match tussen vraag en aanbod. Beide aspecten worden beïnvloed door keuzes op strategisch niveau.

2. Netwerkontwerp en betrouwbaarheid

2.1 Netwerkdilemma's

Het netwerkontwerp van stedelijk openbaar vervoer bestaat uit twee delen: het fysieke deel en het service netwerk. Het eerste deel beslaat met name (vrije) banen, haltes en kruisingen, daar waar het service netwerk het lijnennet als belangrijkste component heeft. Met name bij railnetwerken is er een grote overeenkomst tussen beide netwerken. De focus in dit onderzoek ligt op service netwerken.

De volgende variabelen zijn van belang voor het ontwerp van de service netwerken [1,2]

- Lijndichtheid;
- Haltedichtheid;
- Frequentie.

Lijndichtheid is de totale lengte van alle lijnen in een bepaald gebied. Dit bepaalt in grote mate de dekking van openbaar vervoer. De haltedichtheid wordt bepaald door het aantal haltes in een gebied. Hoe meer haltes er zijn, hoe korter het voor- en natransport wordt, maar hoe lager de operationele snelheid. Tot slot is de frequentie, het aantal vertrekmomenten per tijdseenheid, een belangrijke ontwerpparameter. Deze variabele bepaalt de beschikbaarheid van OV in de tijd.

In [1] wordt beschreven dat bovenstaande variabelen leiden tot een aantal ontwerpdilemma's, op het moment dat er ontworpen wordt met een vast budget. Deze dilemma's zijn als volgt:

- Haltedichtheid vs. Rijtijd
Hoe meer haltes hoe korter de voor- en natransporttijd, maar hoe langer de rijtijd;
- Frequentie vs. Lijndichtheid
Meer lijnen in een gebied impliceert een lagere frequentie per lijn, gezien het vaste budget.

Een dilemma wat mist in deze analyse is het dilemma van lijnlengte vs. betrouwbaarheid. In [3] is beschreven dat er een positieve relatie is tussen de lengte van een lijn en de variatie in rijtijden. Deze variatie leidt tot een onbetrouwbare dienstuitvoering. Zoals verwacht is er een toename te zien van de standaard deviatie als de voertuigen verder zijn op de route.

Deze toename is sterker voor bus dan voor tram. Wel is te zien dat bij enkele buslijnen er enkele malen een daling in de standaard deviatie is te zien. Dit wordt veroorzaakt door passeerpunten. Deze kunnen echter niet voorkomen dat de uiteindelijke spreiding groter is dan bij tram. De oorzaak ligt o.a. in een kleiner aandeel vrije baan en minder prioriteit bij verkeerslichten. Voor de tramlijnen is de gemiddelde toename van de standaard deviatie 11,1 s/km. Bij de bus is dit 17,6 s/km.

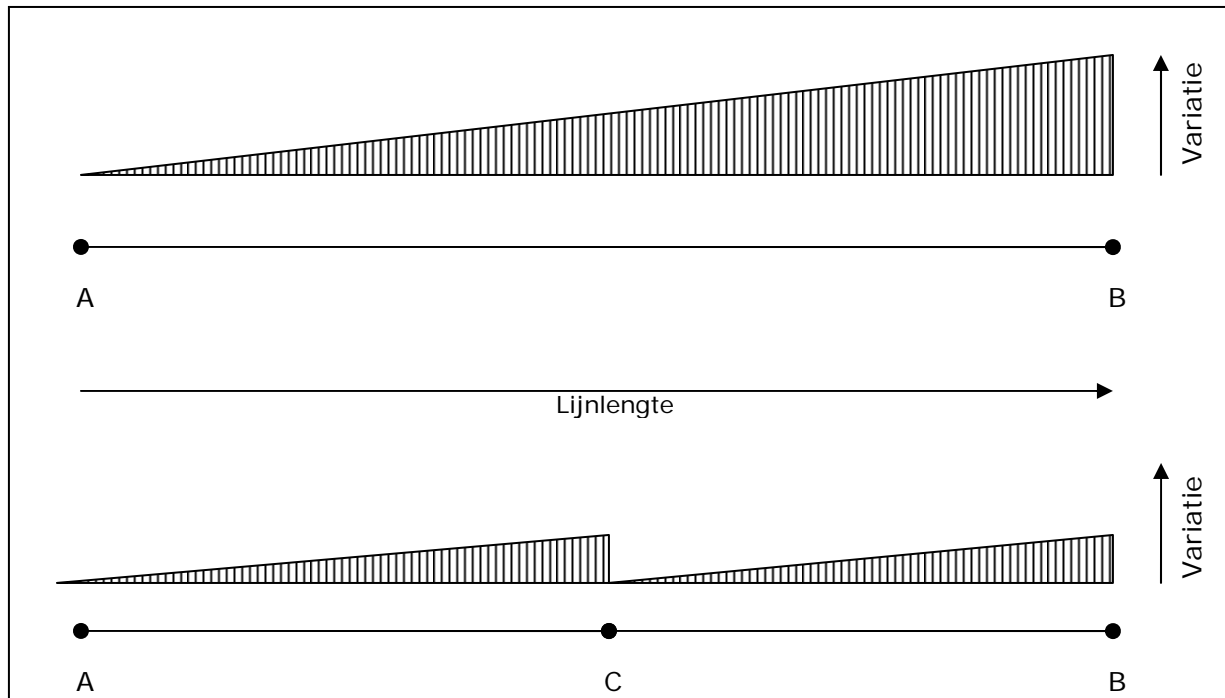
Variatie in rijtijden leidt tot verschillen tussen dienstregeling en dienstuitvoering: er is immers geen dienstregeling mogelijk die precies overeenkomt met de praktijk. In [3] wordt de relatie tussen variatie in rijtijden en de effecten voor reizigers geanalyseerd: Reizigers worden geconfronteerd met extra wachttijd en dus reistijd. Bij lage frequenties leiden te vroege ritten leiden tot wachttijden zo groot als het interval en bij te late ritten is extra wachttijd gelijk aan de vertraging. Bij hoge frequenties is de extra wachttijd afhankelijk van de regelmaat. Een case studie van alle lijnen van HTM Personenvervoer toont dat voor sommige lijnen de gemiddelde extra reistijd voor alle reizigers op een lijn meer dan 3 minuten kan bedragen. Voor individuele reizigers kan dit oplopen tot 10 minuten. Omdat de meeste ritten in stedelijk OV relatief kort zijn, is het aandeel van deze extra reistijd in de totale reis groot: dit kan oplopen tot 25%. Hierbij is slechts rekening gehouden met werkelijke tijd: een weging in perceptie van reistijdelementen zou dit aandeel nog groter maken.

2.2 Lijnlengte vs. betrouwbaarheid

In de vorige paragraaf is een nieuw ontwerpdilemma geïntroduceerd voor het ontwerp van stedelijk OV: lijnlengte vs. betrouwbaarheid. Lange lijnen zijn minder betrouwbaar dan korte, wat betekent dat reizigers op deze lijnen een verhoogde kans hebben op extra reistijd. Dit effect zou expliciet een rol moeten spelen op het moment dat deze lijnen worden ontworpen. Kortere lijnen ontwerpen of zelfs het splitsen van lange lijnen kan een oplossing voor dit probleem zijn. Uiteraard heeft deze ontwerpkeuze wel tot consequentie dat er minder directe relaties worden geboden. Dit leidt tot overstappen en extra reistijd. In dit onderzoek wordt gekeken naar de trade off tussen beide effecten: Wat is het effect van het splitsen van lijnen in twee delen op de extra reistijd van passagiers als gevolg van betrouwbaarheid en overstappen?

Figuur 2 illustreert het effect van het in tweeën delen van lijnen. Lijn 1 rijdt van A naar B. De variatie van de rijtijd neemt lineair toe op de lijn, uitmondend in een significante spreiding. Lijn 2 is dezelfde lijn als lijn 1, maar is in twee delen geknipt: Van A naar C en van C naar B. Dit leidt tot twee belangrijke verschillen tussen lijn 1 en 2:

- De variatie in rijtijden is kleiner voor lijn 2;
- Bij lijn 2 is bij C een overstap geïntroduceerd.



Figuur 1: Het effect van het splitsen van een lijn bij C op variatie in rijtijd

De overstap leidt tot extra reistijd en ongemak voor reizigers die over punt C willen reizen. De afname in variatie leidt tot een stipectere dienstuitvoering tussen C en B, waardoor de extra reistijd voor reizigers op dit deel afneemt.

In de trade off tussen beide effecten spelen de volgende variabelen een belangrijke rol:

- Reispatroon van passagiers: de locatie van punt C is belangrijk, omdat het aantal doorgaande reizigers op dit punt het aantal overstappen bepaalt.
- De frequentie van de lijn: Zowel de wachttijd bij het overstappunt als de extra reistijd als gevolg van spreiding in rijtijden hangen af van de frequentie van de lijn
- De stiptheid van de lijn: de extra wachttijd op de lijn hangt af van de mate van de match tussen dienstregeling en dienstuitvoering.

Voor de exploitant kan het splitsen van lijnen leiden tot extra kosten, die ook meegenomen dienen te worden in het ontwerpproces. In dit onderzoek wordt slechts naar de effecten voor reizigers gekeken.

2.3 Case studie Den Haag: relatie betrouwbaarheid en lijnlengte

Om inzicht te krijgen in bovenstaande trade off is een model ontwikkeld dat op basis van data van werkelijke rijtijden en reizigersstromen een berekening maakt van de extra reistijd voor reizigers. Voor lijnen in Den Haag is dit model gebruikt om de effecten van het splitsen van lijnen te analyseren. Het model is gebruikt om de stiptheid en extra wachttijd te berekenen, met en zonder knip. Lijn 1, de tramlijn van Scheveningen naar Delft is gebruikt als uitgebreid voorbeeld. Resultaten van andere lijnen worden ook gegeven in deze paragraaf. Tabel 1 geeft de belangrijkste kenmerken van de gebruikte lijnen. Het gaat hierbij om de lange lijnen in Den Haag.

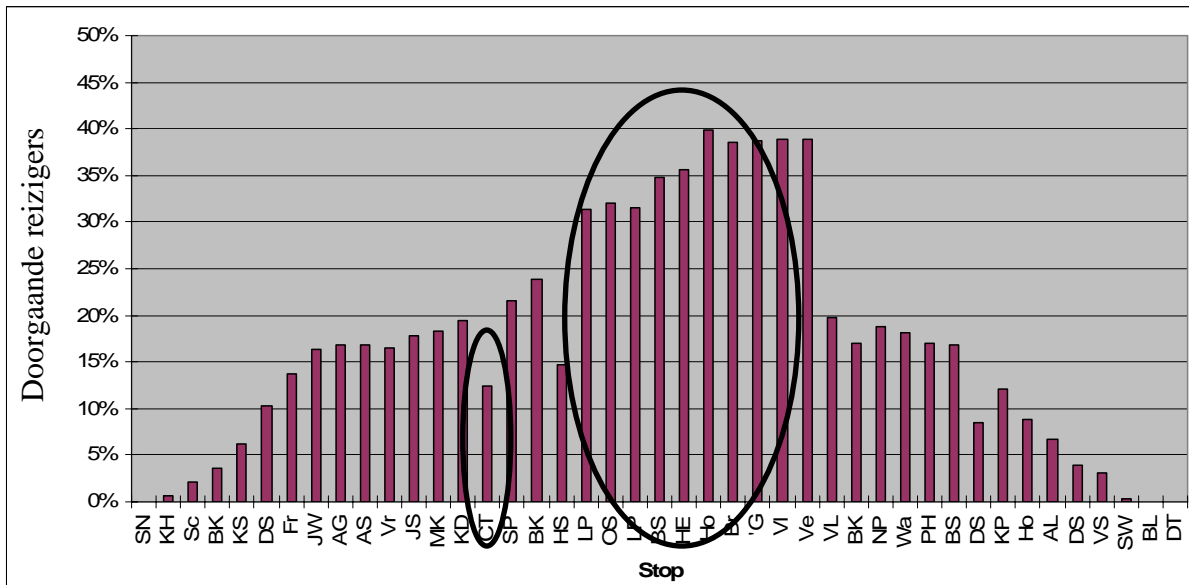
Tabel 1: Kenmerken HTM lijnen uit case studie

Lijn	Richting	Lengte [km]	Interval [min]
Tram 1	Delft	20	10
Tram 15/16	Moerwijk	17	10
Tram 17	Wateringseveld	16	10
Bus 23	Kijkduin	29	10

Data uit maart 2006, werkdagen, ochtendspits (9-16 uur) [4]

2.3.1 Case studie tramlijn 1

Zoals eerder gesteld is het patroon van reizigers (waar stappen ze in of uit) van groot belang bij het bepalen van een goede locatie om een lijn te splitsen. Figuur 3 laat het aandeel doorgaande reizigers per halte zien als percentage van het totaal aantal instappers. De halte "Centrum" (CT) heeft een percentage van 12% doorgaande reizigers: 12% van alle reizigers op deze lijn reist voorbij deze halte. Op de halte "Heerenstraat" (HE) is dit aandeel duidelijk hoger. Dit deel van de lijn wordt door veel reizigers gebruikt, maar weinig passagiers stappen hier in of uit.



Figuur 2: Aandeel doorgaande reizigers t.o.v. totaal aantal instappers op tramlijn 1

Hieronder wordt een berekening van de extra wachttijd gepresenteerd. Voor bovengenoemde halte "CT" als splitspunt is gekeken naar het effect voor reizigers.

Centrum als overstappunt

Het eerste scenario dat is berekend is de halte "centrum" als splitsingspunt. De reden om dit punt te kiezen is dat er veel uitwisseling van reizigers op dit punt is: er zijn weinig doorgaande reizigers. Tabel 2 laat de resultaten zien van het splitsen t.o.v. de bestaande situatie. De wachttijd is gesplitst in een deel op de haltes en een deel voor de overstap. Beide waarden zijn omgerekend naar een gemiddelde waarde voor alle reizigers op de lijn om zo een totaalbeeld te krijgen.

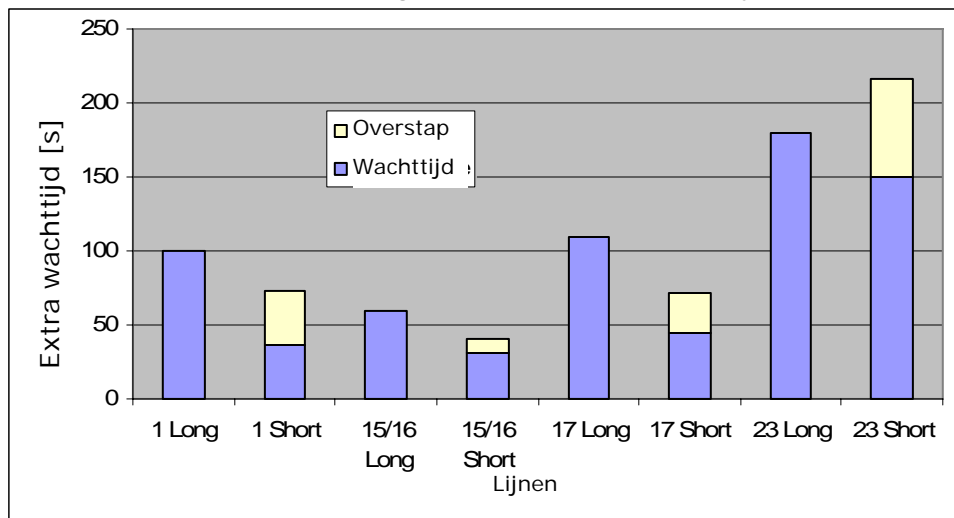
Tabel 2: Extra wachttijd per reiziger als gevolg van variatie in rijtijd en overstappen op lijn 1 (overstap op "Centrum")

Scenario	Gem. wachttijd [s]	Wachttijd op haltes[s]	Wachttijd bij overstappen[s]
Lijn 1 Referentie	100	100	0
Lijn 1 Twee delen	73	36	37

Tabel 2 laat zien dat de extra wachttijd op de halte afneemt door het splitsen van de lijn. De stiptheid bij het begin van de tweede lijn begint opnieuw op 0 en bereikt daardoor niet de hoge waarden van de referentielijn. Dit leidt tot een kleinere waarde voor de extra wachttijd. Hoewel de extra overstap tot extra reistijd leidt, veroorzaakt dat weinig extra reistijd voor de gemiddelde extra reistijd op de hele lijn: het aantal overstappers is immers minimaal. Deze extra reistijd wordt ook ruimschoots gecompenseerd in de daling van de extra reistijd op de haltes.

2.3.2 Analyse andere lijnen

Op eenzelfde manier als de analyses voor lijn 1 zijn ook voor andere lijnen van HTM berekeningen gemaakt. Figuur 3 laat de resultaten van deze analyse zien. Elke lijn heeft een eigen reispatroon en stiptheid, waardoor het effect verschilt per lijn. De extra reistijd als gevolg van de overstap voor bijvoorbeeld lijn 15/16 is klein: deze lijnen zijn ook slechts verbonden met elkaar met het oog op een efficiënte exploitatie, niet om meer directe verbindingen te bieden. Deze maatregel leidt echter wel tot extra wachttijd op de haltes van ongeveer 50%. Voor lijn 17 is het resultaat van splitsen ook positief: door de lijn in twee delen te exploiteren wordt ongeveer 30% extra wachttijd bespaard.



Figuur 3: Effect van het splitsen van lijnen op extra wachttijd per reiziger

Voor lijn 23 was de verwachting dat ook hier een splitsing in twee delen een verbetering zou betekenen. Lijn 23 is immers de langste lijn met de grootste spreiding. De uitkomst van de analyse is echter dat de extra wachttijd voor reizigers toeneemt door een splitsing in delen. De belangrijkste reden hiervoor is dat er geen goede locatie is om lijn 23 te splitsen. Het aandeel doorgaande reizigers op haltes is hoog. Er is sprake van dakpanvervoer: de reispatronen van reizigers overlappen elkaar op deze lijn. Het aandeel doorgaande reizigers is nergens lager dan 20%. In dat geval is het opsplitsen van een lijn met een gedeeltelijke overlap mogelijk een oplossing. Op deze manier worden er minder directe verbindingen verbroken vergeleken met het splitsen op één punt. Deze oplossing kost door het dubbel bediende deel ook meer aan exploitatiekosten. Dit creëert een nieuw ontwerpdilemma: extra

exploitatiekosten vs. extra betrouwbaarheidsopbrengsten. Extra onderzoek is noodzakelijk op dit onderwerp.

3. Netwerkontwerp en vervoervraag

3.1 Theoretisch netwerkontwerp

In het voorgaande hoofdstuk is de wisselwerking tussen het netwerkontwerp en de betrouwbaarheid op operationeel niveau aan de orde gekomen. Op strategisch niveau staat het netwerkontwerp centraal. Op basis van de ruimtelijke omgeving worden lijnen ontworpen, die verschillende herkomst en bestemmingsgebieden met elkaar verbinden. Belangrijke gebieden, zoals het binnenstedelijke centrum of werkgebieden, worden veelal ontsloten door meerdere verbindingen naar omliggende gebieden.

Vuchic [5] onderscheidt verschillende soorten lijnen. In de praktijk bestaan verschillende mengvormen, echter het merendeel kan worden geschaard onder één van de categorieën. De volgende lijntypen worden onderscheiden:

- Radiale lijnen;
- Diametrische lijnen;
- Tangentiele lijnen;
- Circulaire lijnen;
- Ringlijnen.

In de volgende paragrafen worden de verschillende lijntypen op basis van het werk van Vuchic [5] verder beschreven.

3.1.1 Radiale lijnen

Traditionele steden met voorzieningen en werkgelegenheid geconcentreerd in het stedelijk centrum, hebben veelal een openbaar vervoernetwerk opgebouwd uit radiale lijnen (figuur 4). De buitenwijken worden direct met het centrum verbonden, aangezien op deze relaties een grote vervoersvraag bestaat. Kenmerk van radiale lijnen is de scherpe piek gedurende de spitsperiodes, door het gebruik van forensen.

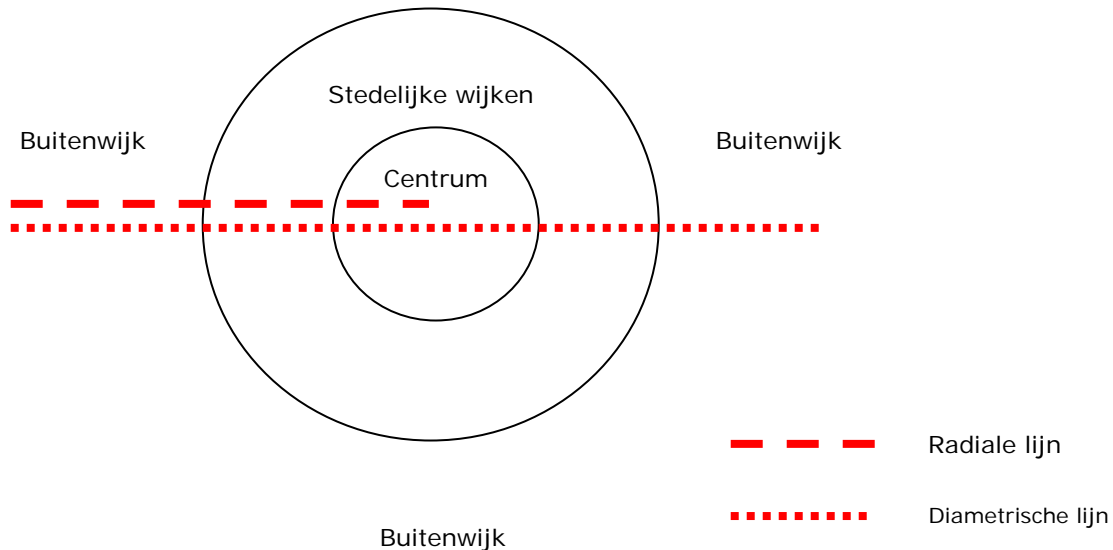
Radiale lijnen hebben een aantal nadelen. In de eerste plaats de beperkte ontsluiting van de lijnen. Veel reizigers hebben in de buitenwijken vervoer nodig om de lijn te bereiken en moeten nabij het centrum overstappen om de gewenste bestemming te bereiken. De mogelijkheid bestaat een radiale lijn in de buitenwijk te vertakken om de ontsluiting te vergroten. Het tweede nadeel is het eindpunt in het stedelijke centrum met veelal hoge ruimtelijke dichtheden. De ruimte in het stedelijke centrum is schaars en de grondprijzen hoog, waardoor een keergelegenheid met voldoende opstelcapaciteit lastig te realiseren is.

3.1.2 Diametrische lijnen

Een diametrische lijn bestaat uit twee radiale lijnen gekoppeld in het stedelijke centrum. Een diametrische lijn verbindt een buitenwijk, via het stedelijke centrum met een andere buitenwijk (figuur 4). Van belang bij een diametrische lijn is de balans in reizigersaantallen tussen de beide (radiale) takken van de lijn, om overcapaciteit op één van de takken te voorkomen. Verschillende soorten diametrische lijnen kunnen worden onderscheiden. In eerste plaats een rechte diametrische lijn, deze verbindt bijvoorbeeld west met oost. Verder kan een diametrische lijn een 'L-vorm' hebben. Deze verbindt bijvoorbeeld west met zuid. Ten slotte kan een diametrische lijn een 'U-vorm' hebben. Deze verbindt bijvoorbeeld west met zuid-west.

Diametrische lijnen hebben veelal de voorkeur boven radiale lijnen, omdat de ontsluiting groter is. Reizigers hebben tevens meer overstaplocaties op andere lijnen. Daarnaast kent

een diametrische lijn het probleem van de benodigde keergelegenheid in het stedelijke centrum niet. Nadelen van een diametrische lijn zijn in eerste plaats is een diametrische lijn een koppeling van een spitsrichting en een tegenspitsrichting. Hierdoor zijn de beide radiale takken zelden in balans. Daarnaast is de betrouwbaarheid een probleem. Een vertraging van de ene tak wordt meegenomen naar de andere tak.



Figuur 4: Radiale- en diametrische lijn

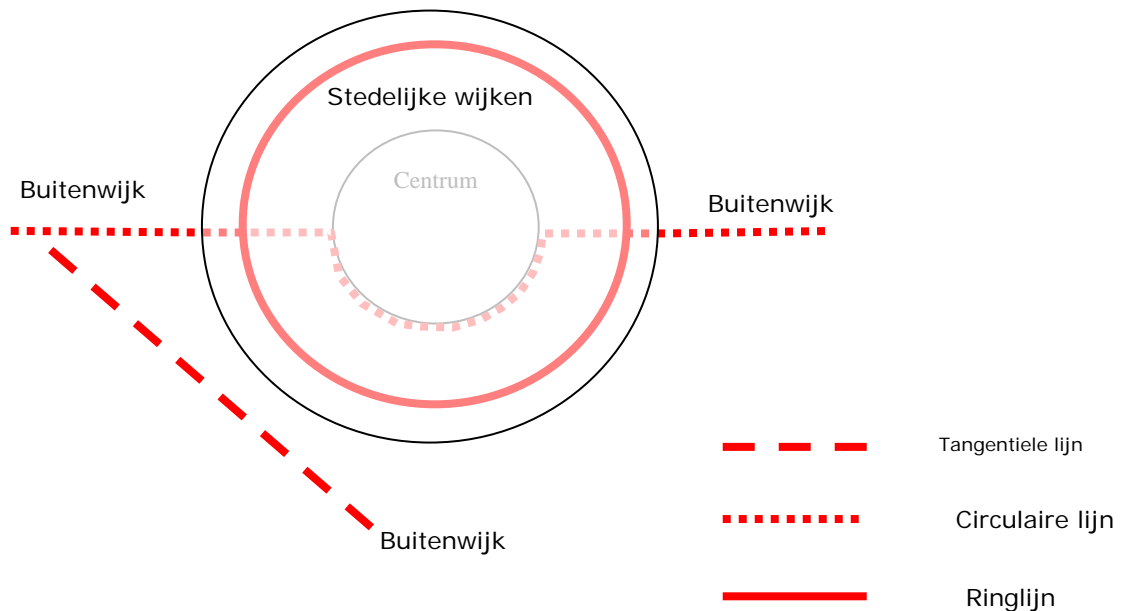
3.1.3 Tangentiële lijnen

Lijnen die twee buitenwijken direct met elkaar verbinden zonder dat deze via het centrum lopen zijn tangentiële lijnen (figuur 5). Een tangentiële lijn is veelvoorkomend in steden met een grid als ruimtelijke inrichting. Tangentiële lijnen worden dan gepland in straten waarlangs werkgelegenheid, voorzieningen of universiteiten gebundeld zijn. Het vraagpatroon van tangentiële lijnen is veelal aanzienlijk lager dan bij radiale lijnen, maar wel constanter verdeeld over de dag.

Tangentiële lijnen spelen in op de veranderende ruimtelijke ordening. Niet langer worden alle voorzieningen geconcentreerd in de stedelijke centra. Hierdoor wordt het verplaatsingspatroon van de reiziger steeds diffuser. Reizigers die niet in het stedelijke centrum hoeven te zijn, worden door tangentiële lijnen niet verplicht via het centrum te reizen. Problematisch is echter de beperkte vraag en daarmee de beperkte frequenties.

3.1.4 Circulaire lijnen

De belangrijke eigenschap van circulaire lijnen is het verloop om het stedelijke centrum (figuur 5). Diverse soorten circulaire lijnen kunnen worden onderscheiden. Bijvoorbeeld een verbinding van twee buitenwijken via de stedelijke ring. Een ander voorbeeld is het geheel rond rijden van de stedelijke ring en vervolgens naar een buitenwijk. De functie van dit type lijn is het completeren van een integraal netwerk. Veel reizigers maken van een dergelijke lijn gebruik als overstap tussen twee radiale lijnen.



Figuur 5: Tangentiële-, circulaire- en ringlijn

3.1.5 Ringlijnen

Een ringlijn loopt als een ring om het stedelijke gebied en verbindt diverse locaties met middelhoge, ruimtelijke dichtheden (figuur 5). Evenals de circulaire lijnen completeert een ringlijn een integraal netwerk. De functie van een ringlijn is het verbinden van de stedelijke wijken, verbinding tussen radiale lijnen en door het gebruik van ringlijnen, maar ook circulaire lijnen, kan een verplaatsing door het drukke centrum voorkomen worden. Ringlijnen hebben echter enkele nadelen. In eerste plaats door het ontbreken van een echte eindhalte is er geen logische locatie waar het interval hersteld kan worden. Er kan een kunstmatige locatie worden aangewezen, waar men op de juiste vertrektijd kan wachten. Echter, ook op dat punt bevinden zich reizigers in het voertuig die niet gebaat zijn bij deze wachttijd. Gevolg is dat ringlijnen erg gevoelig zijn voor vertragingen.

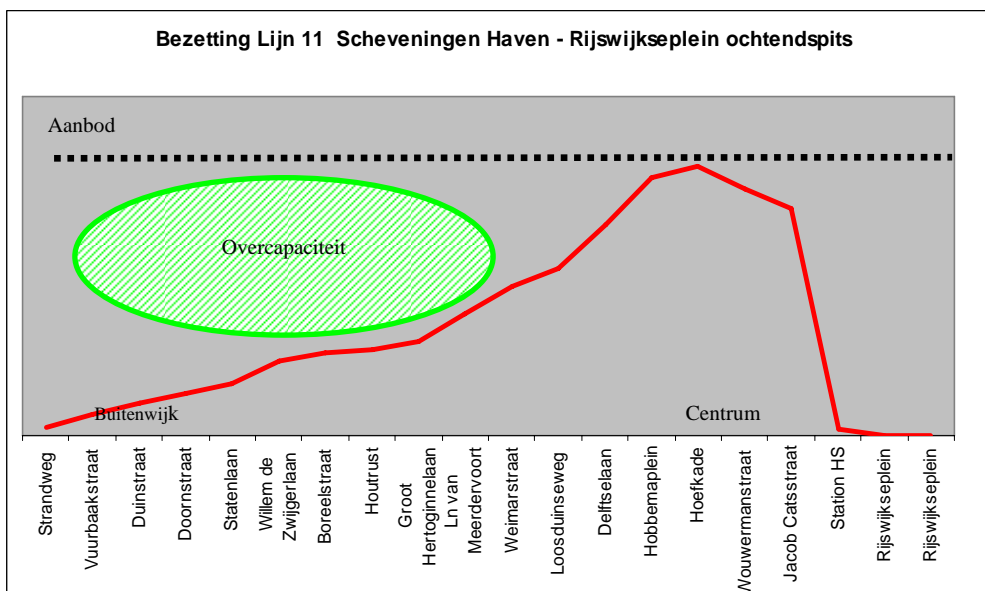
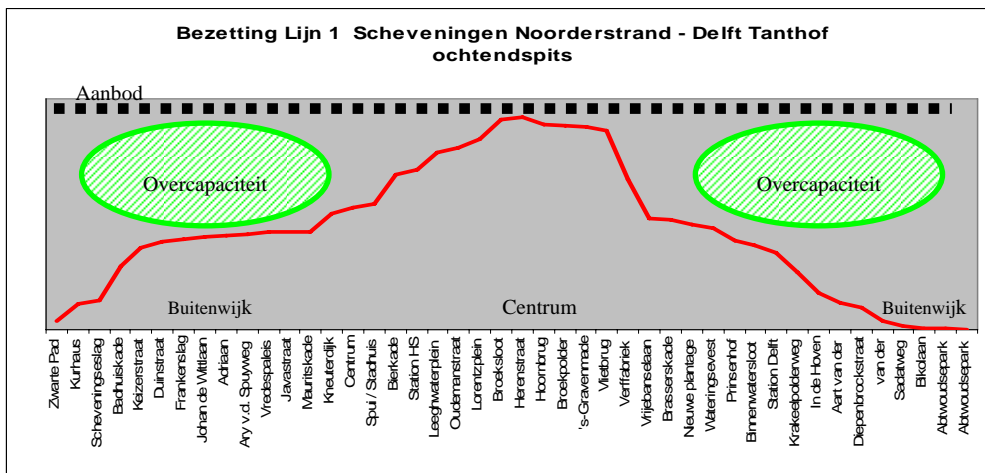
3.2 Situatie tramnetwerk Den Haag

Het huidige Haagse tramnetwerk bestaat uit radiale en diametrische lijnen. Het tramnetwerk sluit hiermee aan bij de ruimtelijke omgeving van de stad Den Haag. De werkgebieden en de voorzieningen zijn in Den Haag geconcentreerd in het binnenstedelijke gebied of langs uitlopers naar de buitenwijken. De grote vraag naar openbaar vervoerverplaatsingen zijn logischerwijs terug te vinden op de radiale verbindingen naar en binnen het stedelijke gebied.

Vanuit het oogpunt van de vervoersmaatschappij en overheid is een efficiënte afstemming van het vervoersaanbod op de vervoersvraag wenselijk. Strategische keuzes bij het ontwerpen van het netwerk kunnen de afstemming tussen het aanbod en de vraag beïnvloeden. Het aanbod aan openbaar vervoer wordt bepaald op basis van de piek in de vraag. Echter, het aanbod wordt beperkt door zowel de beschikbare middelen als de beschikbare capaciteit van de infrastructuur.

In figuur 6 zijn de bezetting van de diametrische lijn 1 van Scheveningen Noorderstrand naar Delft Tanthof en de radiale lijn 11 van Scheveningen Haven naar het Rijswijkseplein weergegeven. Het aanbod (frequentie x plaatsen/voertuig) op beide lijnen wordt dus

bepaald op basis van de piek in de vervoersvraag in het centrumgebied van Den Haag. Deze frequentie wordt echter ook aangeboden in de buitenwijken, waar de vervoersvraag aanzienlijk lager ligt. Gevolg hiervan is een overcapaciteit in de buitenwijken, waar de beschikbare voertuigen inefficiënt worden benut.



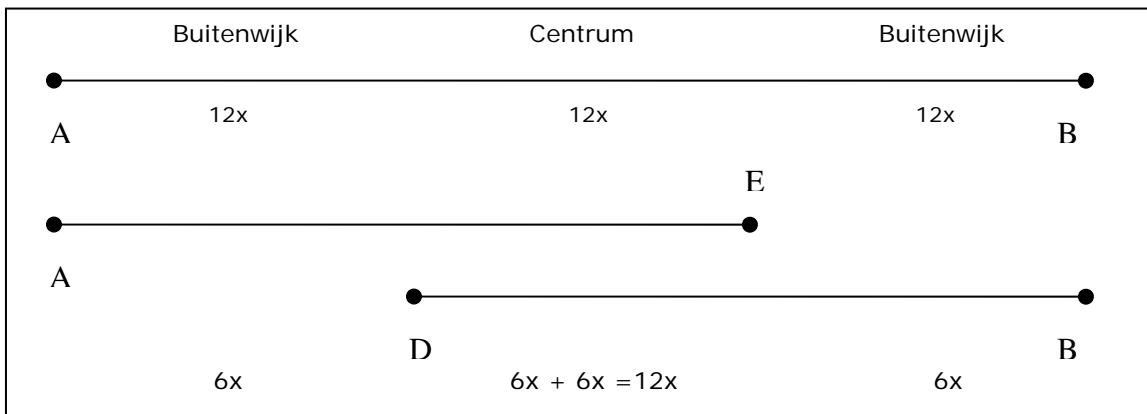
Figuur 6: Inefficiënte inzet van middelen bij bezetting tramlijnen 1 en 11 in Den Haag

Uit de bovenstaande figuur blijkt dat diametrische lijnen tweemaal overcapaciteit bieden, namelijk één maal op het traject van de buitenwijk naar het centrum en vervolgens nogmaals op het traject van het centrum naar de buitenwijk. Een radiale lijn heeft daarentegen slechts eenmaal overcapaciteit.

De vraag rijst in hoeverre iets gedaan kan worden aan deze overcapaciteit. Niet in alle situaties is het mogelijk iets te doen aan overcapaciteit. Bij diametrische lijnen lijkt korttrajectrijden door middel van semi-diametrische lijnen een oplossing, terwijl bij radiale lijnen het lastig is iets aan de overcapaciteit te doen.

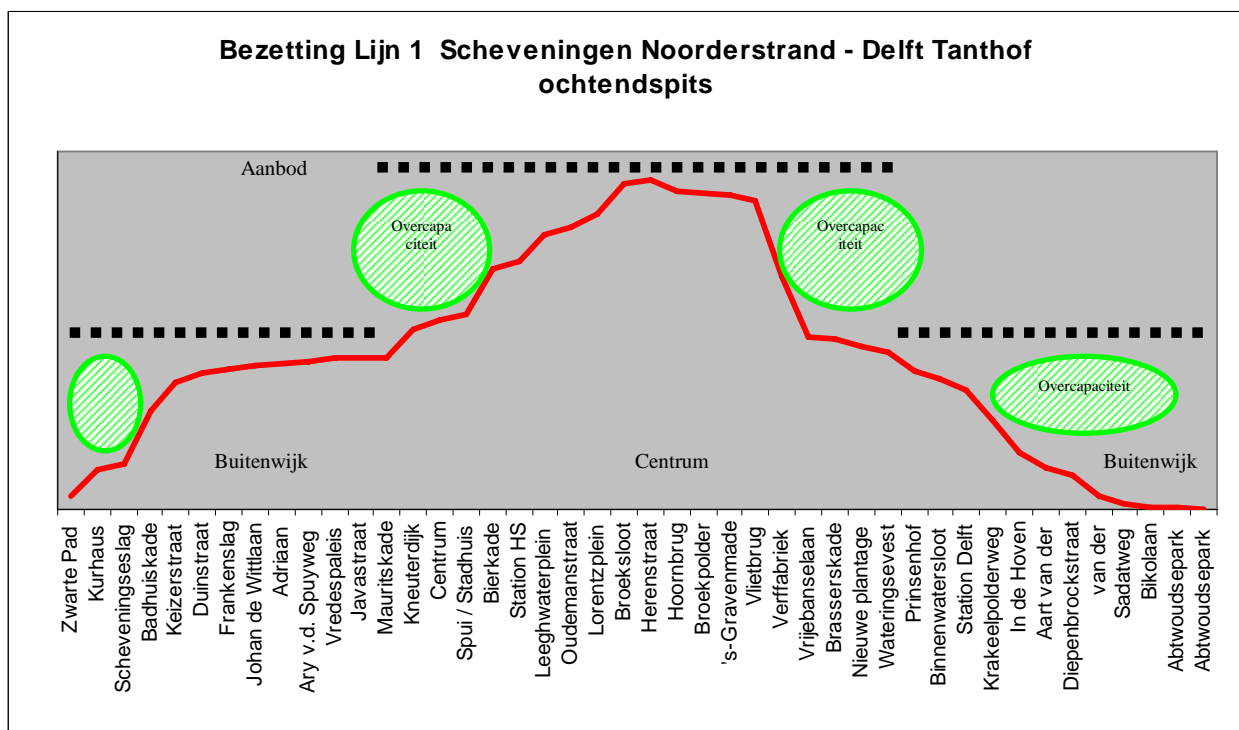
Bij semi-diametrische lijnen wordt voorkomen dat het aanbod afgestemd op de piek ook wordt aangeboden in de buitenwijken. Een semi-diametrische lijn vormt een tussenvorm

tussen een diametrische en een radiale lijn. Een semi-diametrische lijn verbindt een buitenwijk met het centrum en eindigt net over het centrum, in plaats van in een andere buitenwijk. Ter vervanging van een diametrische lijn zijn twee semi-diametrische lijnen nodig (figuur 7).



Figuur 7: Diametrische lijn valt uiteen in twee semi-diametrische lijnen

Uit figuur 7 blijkt dat de vervoersvraag in het centrumgebied nu door de beide semi-diametrische lijnen gezamenlijk wordt opgevangen. Het aanbod wordt niet afgestemd op de piek in het centrum, maar enerzijds op de piek in de buitenwijken en anderzijds in samenhang met de andere semi-diametrische lijn voor het centrumgebied. Gevolg is minder overcapaciteit in beide buitenwijken (bijvoorbeeld slechts 6x per uur in plaats van 12x per uur), maar wel noodzakelijke aanbod in het drukke stedelijke centrum (bijvoorbeeld nog steeds 12x per uur). In figuur 8 wordt deze betere match tussen vraag en aanbod geïllustreerd.



Figuur 8: Relatie vraag en aanbod bij semi-diametrische lijnvoering

Nadelen van het knippen van een diametrische lijn in twee semi-diametrische lijnen komt voor de rekening van de doorgaande reizigers van de ene buitenwijk via het centrum naar de andere buitenwijk. Daarnaast is de beschikbaarheid van keergelegenheden een aandachtspunt dat verder onderzocht moet worden.

In bovenstaande analyse blijkt dat semi-diametrische lijnen een betere match tussen aanbod en vraag oplevert. Uit hoofdstuk twee blijkt dat het knippen van diametrische lijnen per saldo tot reistijdwinst kan leiden, ondanks extra reistijd voor sommige reizigers die moeten overstappen. Meer reizigers profiteren namelijk van de vergrote betrouwbaarheid. In het voorbeeld van lijn 23 wordt geschetst, dat er voor deze lijn geen goede splitsingspunten zijn door dakpanvervoer. De toepassing van semi-diametrische lijnen kan dit probleem oplossen: door een deel van de lijn dubbel uit te voeren, worden er minder directe verbindingen verbroken: het dakpanvervoer wordt dan beter gefaciliteerd.

4. Conclusies

In dit paper wordt een analyse gemaakt van de invloed van het ontwerp van het lijnennet op de operationele kwaliteit. Concrete aanleiding hiervoor is enerzijds de beperkte betrouwbaarheid van de dienstuitvoering en anderzijds de mismatch tussen vraag en aanbod. Dit zijn bekende problemen in stedelijk openbaar vervoer. In dit onderzoek is specifiek naar Den Haag gekeken. De mismatch tussen vraag en aanbod is een tweeledig probleem: het behelst zowel capaciteitsgebrek als overschot. Beide hebben financiële consequenties.

Om de betrouwbaarheid van OV te verbeteren zijn vele mogelijkheden. In dit paper wordt de invloed van de lijnlengte geanalyseerd. Lange lijnen bieden veel directe verbindingen, maar leiden ook tot grote variatie in rijtijden met de consequentie dat reizigers met langer reistijden geconfronteerd worden. Een nieuw ontwerpdilemma wordt geïntroduceerd: lijnlengte vs. betrouwbaarheid. Een case studie in Den Haag laat zien dat het toepassen van kortere lijnen (concreet: het knippen van bestaande, lange lijnen) kan leiden tot een korte reistijd. Door op de juiste plaats de knip te leggen, is het effect van de extra overstap beperkt en de winst voor reizigers stroomafwaarts groot.

In dit paper wordt ook een analyse gemaakt van de match tussen vraag en aanbod. Het blijkt dat de mismatch groot is: veel stoelen worden op het verkeerde moment op de verkeerde plaats aangeboden.

Zowel de betrouwbaarheid als de match tussen vraag en aanbod is gebaat bij de invoering van semi-diametrische lijnen: lijnen die vanuit de rand van de stad door het centrum naar de rand van het centrum rijden. In feite worden diametrische lijnen, rijdend van rand naar rand, in tweeën geknipt. Door toepassing van kortere lijnen wordt de betrouwbaarheid verhoogd. De extra reistijd als gevolg van een overstap is beperkt, doordat de belangrijkste verbindingen in stand gehouden worden. Vraag en aanbod sluiten beter bij elkaar aan, omdat in het drukke centrum dubbele bediening is en in de rustige randen enkele.

In september start HTM Vervoersontwikkeling met een onderzoek naar een concrete toepassing van bovenstaande in het railnetwerk in Den Haag. Per lijn wordt gekeken wat de toegevoegde waarde en de mogelijkheden zijn voor de toepassing van het semi-diametrische karakter. Fysieke keergelegenheden en actuele reizigersdata zijn daarvoor belangrijke parameters.

Dit onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met HTM Personenvervoer en TU Delft, afdeling Transport en Planning. Dit onderzoek is verder mogelijk gemaakt door Transport Research Centre Delft.

Referenties

1. Egeter, B., *"Optimizing public transport structures"*, in: urban areas, In: Lall, B.K. & D.L. Jones (ed) Proceedings of the Transportation Congress, Civil Engineers: Key to the world's infrastructure, American Society of Civil Engineers, New York, 1995.
2. Nes, R. van, *"Design of multimodal transport networks, a hierarchical approach"*, TRAIL Thesis Series T2002/5, TRAIL Research School, Delft, 2002.
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. TU Delft, TRIP Time Analysis in Public Transport (TRITAPT), Delft, 1997-2002.
5. Vuchic, Vukan R., *"Urban Transit: Operations, Planning and Economics"*, John Wiley and Sons INC, Hoboken New Jersey, 2005.