

Gebiedskenmerken als basis voor herontwerp OV-netwerk Den Haag

Gerben Dorenbos – TU Delft – gerbendorenbos@hotmail.com

Sandra Nijënstein – HTM Personenvervoer N.V. – s.nijenstein@htm.nl

Niels van Oort – TU Delft – n.vanoort@tudelft.nl

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 24 en 25 november 2016, Zwolle

Samenvatting

Hoe zou het OV van Den Haag eruit zien als we het opnieuw zouden ontwerpen? Om verbetermogelijkheden in het huidige netwerk op te sporen hebben we een ontwerpmethodiek toegepast met als uitgangspunt een uitgebreide demografische analyse. De methodiek bestond uit vier stappen: In stap 1 zijn demografische gegevens gebruikt voor het genereren van gegevens over potentieel reizigersgedrag. Hieruit zijn in de volgende stap HerkomstBestemmings-matrices gegenereerd door middel van een zwaartekrachtsmodel. Het ontwerpen van het netwerk vond plaats in stap drie door een minimaal aantal kortste schakels aan te brengen tussen wijken totdat alle wijken ontsloten zijn door middel van een "kortste schakel netwerk". Hier worden 'shortcuts' aan toegevoegd om tegemoet te komen aan drukke relaties volgens de HB-matrix. Op deze manier ontstaat er een 'ideaal' netwerk van wijk-wijk relaties. Om in de laatste stap de frequenties van de links te bepalen, zijn de reizigers uit de HB-matrix toegedeeld volgens een 'all-or-nothing assignment'. Het resultaat is een netwerk van links en nodes die de zwaartepunten van de wijken in Den Haag met elkaar en met de stations verbinden. Uit de vergelijking tussen het nieuwe en bestaande netwerk blijkt dat het huidige tramnetwerk van Den Haag goed voldoet aan de vraag. Er zijn wijken die nog beter ontsloten zouden kunnen worden (zoals Benoordenhout en Binckhorst) en wijken waar directere verbindingen naar het centrum zouden kunnen worden gecreëerd (zoals voor de wijken in het zuiden van Den Haag en Wateringen). In dit paper wordt een aantal concrete voorstellen gedaan voor deze verbeteringen. Deze ontwerpmethodiek blijkt goed toepasbaar en waardevol voor het vinden van netwerkverbeteringen en is ook interessant voor andere steden en gebieden om de potentiële reizigersvraag beter te kunnen koppelen aan het OV-netwerk. De methodiek kan daarbij gebruikt worden als een toetsing van het bestaande netwerk of voor het ontwerpen van een nieuw netwerk.

1. Inleiding

Bij veranderingen in stedelijk grondgebruik of veranderingen in de (daaruit volgende) vraag, is het zaak om hier met het OV-netwerk op in te spelen. De aanleg van een nieuwbouwwijk vraagt zo bijvoorbeeld om een nieuwe ontsluiting met het centrum en het station. Het doel is om deze veranderingen in grondgebruik optimaal te faciliteren met goede OV ontsluiting. Echter, bij de aanleg van een nieuwe OV-verbinding, wordt logischerwijs altijd het huidige netwerk als uitgangspunt genomen en wordt niet een nieuw netwerkoptimum bepaald. Vooral bij een tramnetwerk of hoogwaardige busverbinding, met dure infrastructuur, die niet zomaar van de een op de andere dag kan worden verplaatst, is het vaak effectiever om bij veranderingen in het OV-netwerk (bijvoorbeeld een nieuwe verbinding) uit te gaan van de bestaande infrastructuur. Bij het ontwerpen van een mutatie van het OV-netwerk, is er dus bijna altijd sprake van een sub-optimum: het optimum gegeven de huidige situatie. De vraag is in hoeverre dit sub-optimum aansluit op de daadwerkelijke reizigersvraag. Hoe zou een OV netwerk er bijvoorbeeld uitzien als we het helemaal opnieuw zouden mogen ontwerpen in plaats van incrementeel?

In dit paper wordt een methodiek besproken om een OV-netwerk te ontwikkelen vanuit de reizigersvraag i.p.v. bestaande infrastructuur. De reizigersvraag wordt bepaald door middel van een demografische analyse. De methodiek wordt toegepast op een onderzoeksgebied dat bestaat uit de gemeente Den Haag en omgeving. De onderzoeksvraag is: Hoe zou het OV-netwerk van Den Haag en omgeving er uitzien in termen van lijnen en frequenties met als uitgangspunt recente demografische gegevens en zonder uit te gaan van bestaande infrastructuur? Door deze exercitie krijgen we inzichten in de effectiviteit van het bestaande netwerk en ideeën voor verbetermogelijkheden.

In de volgende paragrafen worden het onderzoeksgebied en het huidige netwerk kort beschreven. In hoofdstuk 2 wordt in een vijftal stappen de methodiek besproken, in hoofdstuk 3 worden de resultaten van de methodiek weergegeven en ten slotte wordt in hoofdstuk 4 afgesloten met een conclusie. Ook deelresultaten en deelconclusies van de verschillende stappen van de methodiek worden genoemd.

1.1 Scope

Het onderzoeksgebied is het vervoersgebied van HTM. Dit gebied bestaat uit de gemeenten Den Haag, Leidschendam-Voorburg, Rijswijk, Pijnacker-Nootdorp (alleen Nootdorp), Westland (alleen Wateringen), Delft en Zoetermeer. Het onderzoeksgebied is opgedeeld in 69 zones. De zone-indeling is conform de wijkindeling van het CBS, waarbij één wijk is opgenomen als één zone. De gemeenten Delft en Zoetermeer zijn in hun geheel als zone opgenomen omdat het niet het doel van dit onderzoek is om in te gaan op interne verplaatsingen binnen deze gemeenten. Elke zone wordt gerepresenteerd door middel van een zwaartepunt in het midden van de zone. Ter vereenvoudiging van het onderzoek worden ritten van/naar buiten het onderzoeksgebied gerepresenteerd door 10 extra zones met hun zwaartepunten bij de stations in het onderzoeksgebied. Deze vormen zo als het ware de toegangspoorten van de stad. Het effect van de spoorlijnen wordt in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten, de focus ligt puur op het interne netwerk van Den Haag.

1.2 Achtergrond

Het huidige OV-netwerk van Den Haag bestaat uit een uitgebreid tramnet en een aanvullend busnet. Het tramnet heeft een duidelijke radiaalstructuur, met een kruisende oost-zuidwest radiaal en een noordwest-zuid radiaal in het centrum die zich buiten het centrum opsplitsen in verschillende parallelle takken die het stedelijk grid van Den Haag volgen. De radialen bedienen ook de hoofdstations van Den Haag: Den Haag Centraal en Den Haag HS respectievelijk. Er zijn twee lijnen met een beginpunt op Den Haag HS, deze lopen in westelijke richting en kruisen daarbij de takken van de oost-zuidwest radiaal. Verder is er nog één tangentiële lijn die Leidschendam-Voorburg, Leidschenveen-Ypenburg en Delft met elkaar verbindt.

2. Methodiek

De onderzoeksvraag wordt beantwoord door het volgen van een stappenplan. De eerste stap is een analyse van demografische gegevens (paragraaf **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**), vervolgens wordt hieruit de vervoersvraag en daarmee HB-matrices bepaald (paragraaf 2.2), hierna wordt een netwerk van links tussen de zones ontworpen (paragraaf 2.3) en vervolgens worden de frequenties van deze links bepaald op basis van de HB-matrices (paragraaf 2.4).

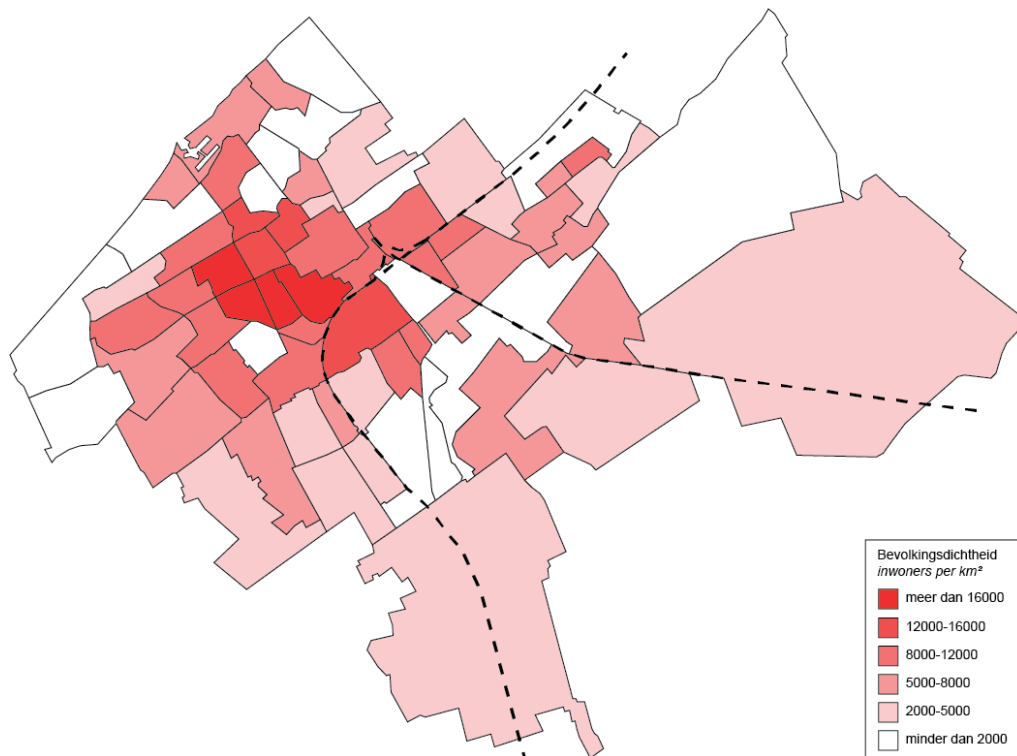
2.1 Vervoervraag

De eerste stap is het bepalen van de vervoervraag per zone. Deze wordt bepaald met behulp van demografische gegevens. De vervoersvraag wordt daarbij vanuit twee kanten benaderd.

Aan de ene kant wordt er gekeken naar de productie-zijde (of ook wel de woning-zijde) van een reis. Dit omvat vooral de demografische gegevens van een wijk (CBS, 2015): oppervlakte (in hectares), het totaal aantal inwoners, de bevolkingsdichtheid, de stedelijkheid, het aantal inwoners per leeftijdscategorie (0-15 jaar, 15-25 jaar, 25-45-jaar, 45-65 jaar en 65 jaar of ouder), het totaal aantal huishoudens, de gemiddelde huishoudensgrootte, het aantal westerse allochtonen, het aantal niet-westerse allochtonen, en het gemiddeld inkomen per zone.

Aan de andere kant wordt er gekeken naar de attractie-zijde (of ook wel de activiteit-zijde) van een reis. Dit omvat vooral gegevens over de voorzieningen in een bepaalde wijk (CBS, 2013; DUO, 2014; I&O Research, 2011; Gemeente Den Haag, 2015): het aantal banen, het aantal leerlingen per onderwijsniveau, de oppervlakte van detailhandel en het aantal bezoekers aan toeristische attracties per zone.

Op basis van deze gegevens kunnen er thematische kaarten van het onderzoeksgebied gemaakt worden die inzicht geven in de kenmerken van de verschillende zones. Zie bijvoorbeeld Figuur 1, hierin is de bevolkingsdichtheid van het onderzoeksgebied te zien. In het geval van Den Haag is de bevolkingsdichtheid het hoogst in de wijken ten zuidwesten van het centrum (o.a. Schildersbuurt), verder van het centrum vandaan neemt de bevolkingsdichtheid af.



Figuur 1 Bevolkingsdichtheid in inwoners per km² per zone.

2.2 Reispatronen

Nu de vervoervraag per zone bekend is, gaan we op zoek naar de patronen tussen de zones. HerkomstBestemmings (HB)-matrices representeren dit reizigersgedrag. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van dezelfde demografische gegevens als die gebruikt zijn in de demografische analyse. Deze gegevens worden vermenigvuldigd met ritgeneratiefactoren. Deze ritgeneratiefactoren zijn verkregen uit het Onderzoek Verplaatsingen in Nederland (OVIN) (CBS, 2014). Voor de productiezijde wordt daarbij gebruik gemaakt van ritgeneratiefactoren voor bepaalde persoonskenmerken, voor de attractiezijde wordt gebruik gemaakt van ritgeneratiefactoren voor bepaalde verplaatsingsmotieven.

De reizen die beginnen of eindigen buiten Den Haag kunnen slechts voor een deel verklaard worden door de demografische analyse (alleen productie óf attractie). Het aantal reizen dat via de stations Den Haag binnenkomt of uitgaat wordt daarom bepaald uit OV-chipkaartdata voor de tramhaltes bij de stations. De OV-chipkaartdata wordt per station vermenigvuldigd met een percentage dat aangeeft hoeveel van deze reizigers ook daadwerkelijk van de trein afkomen (Bussink & Nijenstein, 2015).

Vervolgens worden de productie- en attractiezijde aan elkaar gekoppeld met een simpele variant van het zwaartekrachtsmodel: het Furness model, dat wordt gegeven door de volgende formule:

$$T_{ij} = A_i O_i B_j D_j f(c_{ij})$$

In deze formule staat T_{ij} voor het aantal reizen (of trips) tussen zone i en zone j . O_i is de productie van zone i en D_j de attractie van zone j . A_i en B_j zijn factoren voor het balanceren

van de productie en attractie zodat de totale productie over alle zones gelijk is aan de totale attractie over alle zones en zodat beiden gelijk zijn aan het totaal aantal reizen dat gemaakt wordt. $f(c_{ij})$ is een functie van de kosten c_{ij} , die meestal worden uitgedrukt in een combinatie van reistijd en de prijs van de reis tussen zone i en j . Omdat in dit geval het netwerk nog ontworpen moet worden, wordt gewerkt met de afstand (hemelsbreed) tussen het zwaartepunt van twee zones, d_{ij} (in kilometers). Het model wordt daarmee:

$$T_{ij} = \frac{A_i O_i B_j D_j}{d_{ij}}$$

In deze formule staat T_{ij} voor het aantal reizen (of trips) tussen zone i en zone j . Voor reizen binnen dezelfde zone wordt een afstand van 1 kilometer aangenomen.

De HB-matrices worden in stap 3 gebruikt voor het bepalen van zogenaamde omreisfactoren en in stap 4 zullen de HB-matrices nogmaals gebruikt worden voor het bepalen van de frequenties in het netwerk.

2.3 Ontwerpen Netwerk

In de volgende stap kan begonnen worden met het daadwerkelijke ontwerp van het netwerk. Het ontwerpen van het netwerk is gebaseerd op de methodiek van Immers & Egeter (Immers & Egeter, 1996). Voor elke relatie tussen een zone i en een zone j wordt een maximale omreisfactor bepaald die volgt uit de HB-matrix. Deze omreisfactor bepaalt hoe direct een reis tussen twee zones minstens moet zijn. Hoe meer vraag op een bepaalde relatie, des te directer de reis op die relatie. De omreisfactor wordt gedefinieerd als de mate waarin de afstand over het netwerk afwijkt van de hemelsbrede afstand tussen zone i en zone j . Bijvoorbeeld stel de zwaartepunten van zone i en zone j liggen 1 kilometer uit elkaar en de omreisfactor is 2, dan mag de OV-verbinding tussen beide zones niet meer zijn dan $1 \times 2 = 2$ kilometer.

Van alle zones met minstens 300 instappers op een gemiddelde weekday volgens de HB-matrix wordt het zwaartepunt toegevoegd als 'node' aan het te ontwerpen netwerk. Dit selectiecriteria sluit de stadsparken uit, maar ook enkele kleinere treinstations. Vanuit deze nodes wordt er een minimaal schakel netwerk ontworpen op zo'n manier dat alle wijken met elkaar verbonden zijn met een minimaal aantal links (zie Figuur 2).

Vervolgens worden er stap voor stap 'shortcuts' toegevoegd om te voldoen aan de eerder bepaalde omreisfactoren. Tegelijkertijd worden 'overbodige' links verwijderd zo lang dat niet leidt tot een overschrijding van de gestelde omreisfactoren.

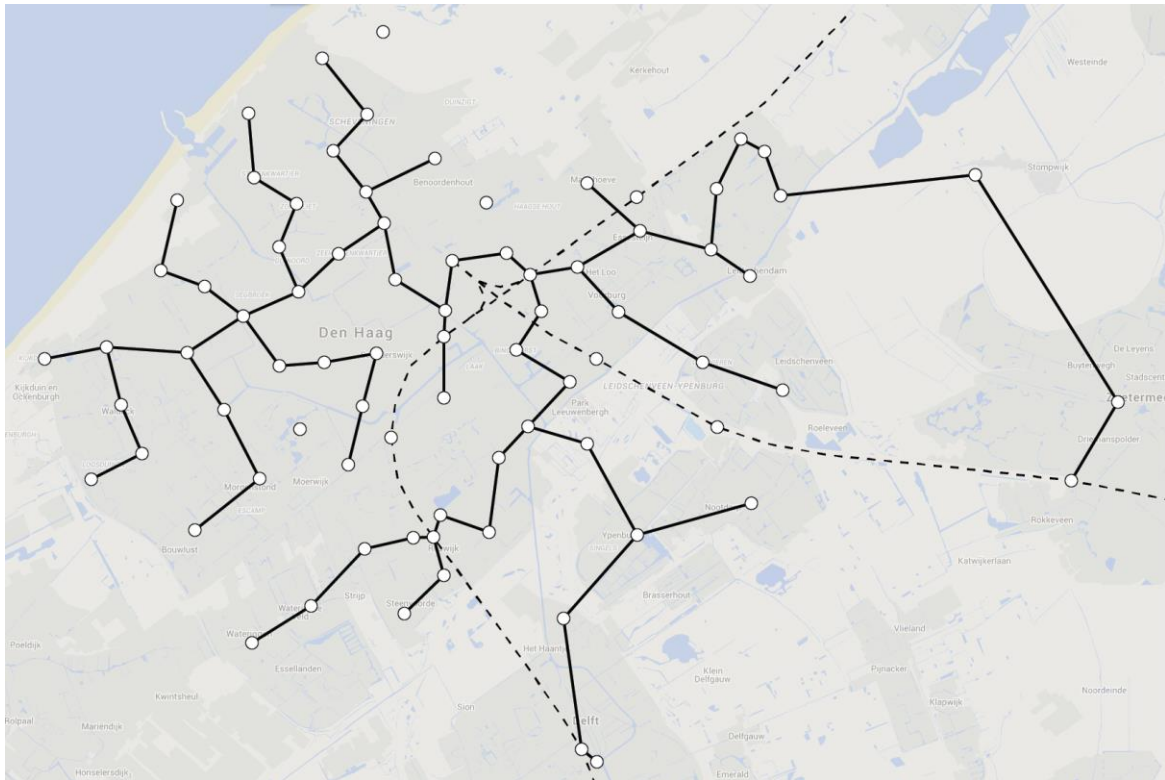
De laatste stap zijn enkele kleine veranderingen vanuit eigen inzicht zoals het omleggen van enkele links door het spoor als fysieke barrière tussen twee wijken of voor het alsnog ontsluiten van de kleinere stations, mits dit niet leidt tot een overschrijding van de omreisfactor (zie Figuur 3).

2.4 Bepalen frequenties

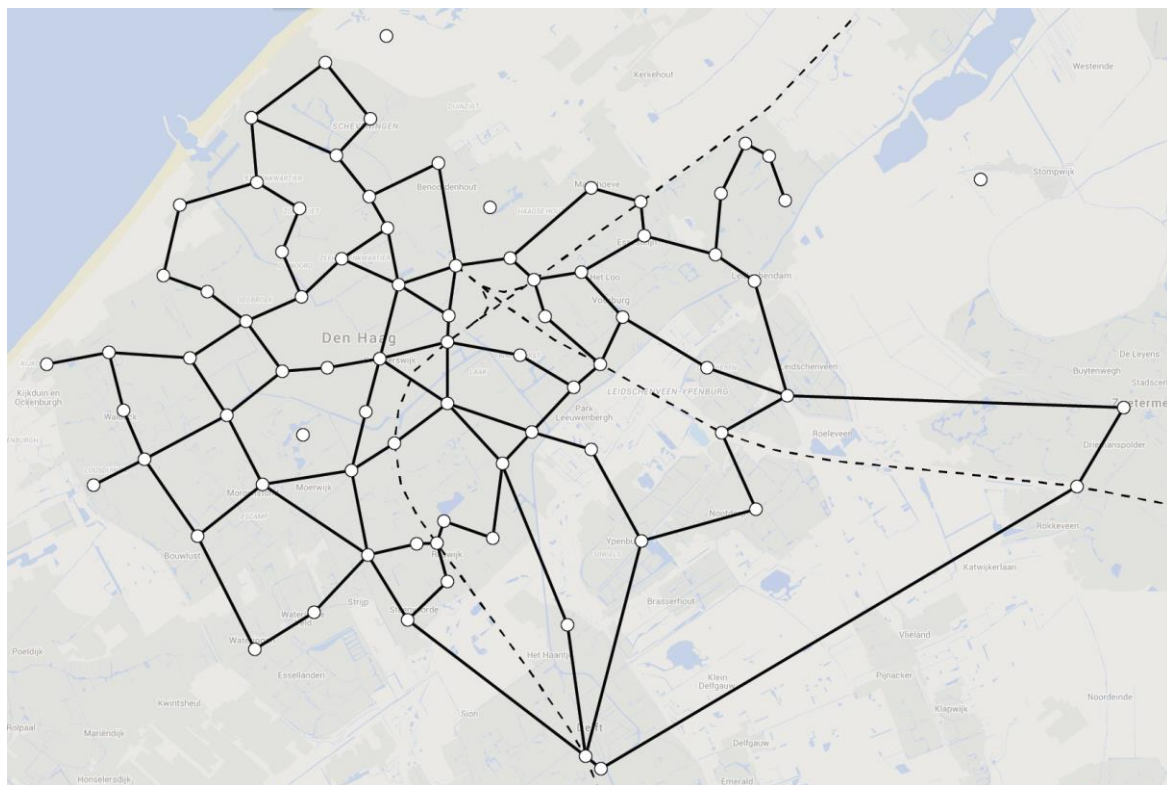
De laatste stap omvat het bepalen van de frequenties per link. Voor het bepalen van het benodigd OV-aanbod, in frequenties over de links in het ontworpen netwerk, worden de reizigers volgens de HB-matrices over het netwerk verdeeld.

De toedeling wordt gedaan door middel van een 'all-or-nothing assignment' (Ortúzar & Willumsen, 2011), waarbij elke reiziger via de kortste route van herkomst naar bestemming reist.

Elke link heeft nu een aantal reizigers toebedeeld. Op basis van het aantal reizigers is de benodigde frequentie bepaald door middel van de capaciteit van de voertuigen. Dit is gedaan voor het drukste uur in de ochtendspits, middagspits en dalperiode (middag en avond).



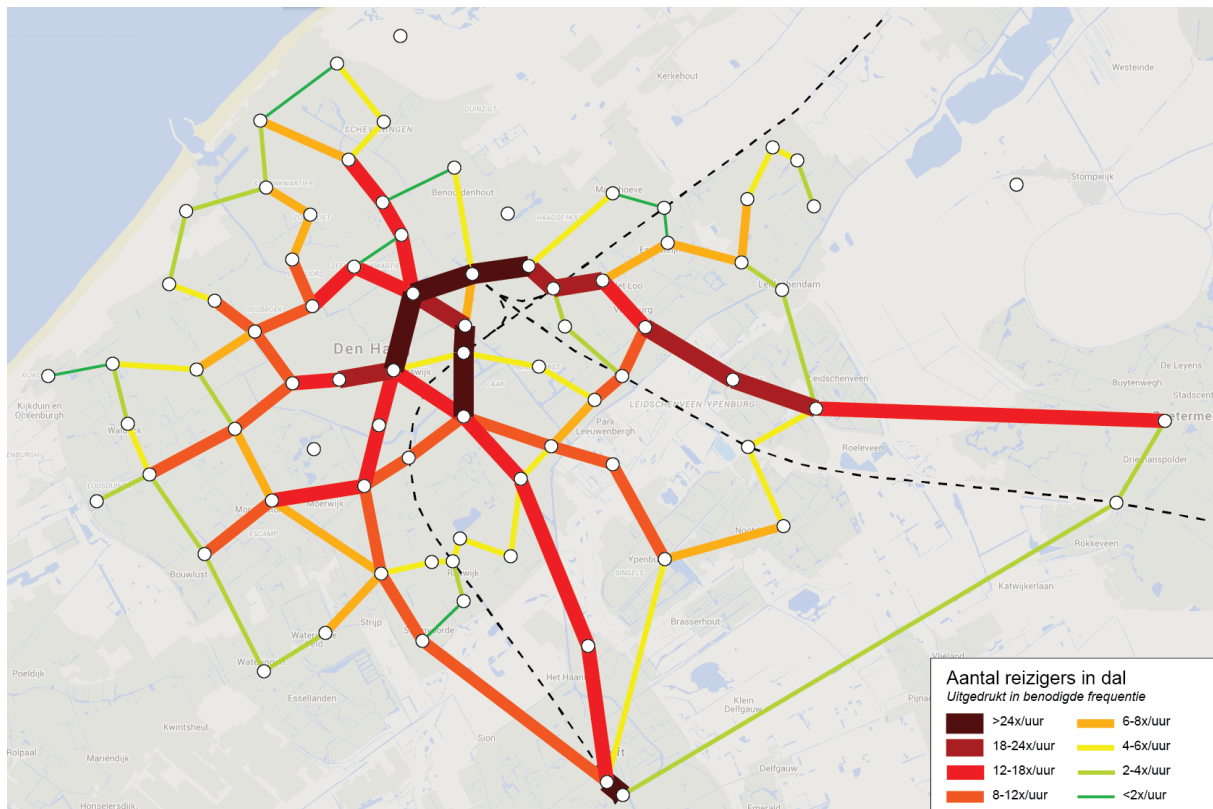
Figuur 2 Zones verbonden d.m.v. een kortste schakel netwerk.



Figuur 3 Definitief netwerk van links en nodes op basis van ontwerpmethodiek

3. Resultaten

In Figuur 4 zijn de frequenties van het netwerk te zien voor het drukste uur in de dalperiode. Vooral in het centrum en op de relaties naar Delft en Zoetermeer zijn een hoog aantal reizigers te zien, maar ook richting Scheveningen, het zuidwesten van Den Haag en richting Ypenburg zijn hoge frequenties noodzakelijk.



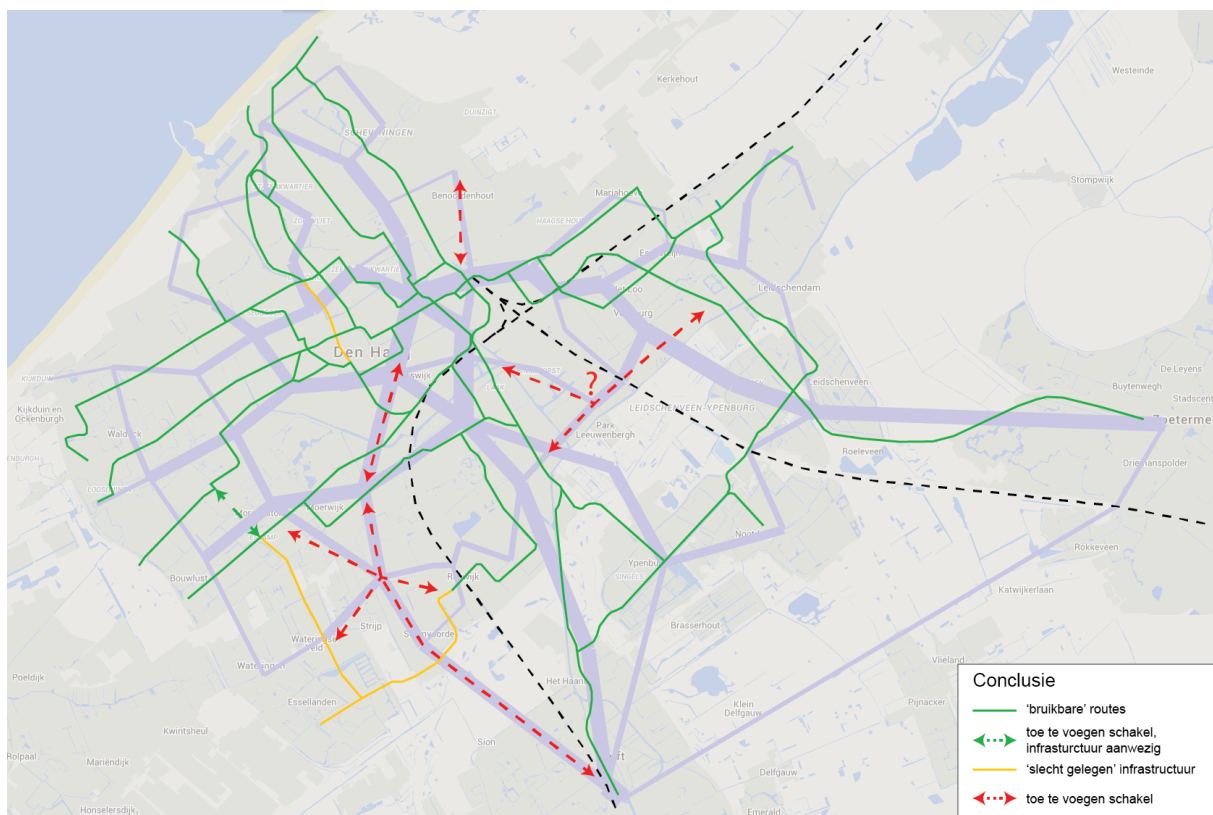
Figuur 4 Aantal reizigers per link in drukste richting, drukste uur dal, uitgedrukt in benodigde frequentie.

De overige periodes tonen vergelijkbare resultaten. In de ochtendspits is het op de meeste relaties een stuk drukker, alleen op de links richting de kustlijn kan volstaan worden met een lagere frequentie doordat er op dat moment nog minder sociaal-recreatieve reizen zijn. De middagspits is minder druk dan de ochtendspits en op sommige relaties vergelijkbaar met de dal-periode. De reden hiervoor is dat de middagspits meer verspreid is. Veel studenten reizen zo bijvoorbeeld al voor de middagspits terug. Hierdoor zijn ook de relaties met de onderwijsgebieden minder druk: vanuit Delft (TUDelft) en vanuit Den Haag HS (o.a. Haagse Hogeschool). In de avond zijn er niet meer heel veel reizigers op het netwerk. Alleen rondom het centrum (met uitlopers richting Scheveningen en zuidwest Den Haag) en op de assen naar Delft en Zoetermeer kan met een hoge frequentie gereden worden (van meer dan 6x/uur), maar op veel andere verbindingen is een frequentie van 4x/uur al aan de hoge kant. Na 22:00 zou de frequentie in theorie nog een keer gehalveerd kunnen worden. In de praktijk vervult de tram echter een maatschappelijke functie en het is belangrijk dat er ook in de avonduren nog een frequente verbinding aangeboden wordt.

Er is een vergelijking gemaakt tussen het herontwerp en het bestaande tramnetwerk van Den Haag (Figuur 5). Merk op dat het herontwerp en het huidige tramnetwerk niet één op één vergeleken kunnen worden. De reden hiervoor is dat het herontwerp puur uit wijk-op-

wijk relaties bestaat tussen de zwaartepunten van twee wijken. In de praktijk kan het zijn dat twee of meer parallelle lijnen met lagere frequenties beter voldoen aan de vraag. Bovendien volgen de tramlijnen meestal niet de kortste route tussen twee wijken, maar volgen eerder bestaande infrastructuur (wegen).

Ondanks dat komen de twee netwerken goed met elkaar overeen. De uitlopers die te zien zijn in het huidige netwerk zijn ook zichtbaar in het herontwerp en ook de frequenties van het huidige netwerk komen in grote lijnen overeen met de frequenties die gevraagd worden volgens het herontwerp. Er zijn echter een aantal plekken waar het herontwerp en het huidige netwerk afwijken van elkaar. Deze verschillen worden hieronder kort besproken en er worden voorstellen gedaan voor het verbeteren van het huidige tramnetwerk op deze punten.



Figuur 5 Vergelijking tussen herontwerp en bestaande infrastructuur

Uit de analyse volgt dat er naast de tramlijnen richting de kust, nog voldoende vraag is naar een nieuwe tramlijn naar de wijk Benoordenhout (ten noorden van het Centraal Station). Een voorstel is om een van de huidige tramlijnen met een eindpunt in het centrum van Den Haag door te trekken naar Benoordenhout. Een tramlijn naar Benoordenhout blijkt echter al eerder onderzocht te zijn en werd niet haalbaar bevonden. Een alternatief zou zijn om een (besloten) vervoerssysteem op te zetten dat in ieder geval het Bronovo ziekenhuis in deze wijk met de andere twee locaties van het MCH ziekenhuis in Den Haag verbindt.

In het zuiden van Den Haag en in Wateringen wijken de huidige tramlijnen behoorlijk af van de kortste routes zoals die volgen uit het herontwerp. Er is ruimte om zowel de relatie

tussen zuid Den Haag en het westen van Den Haag te verbeteren, maar ook om de relatie richting het centrum te verbeteren. Een voorstel is om de tramlijnen 'strak' te trekken, dat wil zeggen dat de huidige tramlijnen nieuwe directe routes naar het zuiden van Den Haag zouden krijgen. Dit voorstel lijkt echter niet haalbaar omdat de kosten voor het 'verplaatsen' van traminfrastructuur hoog zijn ten opzichte van de behaalbare winst in reistijd. Een ander voorstel is om lijn 6 die op dit moment eindigt bij OV-knooppunt Leyenburg in zuidwest Den Haag door te trekken en een deel van het traject van lijn 16 door Wateringse Veld over te laten nemen.

Er lijkt ook potentie te zitten in een tweede tramlijn tussen (zuidwest) Den Haag en Delft, ook als eventuele verkorting van de verbinding zuidwest Den Haag – Rotterdam. Een voorstel zou zijn om een van de tramlijnen met een eindpunt in het zuiden van Den Haag door te trekken via ontwikkelingslocaties in Rijswijk of Den Hoorn. Dit voorstel is wel erg afhankelijk van toekomstige ontwikkelingen in deze gebieden.

Ten slotte lijkt er vraag te zijn naar een betere bediening van Binckhorst en het station in Voorburg. Een nieuwe tramverbinding naar Binckhorst is al vaker onderzocht, maar is ook sterk afhankelijk van toekomstige ontwikkelingen in dit gebied en wordt op dit moment nog niet haalbaar bevonden.

4. Conclusie

In dit onderzoek is het OV netwerk van Den Haag opnieuw ontworpen op basis van o.a. demografische gegevens. Dit nieuwe netwerk hebben we vergeleken met het huidige om verbetermogelijkheden op te sporen. Het huidige OV-netwerk van Den Haag lijkt goed te voldoen aan de vraag. Het netwerk bestaat uit een aantal radiale lijnen die de rasterstructuur van de stad volgen. Deze lijnen verbinden de meeste wijken van Den Haag met het centrum en met een van of meerdere van de intercitystations, het busnet vormt hierop een aanvulling en bedient vooral plekken waar de tram niet komt. De volgende relaties zouden verbeterd kunnen worden (Figuur 5):

- Centraal Station – Benoordenhout
- Morgenstond, Bouwlust en Vrederust en Wateringse Veld met Centrum enerzijds als met andere wijken in stadsdeel Escamp (o.a. Leyenburg) anderzijds.
- Zuidwest Den Haag – Delft (via Den Hoorn of Rijswijk Buiten)
- Zuidwest Den Haag/Centrum – Binckhorst (– Voorburg) – Zoetermeer

Verder valt het op dat de trajectdelen die op dit moment niet geschikt zijn voor de nieuwe Avenio-trams (te breed), wel van belang zijn in het OV-netwerk van Den Haag.

Er zijn een aantal voorstellen gedaan om invulling te geven aan de potentiële nieuwe verbindingen. Het meest kansrijke idee lijkt het doortrekken van lijn 6 vanuit Leyenburg naar Wateringse Veld in combinatie met het inkorten van lijn 16 tot Moerwijk (en eventueel het verleggen van lijn 17 naar Sir Winston Churchilllaan – Oosteinde). Een verbinding door de Binckhorst en een nieuwe verbinding naar Delft zijn erg afhankelijk van toekomstige ontwikkelingen en reizigersprognoses, mogelijk kan er met een frequente buslijn een verbinding opgezet worden die dan later 'vertramd' zal worden. Een betere verbinding naar Benoordenhout is al vaker voorgesteld, een nieuwe tramlijn lijkt hiervoor niet de beste oplossing. Er is mogelijk wel potentie in het opstellen van een (besloten) vervoerssysteem

tussen het Bronovo ziekenhuis en de twee andere locaties van het MCH, maar dit dient verder onderzocht te worden.

4.1 Aanbevelingen

De uitkomsten van dit onderzoek kunnen de aanleiding vormen voor vervolgonderzoek naar de haalbaarheid van de genoemde ideeën voor verbeteringen aan het tramnetwerk van Den Haag. Bij vervolgonderzoek valt te denken aan het modelleren van de genoemde ideeën of het uitvoeren van een uitgebreide kostenbatenanalyse.

Verder kan dit onderzoek ook gebruikt worden als aanleiding voor het herontwerpen/verbeteren van andere stedelijke netwerken vanuit demografische gegevens. Vanuit het oogpunt van een beperkte tijdsomvang van het onderzoek zijn er in dit onderzoek een aantal keuzes gemaakt om het onderzoek te versimpelen. Bij vervolgonderzoek of bij het ontwerpen van OV-netwerken voor andere gebieden dient hiermee rekening gehouden te worden. Alhoewel de ruggengraat van de methodiek in grote lijnen hetzelfde zal blijven, zijn er een aantal opties om de methodiek uit te breiden.

Een van de opties is om vanuit een top-down perspectief te ontwerpen en eerst een groter regionaal netwerk te ontwerpen om vervolgens over te gaan op een grof stedelijk netwerk (tram, lightrail of BRT), gevolgd door een fijnmaziger stedelijk netwerk (bus). Hierdoor kan het effect van de spoorlijnen beter in beschouwing genomen worden. De grootte van de zones en het schaalniveau van de demografische analyses dienen dan aangepast te worden, afhankelijk van de orde van het te ontwerpen netwerk. Er dient wel bedacht te worden dat vooral voor de attractie-zijde van de reis op lagere schaalniveaus minder tot geen gegevens beschikbaar zijn.

Voor elk van de vier stappen in de methodiek kunnen andere modellen of technieken gebruikt worden om de stappen uit te voeren. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een alternatief voor het zwaartekrachtsmodel zoals een groeimodel of een 'cross-classification' model (Ortúzar & Willumsen, 2011). Ook zouden er terugkoppelingen in de methodiek toegevoegd kunnen worden: bijvoorbeeld het opnieuw verdelen van de reizigers over het netwerk als de frequenties en eventueel de reistijden bekend zijn, of zelfs het produceren van nieuwe HB-matrices met een zwaartekrachtsmodel gebaseerd op reistijd in plaats van hemelsbrede afstand.

Verder zou er nog een vijfde stap aan de methodiek toegevoegd kunnen worden om het herontwerp om te zetten in een daadwerkelijk netwerk. Er zou dan een koppeling gemaakt moeten worden tussen de wijk-wijk relaties en potentiële geschikte routes voor de tram. Een mogelijkheid om wijk-wijk relaties om te zetten in één of meerdere parallelle lijnen is door een optimale gewogen reistijd te bepalen voor de reiziger: bestaande uit reistijd, wachttijd en looptijd. Deze kunnen worden bepaald door middel van halteafstanden, lijnafstanden en frequenties per lijn die gevarieerd kunnen worden onder de voorwaarde dat de totale frequentie gelijk is aan de geëiste frequentie op die wijk-wijk relatie.

Referenties

Bussink, B., & Nijënstein, S. (2015). *Analyse gecombineerde reizen HTM-NS - Huidige Situatie*.

CBS. (2013). *Regionale kerncijfers Nederland*. Opgehaald van <http://statline.cbs.nl>

CBS. (2015). *Kerncijfers wijken en buurten*. Opgehaald van <http://statline.cbs.nl/statweb/>

DUO. (2014). *Deelnemers per instelling, bestuur, plaats, gemeente, provincie, type mbo 2011-2015*. Opgehaald van Open Onderwijsdata DUO: https://duo.nl/open_onderwijsdata/

Gemeente Den Haag. (2015, november). *Monitor Toerisme 2010-2014*. Opgehaald van http://denhaagfm.nl/wp-content/uploads/2015/12/Monitor_Toerisme_2010-2014.pdf

I&O Research. (2011). *Factsheets Koopstromenonderzoek*. Opgehaald van Koopstromenonderzoek Randstad: <http://koopstromen.nl/KSO-2011-Randstad/Factsheets>

Immers, L., & Egeter, B. (1996). *Visie regionaal openbaar vervoer*.

Ortúzar, J. d., & Willumsen, L. G. (2011). *Modelling Transport* (4e ed.). Chichester, West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd.