

Optimalisatie stedelijk netwerk Amsterdam, interoperabiliteit Metro/Trein

Barth Donners

Royal HaskoningDHV ¹

Merlijn van Beurden

Sweco ²

Nicoline Dammers

TU Delft ³

Themanummer CVS 2018

Uitgebreide samenvatting op basis van een CVS-artikel. Het volledige artikel staat op:

<http://www.cvs-congres.nl>

¹ Royal HaskoningDHV , E: barth.donners@rhdhv.com

² Sweco, E: merlijn.vanbeurden@sweco.nl

³ Technische Universiteit Delft E: nicolinedammers@gmail.com

1. Inleiding

De mobiliteit in grote steden staat onder druk als gevolg van verdere verstedelijking en de verwachte economische groei. Dit resulteert in meer druk op OV-lijnen en stations en in een grotere behoefte aan investeringen om de capaciteit te vergroten. Het Nederlandse spoornetwerk raakt vol (ProRail, 2018) en de grenzen van het spoorsysteem worden bereikt. Toekomstige ontwikkelingen sturen op een herstructurering van de verschillende bedieningsniveaus in de netwerken. Toekomstbeeld OV 2040 definieert een vijftal netwerk niveaus, (Moreelse Tafel, 2016), om het beste bij de bruikbaarheid en de wensen van de reiziger aan te sluiten. De inpasbaarheid van verschillende stoppatronen die horen bij netwerk-niveaus op het dichte en drukke Nederlandse spoornetwerk is lastig, (Donners & Leyds, 2017).

In opeenvolgende onderzoeken is gekeken naar de optimalisatie van het stedelijke spoornetwerk rondom Amsterdam. Allereerst is gekeken naar een algemeen raamwerk om stoppatronen en frequenties te optimaliseren met in acht name van verschillende servicetypes en beperkte infrastructuur capaciteit, (Van Beurden, 2017). Voor een realistisch beeld is infrastructuur capaciteit toegevoegd, (Houtsma, 2018). Op basis van deze inzichten lijkt interoperabiliteit een zeer waardevolle oplossing om de infrastructuur rondom Amsterdam beter te benutten. Als laatste is gekeken wat de invloed is van interoperabiliteit (metro's rijdend op het hoofdrailnet) van het netwerk (Dammers, 2018), waarbij ook nadrukkelijk is gekeken naar de technische uitwerking van interoperabiliteit tussen het Amsterdamse metrosysteem en de Nederlandse hoofdrailnet (HRN). Voor dit artikel ligt de focus op de optimalisatie vanuit reizigersperspectief.

2. Methode

De optimalisatie van stoppatronen en frequenties in een openbaarvervoernetwerk is onderdeel van het Transit Network Design Problem (TNDP). Binnen het TNDP is het uitgangspunt dat reizigers op een zo efficiënt mogelijke wijze van herkomst naar bestemming dienen te komen met behulp van OV-lijnen. Ten opzichte van het traditionele Transport Network Design is het TNDP complexer omdat niet alleen naar het aanbod van een link wordt gekeken, maar ook naar de groepering van verschillende routes op een link. Met een model is met een vereenvoudigde versie van de situatie (zowel fictief als bestaand) de impact van de oplossingen te beoordelen. Dit model is SPAFOM genoemd (Van Beurden, 2017), Stopping Pattern and Frequency optimization Model.

SPAFOM verbeterd vanuit een initiële set aan dienstregelingen (frequenties en stop-patronen), op basis van de maatschappelijke kosten en ontwikkeling door een genetisch algoritme. De kosten bestaan uit passagierskosten (looptijd, wachttijd, reistijd, overstappen en niet bediende vraag) en exploitatiekosten en worden bepaald door toedeling van de passagiers over het netwerk. Een set met 32 oplossingen vormt een generatie en wordt met elkaar vergeleken. Oplossingen met de laagste score worden behouden en nieuwe oplossingen worden gegeneerd. Deze oplossingen worden gecontroleerd en gerepareerd zodat stoppatronen en frequenties in beide richtingen hetzelfde zijn. Vervolgens wordt elke oplossing gecontroleerd of deze binnen de infrastructuurcapaciteit van het netwerk past. Dit proces herhaalt zich voor iedere generatie. Een genetisch algoritme is een heuristiek en komt niet tot volledige optimalisatie.

De case -study voor Amsterdam laat na 669 generaties een optimalisatie op frequenties, tot in het extreme opgevoerd om de wachttijd, etc te minimaliseren, met korte lijnvoeringen zien.

Bij de eerste implementatie van SPAFOM is de voertuigbelasting meegenomen als een discontinue functie voor de in-voertuigtijd, gebaseerd op beschikbare literatuur, (Cats, West, & Eliasson, 2016). Bij een voertuigbelasting van 2x de capaciteit wordt de in-voertuigtijd maximaal verdubbeld. In

combinatie met de stochastische toedeling is er onvoldoende terugkoppeling tussen netwerkbelasting en toedeling in de optimalisatie. In een verbeterslag is SPAFOM is uitgebreid om drukte zonder maximum kosten mee te nemen. Daarnaast is bij de toepassing op Amsterdam wel de een capaciteitsrestrictie voor infrastructuur ingebouwd, (Houtsma, 2018). Het raamwerk van SPAFOM maakt een restrictie voor iedere link en station (node) mogelijk. Het netwerk kenmerkt zich door een aantal belangrijke, maatgevende bottlenecks of representatieve verbindingen. Voordeel is dat de check op capaciteit aanzienlijk minder rekenkracht vergt, een van de zorgpunten in de eerste toepassing om te kiezen voor een onbeperkte toedeling.

SPAFOM is ontwikkeld vanuit dienstregelingen, verschillende stoppatronen van netwerkniveaus en frequenties. De vraag is hoe interoperabiliteit de prestaties van het railnetwerk beïnvloed (Dammers, 2018). Voor de bepaling van de bijdrage van interoperabiliteit aan een verbeterde prestatie van het stedelijke spoorwegsysteem van Amsterdam, is een reeks scenario's bekeken.

Scenario 1: 2019 geplande dienstregeling. Dit scenario is als benchmark gebruikt en toets van het huidige netwerk met de toekomstige prognose. Het gaat om de infrastructuur/dienstregeling van 2019 en vervoersprognose voor 2040. De prestatie is als basisjaar gebruikt in de vergelijking.

Scenario 2: 2040 geplande dienstregeling. Dit scenario bekijkt of de plannen van de gemeente Amsterdam (ontvlechting) voor 2040 de vervoersvraag voor 2040 aankunnen. Dit experiment toont de invloed van de huidige plannen op de prestaties van het stedelijke spoorwegnet in 2040.

Scenario 3: 2040+ geplande dienstregeling. Ten opzichte van scen. 2 is hierin tussen station Zuid en Hoofddorp interoperabiliteit mogelijk.

Scenario 4: 2040 optimalisatie. Ten opzichte van scen. 2, is hier het netwerk geoptimaliseerd door middel van SPAFOM.

Scenario 5: 2040+ optimalisatie. Het laatste scenario optimaliseert de frequentie en stoppatronen voor de interoperabele situatie (2040+). Dit scenario zal laten zien of een meer optimaal netwerk mogelijk is voor een toekomst met interoperabiliteit.

3. Resultaten

Voor het bepalen van de invloed van interoperabiliteit zijn enkele Kritische Prestatie Indicatoren (KPI's) gebruikt onderverdeeld in 3 categorieën: Toegankelijkheid (met aangeboden trein km., stations gebruik en onbediende vraag), Passagierstevredenheid (met loopafstand, invoertuigtijd, wachttijd en overstaptijd) en Kosten (vervoederskosten). Ieder scenario is geïndexeerd aan het 2019 basisscenario en gerelateerd aan verbetering of verslechtering van het systeem. Een deel van de KPI's is door SPAFOM bepaald een deel volgt uit het netwerk.

De KPI stationsgebruik gaat in op het aantal reizigers en transferpassagiers op een aantal kritische stations in het Amsterdamse netwerk. De Nationale Markt- en Capaciteitsanalyse (NMCA) benoemt Amsterdam Amstel, Sloterdijk, Zuid en Schiphol als stations met één of meer ernstige transferknelpunten in 2030 (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2017). Interoperabiliteit maar zeker de combinatie van interoperabiliteit en optimalisatie (scenario 5) laat spectaculaire verbeteringen zien voor de druk op de stations, (tabel 1). Alleen het aantal overstappers op Sloterdijk neemt toe ten opzichte van 2019, maar aanzienlijk minder dan met een ontvlecht metronetwerk als in de huidige plannen.

Interoperabiliteit laat een kleine verbetering zien in de passagierstevredenheid en de exploitatiekosten. De grootste verbetering op deze twee KPI's komt van de optimalisatie door

SPAFOM, waarbij dat met name maatschappelijke kosten als looptijd en wachttijd worden geminimaliseerd, echter niet meer zo excessief in de initiële toepassing. De resultaten zijn wel indicatief voor het spanningsveld tussen de maatschappelijke kosten bij reizigers en de directe kosten van investeringen en exploitatie.

De invloed van interoperabiliteit op de prestatie van het Amsterdamse railnetwerk is significant. In de vergelijking kunnen de eerste 3 scenario's met elkaar worden vergeleken, waarin het netwerk is ontworpen op basis van inzicht, en de laatste 3 scenario's met een geoptimaliseerd netwerk. Interoperabiliteit zorgt in beide netwerken voor een verbetering van de prestatie op nagenoeg alle indicatoren. De meerkosten van de operatie zijn minimaal en deel van de vraag verplaatst naar het onderliggende netwerk. Het netwerk richt zich rondom Amsterdam op metropole connectiviteit.

Tabel 1:

KPI Stations gebruik					
Scenario	1 (2019)	2 (2040)	3 (2040+)	4 (2040 O)	5 (2040+O)
In- en uitstappers					
Amsterdam Amstel	100	105,95	109,2	150,95	128,92
Amsterdam Zuid	100	95,88	130,26	100,11	132,11
Schiphol Airport	100	99,93	100,35	103,01	104,8
Amsterdam Sloterdijk	100	108,18	105,06	108,17	106,01
Overstappers					
Amsterdam Amstel	100	134	135,17	200	189,24
Amsterdam Zuid	100	106,27	121,09	123,77	126,3
Schiphol Airport	100	101,68	48,71	24,53	145,9
Amsterdam Sloterdijk	100	88,86	94,56	22,44	48,1
Prestatie					
Stationsgebruik	100	105,09	105,55	104,12	122,67

Prestatie stations gebruik, uitgesplitst per station met een transferknelpunt in de NMCA, (Dammers 2018). Scenario 1: 2019 geplande dienstregeling. Scenario 2: 2040 geplande dienstregeling. Scenario 3: 2040+ geplande dienstregeling en interoperabiliteit. Scenario 4: 2040 optimalisatie door SPAFOM. Scenario 5: 2040+ interoperabiliteit en optimalisatie door SPAFOM. Kleuren geven de relatieve score weer

Tabel 2:

Prestatie score alle KPI's					
Scenario	1 (2019)	2 (2040)	3 (2040+)	4 (2040 O)	5 (2040+ O)
Aangeboden treinkm	100	99,39	100,76	114,33	106,7
Onbediende vraag	100	99,76	99,92	98,8	95,68
Stationsgebruik	100	105,09	105,55	104,12	122,67
Loopafstand	100	99,55	100,14	103,49	103,76
Invoertuigtijd	100	99,12	100,04	117,26	116,39
Wachttijd	100	101,54	103,08	128,18	125,06
Overstappen	100	99,52	98,47	94,91	103,29
Kosten	100	102,15	100,41	89,48	98,43

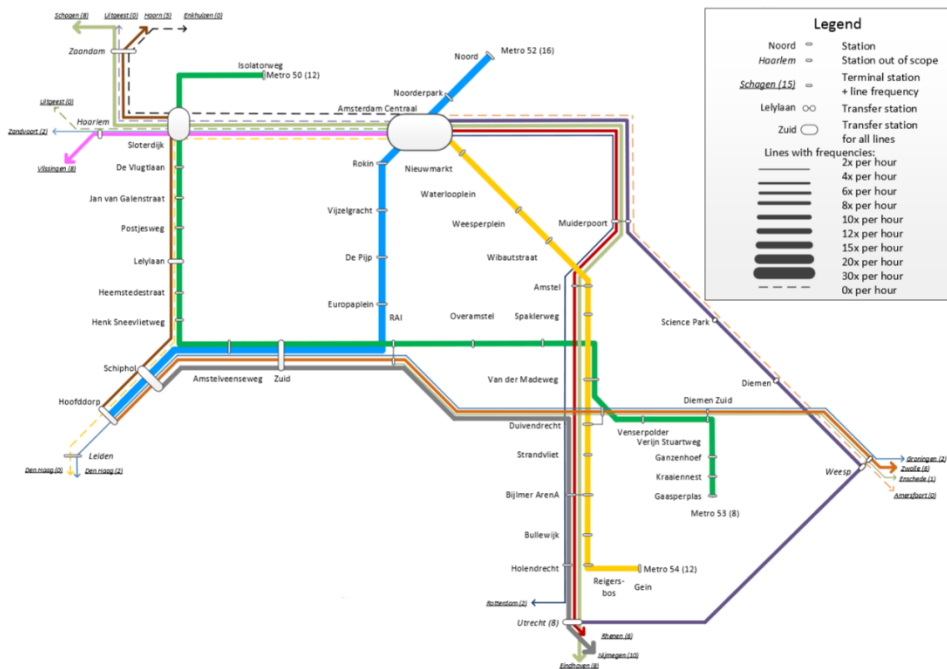
Prestatie score van alle KPI's, (Dammers, 2018). Scenario 1: 2019 geplande dienstregeling. Scenario 2: 2040 geplande dienstregeling. Scenario 3: 2040+ geplande dienstregeling en interoperabiliteit. Scenario 4: 2040 optimalisatie door SPAFOM. Scenario 5: 2040+ interoperabiliteit en optimalisatie door SPAFOM. Kleuren geven de relatieve score weer

4. Handelingsperspectief

Een interoperabel netwerk, integratie van spoor- en metronetwerk is een kwestie van keuzes in techniek, beleid en regelgeving. Optimalisatie door SPAFOM van het netwerk rondom Amsterdam vraagt om prioritering van metropolitane connectiviteit boven de nationale verbindingen door de stad. De technische uitwerking van interoperabiliteit door Dammers (2016), laat zien dat realisatie van interoperabiliteit een fractie (€56-€65 miljoen) kost van reguliere verlengingen van de Noord/Zuidlijn naar Schiphol (varianten 1B & 1C uit de aanvullende verkenning uitbreiding metronet Amsterdam), €2,1-3,4 miljard. Als randvoorwaarde dient interoperabiliteit ook juridisch mogelijk te zijn. Veiligheid kan technisch worden gegarandeerd, maar dient ook te worden

geaccepteerd door de stakeholders. Dit vraagt om een nieuw uitgangspunt voor netwerkontwikkeling, integratie van spoor- en metronetwerk.

OV moet de reiziger dienen, Amsterdam Centraal is geen bestemmingslocatie, en dient daarom ook minder zwaar te worden bediend dan locaties langs de Oostlijn, Noord/Zuidlijn of rondom station Zuid. Eenzelfde aanpak zou mogelijk ook een oplossing kunnen zijn voor Schiphol, afvangen van deel van de vervoervraag zonder een compromis te sluiten op de economische meerwaarde van de hub. De keuze voor interoperabiliteit betekent wel iets voor de inrichting van de infrastructuur rondom Schiphol. Het is een lang gekoesterde wens om hier een additionele verbinding te realiseren via een ander tracé om bij grote verstoringen een alternatief te bieden, interoperabiliteit gebruikt dezelfde fysieke infra maar is wel een terugvaloptie.



Figuur 1: Optimalisatie Amsterdamse netwerk scenario 5 2040++, (Dammers, 2018).

Referenties

- Cats, O., West, J., & Eliasson, J. (2016). A dynamic stochastic model for evaluating congestion and crowding effects in transit systems. *Transportation Research Part B: Methodological*, (89), 43–57. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2016.04.001>
- Dammers, N. (2018). *Interoperability in Rail Systems, The Influence of Interoperability on the Performance of an Urban Rail System*. TU Delft.
- Donners, B., & Leyds, W. (2017). *InterRegio terug op de rails, een corridor microsimulatie voor Toekomstbeeld OV*. In *Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk*. Gent: CVS. Retrieved from https://www.cvs-congres.nl/e2/site/cvs/custom/site/upload/file/cvs2017/sessie_b/b1/id_093_barth_donners_interregio_terug_op_de_rails.pdf
- Houtsma, Y. (2018). *Line planning optimisation for the rail bound network of Amsterdam*. TU delft.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2017). *Nationale Markt- Markt en Capaciteitsanalyse 2017 (NMCA) Hoofdrapport*. Den Haag. Retrieved from <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2017/05/01/nationale-markt-en-capaciteitsanalyse-2017-nmca>
- Moreelse Tafel. (2016). *Toekomstbeelden spoor 2050 door Moreelse Tafel*. In B. Govers, C. de Jongh, M. Schaafsma, & P. van Wijnen (Eds.), *Reader Congres Toekomstbeelden* (pp. 1-77). Utrecht: Railforum. Retrieved from <https://www.ovmagazine.nl/wp-content/uploads/2016/01/Toekomstbeelden-Moreelse-Tafel.pdf>
- ProRail. (2018). *Recordaantal treinkilometers in nieuwe dienstregeling 2019*. Retrieved September 11, 2018, from <https://www.prorail.nl/nieuws/recordaantal-treinkilometers-in-nieuwe-dienstregeling-2019>
- Van Beurden, M. (2017). *Stopping pattern and frequency optimization for multiple public transport services*. TU Delft.