

Een studie naar een vraagafhankelijke dienstregeling voor NS

Menno de Bruyn – NS – menno.debruyn@ns.nl

Daan Mestrum – NS – daan.mestrum@ns.nl

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 25 en 26 november 2021, Utrecht

Samenvatting

Sinds 1970 rijdt NS een dienstregeling met vaste patronen, die zich elke dag in grote lijnen weer herhalen. Het invoeren van meer hoogfrequente trajecten en de permanente beschikbaarheid van reisinformatiemiddelen verkleint de noodzaak om elk uur van het jaar dezelfde dienstregeling uit te voeren. Er zijn namelijk grote verschillen in de vraag, met name veroorzaakt door een andere samenstelling van het vervoer. Deze paper is een eerste aanzet tot het maken van een vraagafhankelijke dienstregeling.

Als eerste stap zijn de vraagpatronen geanalyseerd, voor een verwachte vraag van 2024 inclusief verwachte effecten van corona. Zo zijn per periode van de dag en dag van de week aparte vraagpatronen gemaakt. Daarnaast is de zomerperiode apart onderscheiden. Deze vraagpatronen zijn vervolgens steeds met elkaar vergeleken langs twee assen: het volume van de vraag per stationspaar, en de structuur van de vraagpatronen (het aandeel van het stationspaar in het totale volume). Als volume en structuur gelijk zijn voor twee periodes, dan volstaat een zelfde dienstregeling. Bij een verschillend volume maar gelijke structuur kan vooral de frequentie of materieellengte worden aangepast. Als twee periodes een andere structuur van de vraag kennen is een afwijkende dienstregeling waarschijnlijk een goed idee. Deze analyse leidt tot acht verschillende periodes. Binnen deze periodes is de vraag redelijk gelijk, terwijl die tussen de periodes flink verschilt.

NS heeft een model ontwikkeld om gegeven een vervoersvraag en netwerk lijnvoeringen te bedenken met een genetisch algoritme. Met dit Lijnvoeringsmodel zijn voor deze acht periodes verschillende lijnvoeringen gemaakt en beoordeeld. Deze lijnvoeringen verschillen behoorlijk van elkaar. In sommige periodes is de vraag flink lager en kan op delen van het net worden volstaan met lagere frequenties. Maar de optimalisaties leiden soms ook tot juist hogere frequenties of een nog sterker afwijkende lijnenstructuur. Een voorbeeld is dat in het weekend of in de zomer meer treinen naar Amsterdam Centraal rijden en juist minder naar Amsterdam Zuid. Met deze optimalisaties per periode wordt een aantrekkelijke dienstregeling met een hoger rendement mogelijk door een betere afstemming van het product op de vraag. NS gaat deze ideeën samen met de TU Delft komende jaren verder uitwerken.

1. Aanleiding

In de magistrale film *Groundhog Day* wordt weerman Phil, gespeeld door Bill Murray, elke ochtend wakker met "I got you babe" van Sonny & Cher om vervolgens steeds dezelfde dag, de feestdag van de bosmarmot in Punxsatawney, te herbeleven. Zo moeten onze reizigers zich ook soms voelen als ze op het station aankomen: steeds – op een enkele uitzondering na - dezelfde dienstregeling: ieder uur van de dag, iedere dag van de week en iedere maand van het jaar. Terwijl de vraag behoorlijk fluctueert per uur, per dag en per maand, verandert het vervoersaanbod van NS nauwelijks mee (Bruijn et al., 2019). Deze zogenaamde gecadanceerde dienstregeling was één van de belangrijke onderdelen van Spoorslag '70 (NS, 1969), het plan waar NS in 1970 de concurrentie met de auto aanging en probeerde te compenseren voor wegval van het goederenvervoer na sluiting van de kolenmijnen. In die dagen was zo'n dienstregeling handig, dan wist een reiziger precies dat de trein naar zijn of haar vaste bestemming altijd om kwart over ging, zonder daarvoor een spoorboekje te hoeven raadplegen. Nu frequenties steeds hoger worden kan men vaak 'spoorboekloos' naar het station: de eerstvolgende trein laat nooit lang op zich wachten. Met ingang van dienstregeling 2022 wordt het aantal hoogfrequente trajecten weer met drie uitgebreid: Rotterdam-Schiphol, Schiphol-Arnhem en Rotterdam-Dordrecht. Bovendien heeft vrijwel elke reiziger de beschikking over een spoorboekje in zakformaat, dat altijd mee op reis gaat: de NS-reisplanner app op de telefoon. De noodzaak voor vaste vertrektijden neemt dus af. Genoeg redenen dus voor NS om te onderzoeken of de dienstregeling beter kan worden afgestemd op specifieke vraagpatronen gedurende de dag, week of het jaar. Bijgaande paper is een eerste aanzet hiertoe en 'work in progress'.

2. Reispatronen

De eerste stap naar een vraagafhankelijke dienstregeling bestaat uit het analyseren van de reispatronen. Omdat het invoeren van een dergelijke dienstregeling niet van de een op andere dag is gerealiseerd gaan we hierbij uit van de verwachte reispatronen voor 2024.

2.1 Reismotieven bepalend voor reispatronen

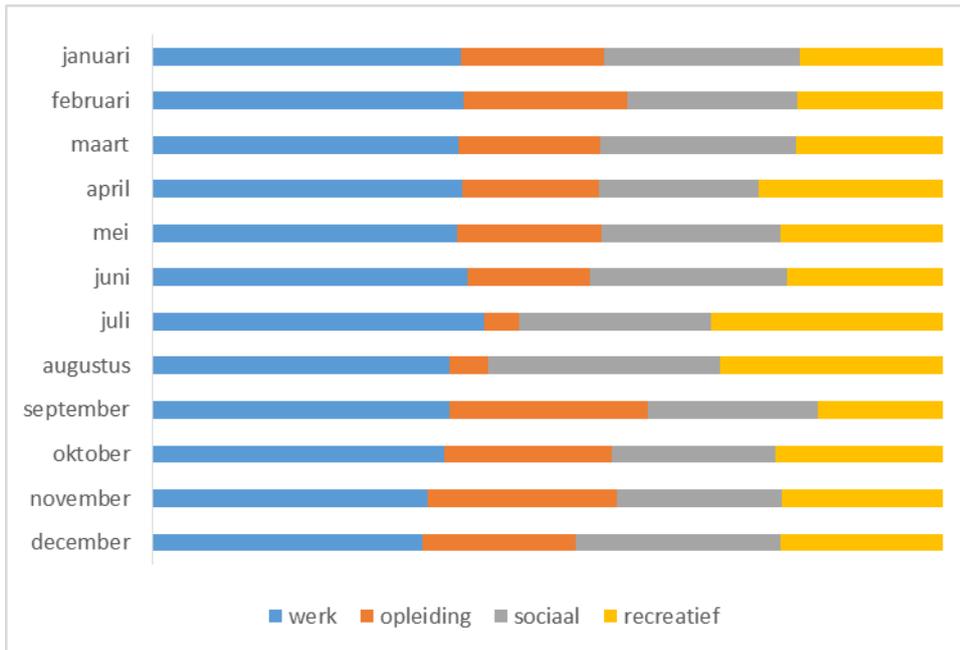
Treinreizen is zelden een doel op zich, maar vaak een middel om een elders gelegen doel te bereiken. Dit doel bepaalt het reismotief voor de treinreis. We onderscheiden grofweg vier reismotieven:

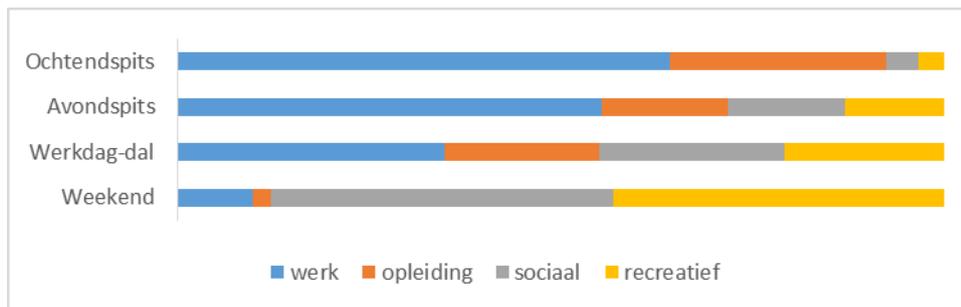
- Werk (reizen van/naar het werk en zakelijke afspraak)
- Opleiding (reizen van/naar een opleidingsinstituut)
- Sociaal (op bezoek, zorgtaken of hobby)
- Recreatief (uitstapje, winkelen, vakantie)

De verplaatsingskarakteristieken binnen een motief verschillen niet heel veel door de dag, week en jaar heen. Maar doordat voor de motieven niet altijd op hetzelfde moment wordt gereisd, ontstaan voor het totaal wel heel verschillende verplaatsingspatronen. Een aantal opvallende verschillen op basis van vervoercijfers van 2019:

- de zomermaanden juli en augustus hebben een laag aandeel woon-school en een hoog aandeel recreatief;

- maandag, dinsdag en donderdag hebben een hoog aandeel woon-werk;
- zaterdag en zondag hebben een hoog aandeel sociaal en recreatief en zeer weinig woon-werk en woon-school;
- vrijdag heeft een hoog aandeel sociaal en recreatief;
- de ochtendspits heeft een hoog aandeel woon-werk en woon-school; in de avondspits is het aandeel woon-school een stuk lager dan in de ochtendspits, maar is er meer sociaal en recreatief vervoer;
- het weekend en de werkdag-dal lijken niet heel veel op elkaar: het weekend heeft vrijwel alleen sociaal en recreatief vervoer, terwijl er op de werkdag-dal ook nog veel woon-werk en woon-school vervoer is.





Figuur 1, 2 en 3: motiefverdeling per maand, dag van de week, en periode van de dag (NS, 2019)

2.2 Impact van corona

Doordat het invoeren van een dergelijke vraagafhankelijke dienstregeling niet van de een op andere dag is geïmplementeerd, moeten we rekening houden met de verwachte vraag voor over een paar jaar. Dat betekent dat de verwachte impact van corona in de vervoersvolumes moet worden verwerkt. De coronapandemie heeft naar verwachting groot effect op het verplaatsingsgedrag van mensen. Sommige ontwikkelingen zullen de verschillen tussen de periodes groter maken, andere juist kleiner. Op basis van onderzoek door NS en TU Delft (Van Hagen et al, 2021) zien we de volgende trends voor treinreizen na corona:

1. Absoluut niveau: minder treinreizen door digitale substitutie (met name forenzen, maar ook in enige mate studenten) en reizen met een ander vervoermiddel
2. Binnen de dag op een ander tijdstip reizen: door thuiswerken vlakt de spitspiek wat af; daarnaast gaat een deel van de forenzen mogelijk buiten de spits reizen
3. Binnen de week grotere verschillen tussen de dagen: forenzen gaan mogelijk met name op woensdag en vrijdag thuis werken, waardoor deze toch al rustigere dagen nog rustiger worden
4. Toename van de gemiddelde verplaatsingsafstand: doordat er minder vaak wordt gereisd naar het werk kunnen forenzen banen verder van huis accepteren, of kan men verder van het werk gaan wonen

Deze trends zijn op basis van uitkomsten uit het onderzoek toegepast op de vervoersvolumes van 2019. Samen met prognoses op basis van autonome ontwikkelingen en dienstregelingsontwikkeling levert dit prognoses per tijdstip, dag en maand voor 2024.

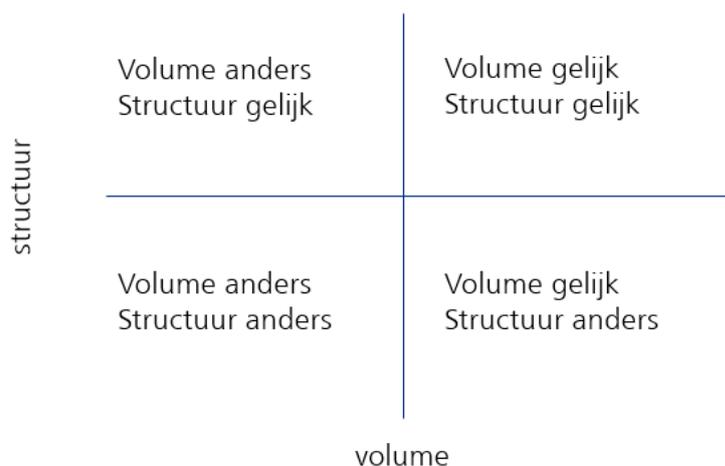
3. Vergelijking matrices

Voor het ontwerpen van een dienstregeling is het relevant om te weten hoeveel mensen er van waar naar waar reizen. Dit wordt weergegeven in een stationsrelatiematrix: een matrix van het vervoer tussen alle stationsparen die NS bedient, per tijdsperiode. Door het vergelijken van de matrices kunnen we zien welke periodes zo veel op elkaar lijken dat het logisch is om daar hetzelfde product te bieden, maar ook welke periodes heel veel van elkaar verschillen; mogelijk zoveel, dat het loont om daar een aangepaste dienstregeling voor te maken.

3.1 Methode van vergelijken

We vergelijken de matrices op twee manieren: op volume en op structuur. Bij een vergelijking op volume kijken we naar dat deel van het vervoer dat in beide matrices voorkomt (zie ook Bruijn, Guis & Hogenberg, 2018) gedeeld door het maximum van beide matrices. Bij de structuur vergelijking berekenen we eerst per stationspaar het aandeel in het totaal volume van de betreffende matrix, waarna we deze aandelen vergelijken met de aandelen van een andere matrix. Ook hier nemen we weer het minimum aandeel, waarna we al deze minimum aandelen optellen. Het maximum van de volume en structuur vergelijking is daarmee 100%, wat optreedt als per stationspaar alle volumes exact gelijk zijn.

De volume en structuur vergelijking worden in een beslisgrafiek gezet, zie figuur 4.



Figuur 4: methode van vergelijken stationsrelatiematrixes

De matrices van 2024 worden vervolgens steeds 1 op 1 met elkaar vergeleken. Als volume en structuur in hoge mate hetzelfde zijn, dan hoeft de dienstregeling in deze periodes niet te worden aangepast. Als zowel het volume van de matrix als de structuur sterk verschilt, dan is een aparte dienstregeling voor deze periodes een goed idee. Daarbij zal het aantal treinen dat nodig is waarschijnlijk verschillen.

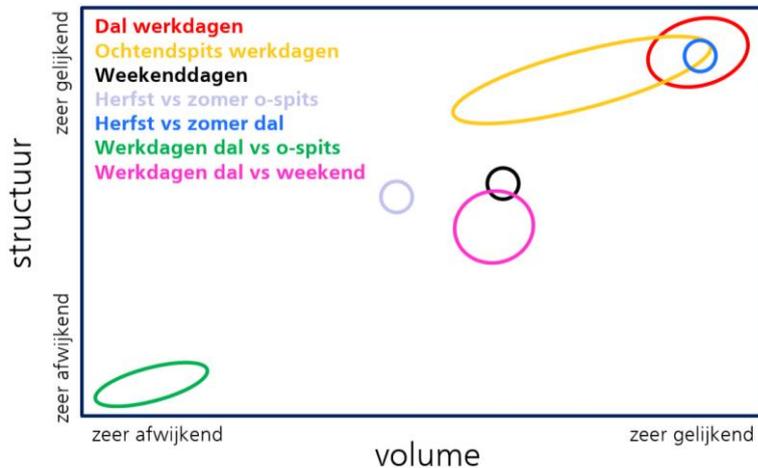
Als alleen het volume verschilt kan waarschijnlijk met dezelfde dienstregeling worden volstaan, maar kan deze met lagere frequenties en/of kortere treinen worden uitgevoerd. Als het volume ongeveer hetzelfde is maar de structuur verschilt dan is ongeveer eenzelfde hoeveelheid treinen nodig, maar is een andere dienstregeling ook een goed idee.

3.2 Resultaat: acht periodes

Er is een aantal vergelijkingen gemaakt:

- Binnen de werkdagen ochtendspits vs dal
- Tussen de werkdagen voor de ochtendspits
- Tussen de werkdagen voor het dal
- Tussen de werkdagen dal en de weekenddagen

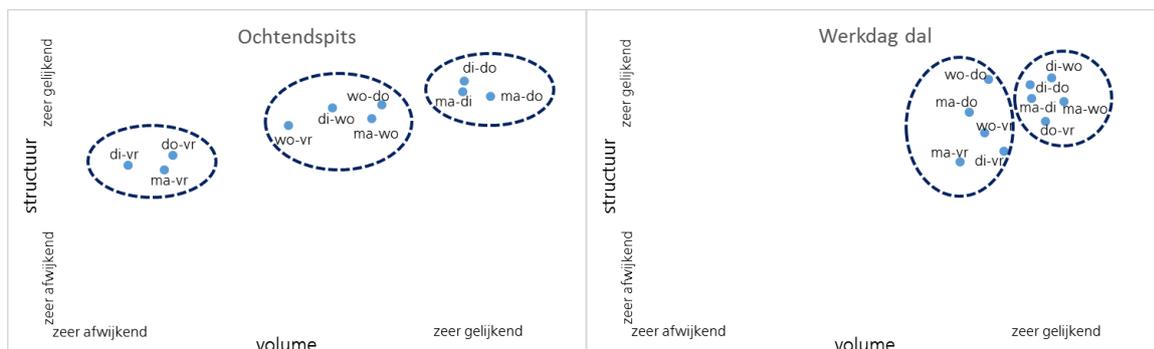
- Zaterdag vs zondag
- Zomer vs herfst voor dinsdag ochtendspits en dal



Figuur 5: vergelijking stationsrelatiematrixes resultaat per periode

Op werkdagen in ochtendspits en dal een andere dienstregeling rijden lijkt de meest kansrijke optie. Dit vereist echter wel het omgooien van het dienstregelingspatroon gedurende de dag wat leidt tot logistieke problemen. Mogelijk eenvoudiger te realiseren opties en ook kansrijk zijn het rijden van een andere dienstregeling in de zomer en op zowel de zaterdag als de zondag.

Maar ook binnen de dagen van de week zijn er flinke verschillen voor de ochtendspits. Niet eens zozeer qua structuur, maar met name qua volume, zie ook figuur linksonder. De woensdag en vrijdag ochtendspits wijken sterk af van de andere werkdagen en ook van elkaar. Maandag, dinsdag en donderdag lijken juist erg sterk op elkaar. Hier lijken dus drie periodes te onderscheiden: ma-di-do, wo en vr. Voor het dal zijn de verschillen wat kleiner. Bij meer inzoomen (figuur rechtsonder) zien we dat met name de donderdag en vrijdag afwijken van de andere dagen, maar niet heel erg van elkaar. De maandag, dinsdag en woensdag dal lijken wel sterk op elkaar, en verschillen juist van de donderdag en vrijdag. Hier lijken twee periodes te onderscheiden: ma-di-wo en do-vr.



Figuur 6 en 7: vergelijking stationsrelatiematrixes resultaat ochtendspits en werkdag dal

De weekenddagen verschillen onderling vrij sterk, maar verschillen ook flink van de werkdag-dal periode.

Op basis van deze vergelijkingen kunnen we 7 periodes onderscheiden waarin het volume en/of de structuur verschilt van de andere periodes:

1. Maandag, dinsdag en donderdag spits¹
2. Woensdag spits
3. Vrijdag spits
4. Maandag, dinsdag, woensdag dal
5. Donderdag, vrijdag dal
6. Zaterdag
7. Zondag

Voor de dinsdag spits en dal is daarna nog een vergelijking tussen zomer en niet-zomer gemaakt. Voor de dalperiode maakt dit weinig verschil, maar voor de spits blijkt dit wel een duidelijk verschil op te leveren, waardoor de eerste periode nog in een zomer en niet-zomer variant kan worden opgesplitst. Het zomer/niet-zomer onderscheid is niet voor andere dagen en periodes gedaan.

Dit levert uiteindelijk dus acht periodes op. Deze acht periodes zouden in aanmerking komen voor een verschillende dienstregeling. In de volgende paragraaf wordt onderzocht in hoeverre de verschillen in de vraag inderdaad een verschillende dienstregeling rechtvaardigen.

4. Maken van vraagafhankelijke dienstregelingen

4.1 Lijnvoeringsmodel

In 2011-2013 heeft NS een model ontwikkeld om een lijnvoering te kunnen optimaliseren (Guis et al, 2011; de Keizer et al, 2013). Een lijnvoering verschilt van een dienstregeling doordat deze minder ver is uitgewerkt; zaken als een exacte tijdligging, materieelsamenstelling of spooropstelling ontbreken.

Het model, rechttoe rechtaan 'Lijnvoeringsmodel' genaamd, gaat uit van een genetisch algoritme, gebaseerd op principes uit de evolutietheorie. Het model maakt generaties met verschillende sets van lijnvoeringen (bestaand uit een combinatie van lijnen met frequenties, routes en haltingen). Deze lijnvoeringen worden vervolgens gekruist en gemuteerd, waardoor een nieuwe generatie van lijnvoeringen ontstaat. Hoe beter een lijnvoering scoort in de evaluatie, hoe groter de kans dat deze overleeft en voortleeft in de volgende generatie. De evaluatiecriteria zijn door de gebruiker zelf in te stellen. In deze studie is gekozen voor een multi-criteria functie bestaande uit kosten, opbrengsten, gegeneraliseerde reistijd en drukke treinen. Kosten, reistijd en drukte moeten hierbij worden geminimaliseerd en opbrengsten gemaximaliseerd.

Het lijnvoeringsmodel kijkt niet naar de volledige maakbaarheid van de dienstregeling. Het is daarom niet zeker of elk stuk van de voorgestelde geoptimaliseerde lijnvoeringen ook in de praktijk kan worden gerealiseerd.

¹ Voor de spitsperiode is nu alleen de ochtendspits uitgewerkt

4.2 Aanpak

Met het Lijnvoeringsmodel zijn dienstregeling optimalisaties gedaan, van 1000 generaties per stuk. Het startpunt waarvan uit de dienstregeling is geoptimaliseerd is de beoogde dienstregeling van 2024, zoals die in de plannen zat in 2020. Deze bevat als uitbreidingen ten opzichte van vandaag de dag o.a. 10-minuten treinen tussen Rotterdam en Schiphol, Schiphol en Arnhem en Rotterdam en Dordrecht, doorrijden van HSL-treinen op het reguliere IC net naar het oosten en noorden en de Airport Sprinter tussen Schiphol en Amsterdam Centraal.

Als doelstellingsfunctie is een combinatie van rendement en groei ingesteld, met een straf op te drukke treinen. Dit laatste is nodig om ervoor te zorgen dat er niet te veel wordt gesneden in treindiensten met drukke treinen tot gevolg. Doordat groei afhankelijk is van de aantrekkelijkheid van de dienstregeling wordt ervoor gezorgd dat de oplossingen ook voor klanten nog aantrekkelijk zijn.

De dinsdag ochtendspits heeft de hoogste vervoersvolumes. De runs van de verschillende periodes zijn vervolgens vergeleken met de geoptimaliseerde dinsdag ochtendspits.

4.3 Resultaat

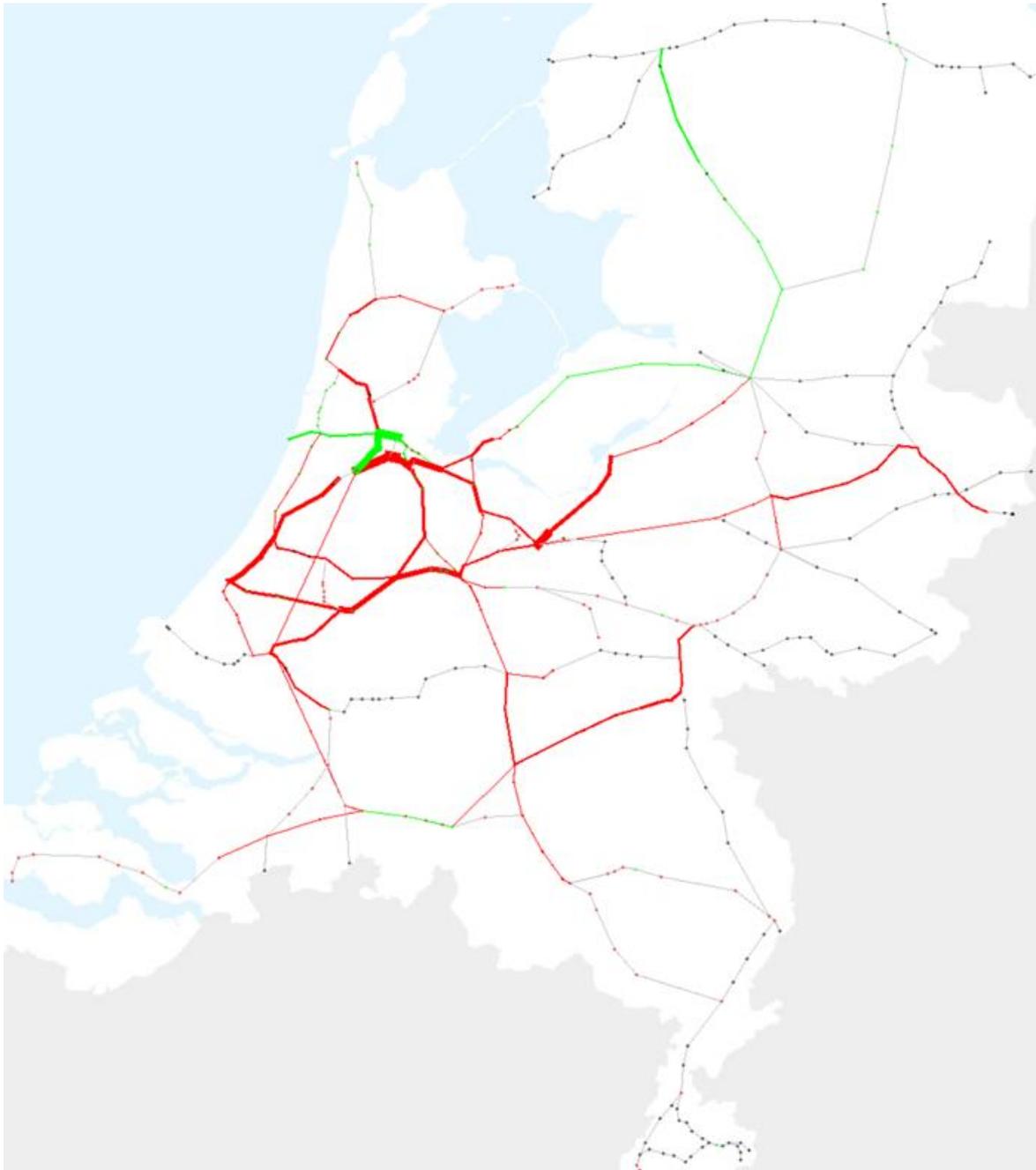
Voor alle onderzochte periodes zijn 3 runs met het Lijnvoeringsmodel gedraaid. Het resultaat van de drie runs qua dienstregeling was telkens ongeveer hetzelfde, wat wel bijzonder is voor een stochastisch model. Dit geeft vertrouwen in de uitkomsten van het model.

De belangrijkste inzichten uit de dienstregeling optimalisaties:

- T.o.v. de beoogde dienstregeling voor 2024 worden in alle optimalisaties meer zone-treinen gereden. Deze treinen rijden het grootste gedeelte als IC, maar stoppen op het laatste gedeelte op elk station. Bijvoorbeeld Den Haag – Zwolle als IC en Zwolle – Groningen overal stoppend.
- T.o.v. de beoogde dienstregeling voor 2024 rijden er meer treinen vanaf Rotterdam via de HSL naar Amsterdam Centraal i.p.v. Amsterdam Zuid. (Ter info: in 2024 rijden alle binnenlandse HSL-treinen richting Amsterdam Zuid.)
- In alle dienstregelingen wordt door Intercity's vaker gestopt op de grotere Sprinter-stations, zoals Woerden, Zoetermeer en Hoofddorp.
- In de geoptimaliseerde dienstregeling voor de zaterdag en zondag worden aanzienlijk minder treinen gereden zonder dat dit leidt tot een grote afname van het aantal reizigers.
- Tijdens de relatief rustige ochtendspitsen (woensdag en vrijdag) wordt met name gesneden in het aantal Intercity-treinen dat rijdt. Het aantal Sprinters blijft ongeveer gelijk.
- In de geoptimaliseerde dienstregeling voor het dal worden meer rechtstreekse verbindingen geboden, bijvoorbeeld door meer te alterneren qua eindbestemming.

Wanneer in detail wordt gekeken naar de verschillen tussen optimalisaties, worden nog veel meer inzichten verkregen. Als voorbeeld vergelijken we de optimalisatie voor de zondag met de optimalisatie voor de dinsdag-ochtendspits. Het volgende valt op:

- Op bijna alle baanvakken waar dat concessie-technisch mogelijk is ("elk station wordt minimaal 2x per uur bediend") wordt in lagere frequentie gereden.
- Grootste uitzondering hierop is het baanvak Schiphol – Amsterdam Centraal. Hier rijden meer treinen, wat hoofdzakelijk wordt veroorzaakt doordat treinen vanuit Leiden / Rotterdam vaker doorrijden richting Amsterdam Centraal in plaats van Amsterdam Zuid. Amsterdam Zuid is voor forensen aantrekkelijk, maar deze zijn er op zondag weinig. Amsterdam Centraal is juist voor sociaal-recreatieve reizen de aantrekkelijkste bestemming en deze zijn er op zondag juist veel.
- Vanuit de richting Utrecht en Almere zien we een vergelijkbaar effect: meer treinen naar Amsterdam Centraal en minder naar Amsterdam Zuid.
- Vanuit Noord-Nederland valt op dat er meer treinen via de Hanzelijn naar Amsterdam gaan en minder treinen via Amersfoort richting Utrecht. Ook hier is de verklaring weer dat Amsterdam voor sociaal-recreatieve reizen interessanter is dan Utrecht, terwijl Utrecht wel behoorlijk wat forensen trekt.
- Een laatste uitzondering is Amsterdam Centraal – Zandvoort. Het zal niemand verbazen dat Zandvoort vooral in het weekend veel reizigers trekt.



Figuur 8: verschil in aantal treinen per uur (Intercity's + Sprinters) in de optimalisatie voor de zondag t.o.v. de optimalisatie voor de dinsdagochtendspits. (rood = minder treinen op zondag, groen = meer treinen op zondag. Hoe dikker de lijn, hoe groter het verschil in aantal treinen per uur)

5. Conclusies en aanbevelingen

Deze studie is een eerste aanzet naar een vraagafhankelijke dienstregeling. Er lijken dermate veel verschillen in de vraag tussen verschillende periodes te zitten dat het aanbieden van een ander treinproduct in deze periodes loont. Er zijn echter nog veel open eindjes om te onderzoeken:

- Hoe gevoelig is de methodiek voor gedane aannames?

- Zijn er mogelijk nog meer periodes te onderscheiden, bijvoorbeeld de zomer weekenden, of de avondspits?
- Is de methodiek ook toepasbaar op dagen van grootschalige evenementen?
- Is het praktisch uitvoerbaar om bijvoorbeeld elke dag van de week een andere dienstregeling te rijden? En is het ook mogelijk om binnen één en dezelfde dag twee of zelfs meer verschillende dienstregelingen te rijden?
- In hoeverre hebben reizigers mogelijk toch 'last' van een dienstregeling die per uur, dag, week of maand verschilt?
- Welke aspecten van de geoptimaliseerde lijnvoeringen zijn maakbaar en waar moeten concessies gedaan worden?

Eind 2021 start een promovendus bij NS en de TU Delft die dit verder gaat onderzoeken.

Literatuur

Bruijn, A., Hogenberg, J., Guis, N. Een betere dienstregeling door de grootste gemene deler. *CVS 2019*, Leuven

Guis, N., Keizer, B. de, Nes, R. van. Lijnvoering van de toekomst voor het Nederlandse spoornetwerk; Verkenning met een genetisch optimalisatiemodel. *CVS 2011*, Antwerpen

Hagen, M. van, Bruyn, M. de, Ton, D., Severens, V., Duives, D., Oort, N. van. Train traveller behaviour during and after Covid: insights of a longitudinal survey of Dutch train passengers. BIVEC/GIBET Transport research day 2021

Keizer, B. de, Fioule, P.-J., Wout, J. van 't. Optimalisatie van de lijnvoering op Railnetwerken. *CVS 2013*, Rotterdam

NS. 'Spoor naar '75, eindrapport projectgroep Stimurail, 1969, Utrecht.

NS. Klimaat VI Ritten onderzoek. 2019, Utrecht.