

Reactivering Koningslijn

Mogelijkheden tot het maken van een
treinserie tussen Arnhem en Apeldoorn

Enschede, 26 maart 2013

Arnhem

Dieren

Apeldoorn

Danny van Uem

Royal HaskoningDHV, afdeling Rail & Stations

december 2012- maart 2013



UNIVERSITEIT TWENTE.



UNIVERSITEIT TWENTE.

HaskoningDHV Nederland B.V. is onderdeel van Royal HaskoningDHV

Voorwoord

Voor mij persoonlijk hebben treinen altijd al een grote aantrekkingskracht gehad. Een van de oorzaken hiervan is dat ik lange tijd langs het spoor heb gewoond. Doordat binnen onze opleiding Civiele Techniek er niet veel aandacht voor het spoor is, vond ik de Bachelor-eindopdracht een mooie gelegenheid om meer over dit vakgebied te leren. Via de vakgroepcoördinator Tom Thomas en mobiliteitscoördinator Ellen van Oosterzee ben ik gewezen op de Rail & Stations afdeling van toen nog DHV. Hierbij kreeg ik ook een aantal eerder uitgevoerde bachelor-opdrachten van medestudenten Erwin Slootjes en Michiel Jansen te zien. Hoewel beide voor zeer andere doeleinden gebruikten beiden simulaties uit OpenTrack om resultaten te krijgen. Het simuleren van de treindienst trok mij zeer aan en ik besloot om contact te leggen met David Koopman binnen DHV.

Na een eerste kennismakingsgesprek in Utrecht mocht ik mijn bachelor-opdracht uitvoeren bij DHV. Er moest alleen nog een onderwerp worden gekozen. Uiteindelijk werd het onderwerp het verder onderzoeken van een mogelijke treinserie tussen Arnhem en Apeldoorn via de Koningslijn. De provincie Gelderland had hier al eerder een onderzoek naar laten doen door Goudappel Coffeng. Het doel van mijn opdracht was om verder te bekijken of de treinserie in te passen is in het huidige toch al drukke treinverkeer. Ook naar de kostendekkingsgraad moest worden gekeken. Helaas heeft de provincie tijdens de uitvoering van deze opdracht besloten om niet meer naar een directe spoorverbinding te streven, maar in het versterken van de snelbusdienst.

Via deze weg wil ik graag David Koopman en Herman Brühem bedanken voor de begeleiding van mij binnen RHDHV. Ook bedank ik graag RHDHV voor de flexibiliteit wat betreft mijn aanwezigheid in Utrecht. Alwin Pot wil ik ook graag bedanken voor de hulp die hij mij regelmatig heeft gegeven als ik even vast zat in OpenTrack. Ook wil ik alle andere collega's bedanken voor de gastvrijheid en gezelligheid in Utrecht. Ook bedank ik graag Ties Brands voor zijn begeleiding vanuit de Universiteit Twente

Rest mij u veel leesplezier te wensen.

Samenvatting

De provincie Gelderland vindt het belangrijk dat de provincie een kwalitatief hoogwaardig spoornetwerk bezit. In dit netwerk ontbreekt nog de schakel tussen de twee economische kerngebieden van Arnhem en Apeldoorn. Door eerder onderzoek van Goudappel Coffeng (2011) in opdracht van de provincie, bleek het reactiveren van de Koningslijn een goede mogelijkheid om tot een rechtstreekse verbinding te komen. Dit rapport onderzoekt of deze nieuwe treinserie in te passen is in de huidige dienstregeling en hoe dit kan worden gerealiseerd met een zo gunstig mogelijke kostendekkingsgraad.

Op basis van het Goudappel Coffeng-rapport is geïnventariseerd welke infrastructurele aanpassingen nodig zijn om de nieuwe treinserie te kunnen uitvoeren. Daarnaast zijn een aantal extra opties gemaakt. De belangrijkste zijn een extra passeerspoor in Laag Soeren, het dubbelsporig maken tussen Eerbeek en Loenen en elektrificatie van de lijn.

Met de infrastructuuropties bekend zijn een drietal dienstregelingen gemaakt voor de treinserie tussen Arnhem en Apeldoorn. De eerste twee hiervan hebben een kruising in Eerbeek. Beiden maken gebruik van een extra passeerspoor bij Laag Soeren zodat de stoomtrein de sneltrein voorbij kan laten. Voor de derde dienstregeling wordt de infrastructuur uitgebreid met een dubbelspoor tussen Eerbeek en Loenen. Hierdoor kan een vliegende kruising worden gepland tussen Eerbeek en Loenen. Doordat elektrificatie geen reistijdwinst oplevert kunnen dezelfde drie dienstregelingen worden gebruikt.

Door de drie dienstregeling te combineren met het wel of niet elektrificeren ontstaan zes scenario's. Deze zes scenario's zijn in OpenTrack verwerkt waar deze zijn getest op inpasbaarheid in de dienstregeling en op vertraginggevoeligheid.

Alle scenario's zijn ontworpen zodat ook de VSM kan blijven rijden op het traject Dieren-Apeldoorn. Ook uit de tijd-weg diagrammen blijkt het mogelijk dat zowel de stoomtreinen als de sneltreinen gezamenlijk kunnen rijden. Wel dient de VSM een aantal keren de sneltreinen voorbij te laten, waardoor ze langer op stations staan.

Het is gebleken uit zowel de operationele als de maatschappelijke kostendekkingsgraad dat elektrificatie op de lange termijn voordeliger is dan het rijden met diesel materieel.

Dienstregeling A/ Kruising Eerbeek 1 en C/ Dubbelspoor Eerbeek- Loenen blijkt volgens de operationele kostendekkingsgraad de beste. Bij de maatschappelijke kostendekkingsgraad is dienstregeling B/ Kruising Eerbeek 2 de beste en presteert dienstregeling A zeer slecht. Doordat het verschil tussen dienstregeling B en C bij beide kostendekkinggraden klein is worden beiden als de voorkeursvariant aangemerkt.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting	4
1 Inleiding	6
1.1 Projectkader	6
1.2 Geschiedenis Koningslijn	6
1.3 Doelstelling en onderzoeksvragen	7
1.4 Methoden	7
2 Bestaande infrastructuur en dienstregeling	9
2.1 Arnhem- Zutphen	9
2.2 Dieren- Apeldoorn	12
3 Infrastructurele aanpassingen	13
3.1 Noodzakelijke aanpassingen	13
3.2 Extra aanpassingen	16
4 Scenario's	19
4.1 Voorwaarden dienstregelingen	19
4.2 Scenario's	19
5 Bouw in OpenTrack	23
5.1 Invoer	23
5.2 Simulatie	27
5.3 Uitvoer	27
6 Opbrengsten en kosten	29
6.1 Infrastructurele kosten	29
6.2 Operationele inkomsten	29
6.3 Operationele kosten	29
6.4 Maatschappelijke opbrengsten	30
6.5 Maatschappelijke verliezen	30
7 Vergelijking	32
7.1 Operationele Kostendekkingsgraad	32
7.2 Maatschappelijke kostenbaten analyse	32
7.3 Voor- en nadelen VSM	33
8 Conclusie & Discussie	35
Bronnenlijst	36
A Begripsbepalingen en afkortingen	38
B Spoorbezettingsdiagram Arnhem	40
C Tijd-weg diagrammen	41
D Vervoerwaarden en reizenverdeling	48
E Operationele kostendekkingsgraad	56
F Infrastructurele kosten	61
G Maatschappelijke opbrengsten en kosten	63

1 Inleiding

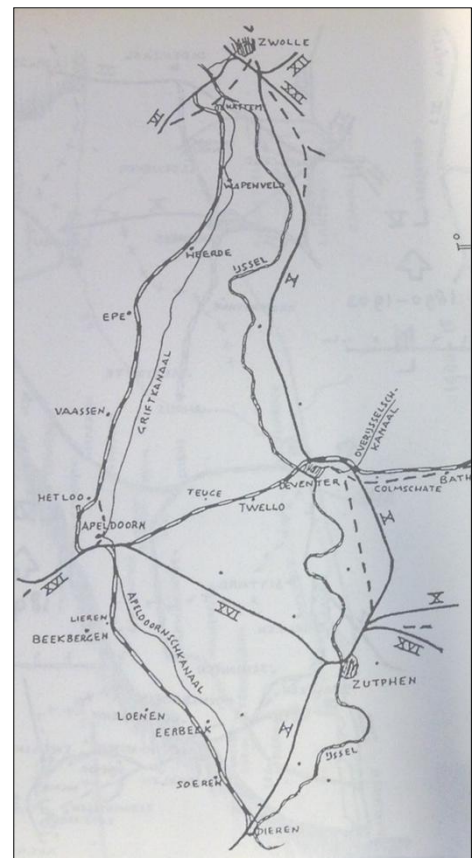
1.1 Projectkader

Het provinciebestuur van Gelderland hecht grote waarde aan een kwalitatief hoogwaardig spoornetwerk in de provincie. Het provinciebestuur ziet dit als een van de mogelijkheden om de ruimtelijke-economische structuur van de provincie te verbeteren. Op dit moment mist in het huidige spoornetwerk een hoogwaardige verbinding tussen de economische kerngebieden Apeldoorn en Arnhem/Nijmegen. Hierdoor wordt het grootste deel van deze vervoersrelatie per auto afgewikkeld, en in mindere mate per bus. Om dit te verbeteren heeft de provincie Goudappel Coffeng gevraagd een eerste advies te geven over een mogelijke spoorverbinding tussen Apeldoorn en Arnhem. Uit dit rapport (januari 2012) blijkt dat het reactiveren van de Koningslijn tussen Apeldoorn en Dieren de beste mogelijkheid is. Vanuit Royal HaskoningDHV (RHDHV) is de vraag gekomen om dit verder uit te werken.

Op 12 februari heeft de Provincie Gelderland besloten om niet meer te streven naar een spoorlijn, maar in te zetten op een snelbusverbinding tussen beide steden. Hierdoor zal niet direct verder onderzoek naar aanleiding van dit rapport worden gedaan.

1.2 Geschiedenis Koningslijn

De Koningslijn is een in 1887 geopende spoorlijn tussen Zwolle, Apeldoorn en Dieren. In 1947 is het reguliere reizigersvervoer per trein op deze lijn opgeheven, waarna de lijn alleen nog maar voor goederenvervoer werd gebruikt. Na 1970 is de lijn grotendeels gesloten voor goederenvervoer (behalve tussen Apeldoorn en Apeldoorn VAM) en de spoorlijn tussen Zwolle en Apeldoorn, die ook wel bekend stond als Baronnenlijntje is vervolgens opgebroken. Tussen Apeldoorn en Dieren ligt het spoor echter nog en wordt deze gebruikt door de Veluwsche Stoomtrein Maatschappij (VSM) voor ritten met museumtreinen. Hiervoor heeft de VSM in Beekbergen een depot waar alle treinen kunnen worden gestald. De treinen worden getrokken door diverse stoom- en diesellocomotieven. De infrastructuur tussen Apeldoorn VAM en Dieren is in bezit van de VSM.



Figuur 1: Kaart Koningslijn en Baronnenlijntje

Tabel 1: Overzicht opening- en sluiting Koningslijn (bronnen: www.railix.net en wikipedia)

Datum	Traject	Gebeurtenis
20 januari 1882	Zwolle- Dieren	Concessieverlening
2 juli 1887	Zwolle- Dieren	Ingebruikname
4 mei 1947	Zwolle- Dieren	Sluiting voor personenvervoer
31 mei 1964	Loenen- Eerbeek	Sluiting voor goederenvervoer
11 augustus 1969	Beekbergen- Loenen	Sluiting voor goederenvervoer
24 mei 1971	Apeldoorn VAM	Opening station
1972	Hattermerbroek- Apeldoorn	Sluiting voor goederenvervoer
28 mei 1972	Apeldoorn VAM - Beekbergen	Sluiting voor goederenvervoer
14 juli 1975	Apeldoorn- Dieren	Opening museumlijn
2 juni 1984	Eerbeek- Dieren	Sluiting voor goederenvervoer

1.3 Doelstelling en onderzoeksvragen

De doelstelling van dit onderzoek is als volgt geformuleerd:

Een treinserie ontwerpen op de spoorlijn Apeldoorn- Dieren- Arnhem met een zo gunstig mogelijke financiële en maatschappelijke kostendekkingsgraad.

Om deze doelstelling te beantwoorden zijn er zes deelvragen opgesteld:

1. *Hoe zien de infrastructuur en dienstregelingen eruit voor- en na uitvoering van het Programma Hoogfrequent Spoorvervoer (PHS) op de trajecten Zutphen- Arnhem en Apeldoorn- Dieren?*
2. *Welke infrastructurele aanpassingen zijn er nodig voor het traject Dieren- Apeldoorn?*
3. *Welke extra infrastructurele aanpassingen zijn mogelijk voor het traject Dieren- Apeldoorn?*
4. *Welke dienstregelingen zijn mogelijk op het traject Apeldoorn- Arnhem?*
5. *Welke kosten brengen de infrastructurele aanpassingen met zich mee?*
6. *Welke opbrengsten en kosten brengen de mogelijke dienstregelingen met zich mee?*

1.4 Methoden

Hieronder is de werkwijze beschreven voor de verschillende stappen waarin dit onderzoek is ingedeeld. De stappen waaruit dit onderzoek bestaat zijn:

1. Basissituatie
2. Infrastructuur bouwen in OpenTrack
3. Scenario's maken en testen
4. Opbrengsten en kosten
5. Vergelijking scenario's

1.4.1 Basissituatie

De eerste stap van het onderzoek is vooral om de basissituatie duidelijk te krijgen. Deze stap gebruikt onder andere documenten van ProRail, het Ministerie voor Infrastructuur & Milieu en eerdere onderzoeken om informatie te krijgen. De lijn is vergeleken met andere

regionaal aanbestede lijnen en hieruit zijn aannames gedaan. Deze aannames dienen als basis voor de rest van het onderzoek. Veel informatie die in deze stap is gevonden, is verwerkt in hoofdstuk 2.

1.4.2 Infrastructuur bouwen in OpenTrack

De belangrijkste stap in dit onderzoek is het inbouwen van de nieuwe infrastructuur in OpenTrack. Hierdoor is het mogelijk om in de volgende stappen treinen te simuleren en hierdoor dienstregelingen te kunnen testen. De benodigde infrastructuur is gehaald uit eerdere onderzoeken en vergelijkbare spoorlijnen. Als basis is een bestaand model van RHDHV gebruikt. De resultaten van deze stap zijn te vinden in hoofdstuk 3 en 5.

1.4.3 Mogelijke dienstregelingen

Op basis van de mogelijkheden in infrastructuur zijn in OpenTrack verschillende scenario's gemaakt. Door deze in OpenTrack in te voeren is gekeken naar de inpasbaarheid. Om de inpasbaarheid te beoordelen is gebruik gemaakt van tijd-weg diagrammen en snelheid-weg diagrammen. Een dienstregeling is inpasbaar als de treinserie kan rijden zonder hierbij hinder aan andere treinseries te veroorzaken. De mogelijke dienstregelingen zijn besproken in hoofdstuk 4.

1.4.4 Opbrengsten en kosten

Bij de berekening van de opbrengsten is een herkomst-bestemming matrix gemaakt van het traject. Dit gebeurt aan de hand van het StationGIS-model van RHDHV. Vervolgens is deze verdeeld aan de hand van de al bekende netwerkeffecten uit het Goudappel Coffeng rapport en een expert-judgement. De uitwerking hiervan is te vinden in hoofdstuk 6 en bijlage D.

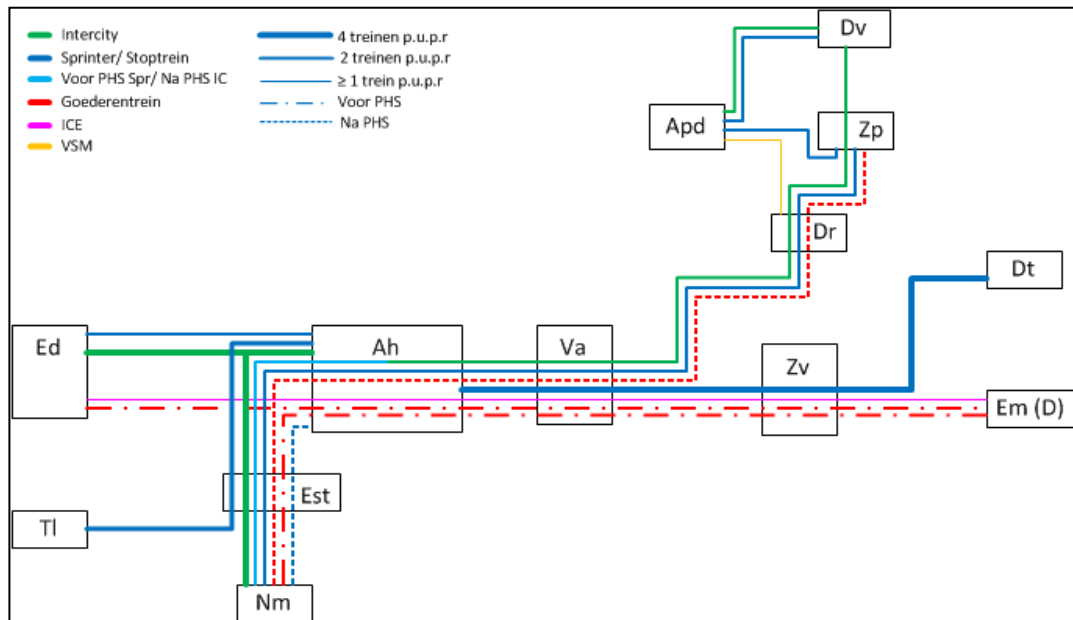
De kosten zullen aan de hand van kostenkengetallen zijn geschat. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen operationele en investeringskosten. Waar de operationele kosten elk jaar aan de orde zijn, zijn de investeringskosten eenmalig.

1.4.5 Vergelijken

De laatste stap is het vergelijken van de verschillende scenario's. Dit is gebeurd aan de hand van twee kosten-batenanalyse. De eerste is een operationele kosten-batenanalyse zijn en is uiteindelijk uitgedrukt in een kostendeckingsgraad. De tweede analyse is de maatschappelijke kosten-batenanalyse. Hierin zijn zowel de operationele opbrengsten en kosten, alsook de maatschappelijk opbrengsten, kosten en investeringskosten meegewogen. Op basis van beide analyses is een conclusie getrokken. Dit alles is uitgewerkt in hoofdstuk 7.

2 Bestaande infrastructuur en dienstregeling

Om de nieuwe treinserie in te kunnen passen is het van belang om te weten wat de huidige situatie en mogelijke toekomstige situatie is op de betrokken trajecten. In Figuur 2 is een afbeelding gegeven van alle op dit moment al rijdende treinseries. Figuur 3 geeft een overzicht van het sporenplan van Arnhem- Dieren – Apeldoorn en omgeving. In de paragrafen hieronder zijn de trajecten Arnhem- Zutphen en Dieren- Apeldoorn besproken.



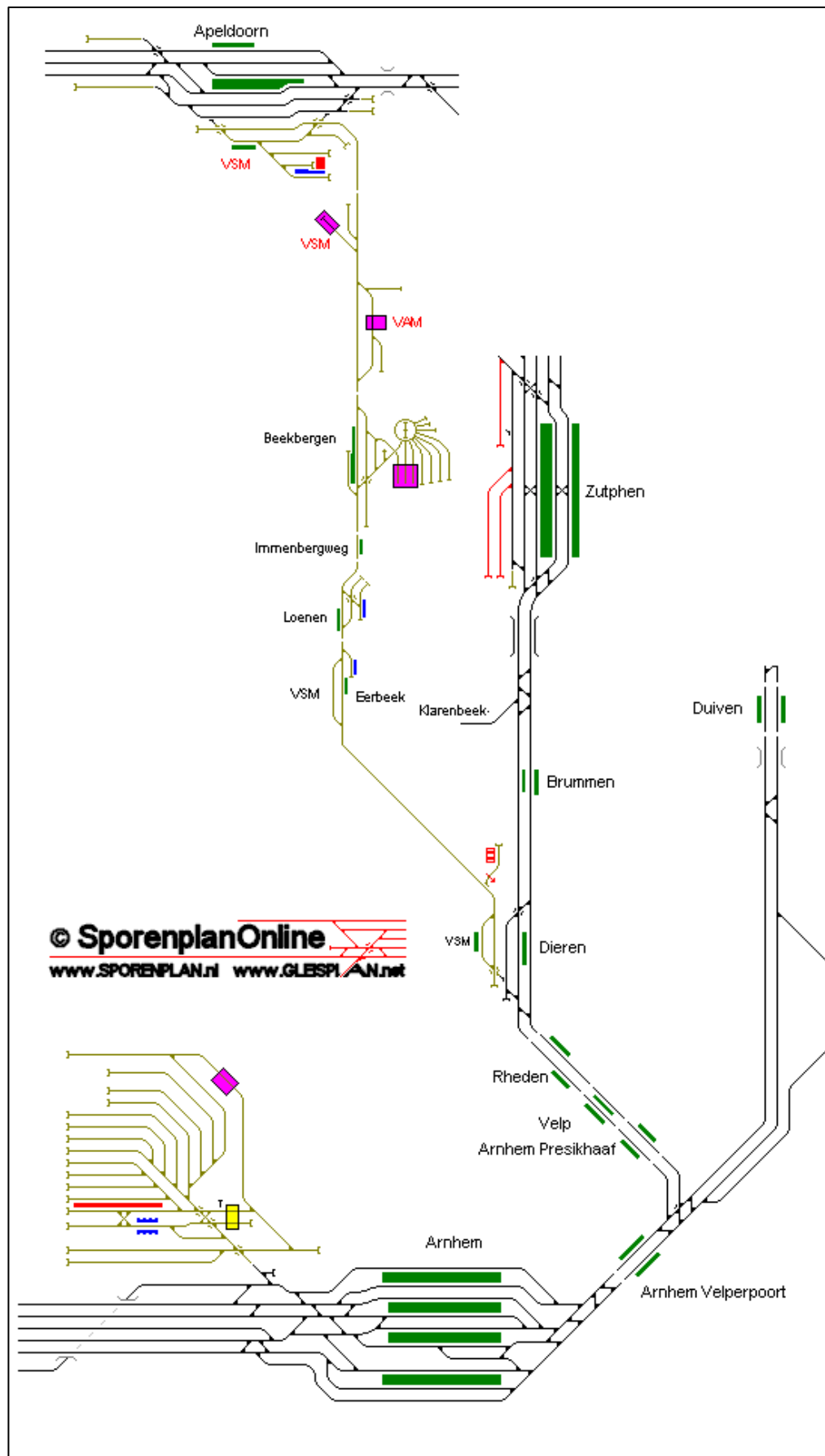
Figuur 2: Huidige treinseries rond Arnhem/Zutphen/Apeldoorn

2.1 Arnhem- Zutphen

Station Arnhem behoort tot de grootste stations binnen Nederland. Via de westzijde van het station kunnen de treinen richting Ede-Wageningen en Nijmegen/Betuweroute. Tot aan de splitsing van deze twee richtingen zijn vier sporen beschikbaar en is een dive-under aanwezig.

Aan de oostzijde zijn treinverbindingen richting Dieren, Doetinchem/Emmerich. Tot de splitsing bij Velperbroek Aansluiting is het dubbelspoor. Velperbroek Aansluiting is gelijkvloers.

In het kader van het Programma Hoogfrequent Spoorvervoer (PHS) van het Ministerie van I&M zijn een aantal aanpassingen voorgesteld. De frequentie van de IC's tussen Arnhem en Nijmegen wordt in dit plan verhoogd van vier naar zes treinen per uur per richting. Door de verlegging van goederenpaden naar de Betuweroute verdwijnen de huidige goederenpaden richting Emmerich. Hiervoor in de plaats komt één goederenpad van de Betuweroute richting Zutphen en v.v. De oorspronkelijk geplande ongelijkvloerse kruising voor Velperbroek Aansluiting is geschrapt tijdens de bezuinigingen welke bekend zijn geworden op 13 februari 2013.



Figuur 3: Sporenplan Arnhem- Apeldoorn (Bron: www.sporenplan.nl)

Voor dit onderzoek is de dienstregeling van 2013 als basis gebruikt. Alleen voor de nog niet bestaande treinserie 88900 is dienstregeling gemaakt (Tabel 2). Het huidige tijd-wegdiagram van Arnhem- Zwolle is te vinden in bijlage C.

Tabel 2: Dienstregeling 88900

	88901		88902
Ah	7:00	Dr	7:00
Dr	7:15	Ah	7:15

In Tabel 9 is een overzicht gegeven van alle treinseries die in Arnhem komen.

Tabel 3: Treinserie in Arnhem

Serie	Soort	Traject	Max Frequentie	Vervoerder
100/120/200	ICE	Amsterdam- Utrecht - Arnhem- Oberhausen- Frankfurt(- Basel)	1/2uur/richting	NS Hispeed
400	CN	Amsterdam- Utrecht- Arnhem – Duisburg- Zürich/München	1/dag/richting ¹	CityNightLine
440	EN	Amsterdam- Utrecht- Arnhem- Duisburg- Kopenhagen/ Praag/ Moskou	1/dag/richting ²	Euronight
3000	IC	Nijmegen- Arnhem– Utrecht – Amsterdam- Alkmaar- Den Helder	2/uur/richting	NSR
3100	IC	Nijmegen- Arnhem- Utecht- Schiphol	2/uur/richting	NSR
3600 ³	IC	Zwolle- Deventer- Dieren- Arnhem- Nijmegen- Tilburg- Roosendaal	2/uur/richting	NSR
7500	SPR	Arnhem- Ede-Wageningen	2/uur/richting	NSR
7600	SPR	Zutphen- Dieren – Arnhem- Nijmegen	2/uur/richting	NSR
* ⁴	SPR	Arnhem- Nijmegen	2/uur/richting	Onbekend
30700	ST	Arnhem- Westervoort- Doetinchem	2/uur/richting	Breng (Connexion)
30900	ST	Arnhem- Westervoort- Doetinchem- Winterwijk	2/uur/richting	Arriva
31100	ST	Arnhem- Elst- Tiel	2/uur/richting	Arriva
88800 ⁵	GO	Nijmegen/Utrecht- Arnhem- Emmerich	4/uur/richting	Divers
88900 ⁶	GO	Maasvlakte- Kijfhoek- Elst- Arnhem- Zutphen- Hengelo- Bad Bentheim	1/uur/richting	Divers

¹ De CityNightLine gebruikt in de huidige dienstregeling een goederenpad.

² De EuroNight gebruikt in de huidige dienstregeling een goederenpad.

³ Treinserie 3600 stopt tot invoering van PHS op alle stations tussen Arnhem en Nijmegen

⁴ Deze Sprinter zal na invoering van PHS ter vervanging van de stopdienst die treinserie 3600 op dit moment verzorgt.

⁵ Deze goederentreinen rijden tot invoering van PHS

⁶ Deze goederentreinen rijden pas na invoering van PHS

2.2 Dieren- Apeldoorn

Het traject tussen Dieren en Apeldoorn is in twee delen te splitsen. De twee deeltrajecten zijn Dieren- Apeldoorn VAM en Apeldoorn VAM- Apeldoorn.

Het traject Dieren- Apeldoorn VAM is in beheer bij de VSM. De VSM gebruikt de lijn om museumritten te rijden. Dit traject heeft geen automatische beveiliging en alle wissels dienen handmatig te worden omgelegd. Ook zijn geen automatische overwegbeveiligingen aanwezig. De maximale snelheid op dit traject ligt op dit moment op 40 km/h, waarbij bij veel overwegen moet worden gestopt en met 10 km/h verder kan worden gereden.

Het traject Apeldoorn VAM- Apeldoorn is in beheer bij ProRail. Op dit traject zijn de meeste overwegen wel beveiligd. Er is geen afscheiding tussen het spoor en de bebouwing/wegen aanwezig. Verder staan op dit moment alleen rangeerseinen. Dit traject is in gebruik voor huisafvaltreinen welke van Apeldoorn VAM naar Apeldoorn en v.v. rijden.

In het voor- en naseizoen rijdt de VSM alleen in het weekend en vakanties één keer heen en weer tussen Beekbergen- Apeldoorn- Eerbeek- Beekbergen. In het hoogseizoen rijdt de trein alleen doordeweeks twee keer heen en weer en stopt ook een keer in Dieren. De dienstregeling is te vinden in Tabel 4. In totaal heeft de VSM 65 rijdagen in 2013.

Tabel 4: VSM Dienstregeling 2013 (Bron: www.stoomtrein.org)

Station	Laagseizoen			Hoogseizoen			
Apeldoorn		V 10.45	V 13.40		V 10.45	V 14.15	V 17.05
Beekbergen		A 11.05 V 11.10	A 14.00		A 11.05 V 11.10	A 14.35 V 14.40	A 17.25
Immenbergweg		V 11.15			V 11.15	V 14.45	
Loenen		V 11.22			V 11.22	V 14.52	
Eerbeek		A 11.34			A 11.34	A 15.04	
Dieren		-			A 11.59	-	
Dieren		-			V 12.45	-	
Eerbeek		V 11.55			V 13.07	V 15.24	
Loenen		V 12.07			V 13.19	V 15.36	
Immenbergweg		V 12.14			V 13.25	V 15.43	
Beekbergen	V 9.45	A 12.19 V 13.05		V 9.45	A 13.29 V 13.34	A 15.48 V 16.30	
Apeldoorn	A 10.05	A 13.25		A 10.05	A 13.54	A 16.50	

3 Infrastructurele aanpassingen

De huidige infrastructuur op het baanvak Dieren- Apeldoorn is ingesteld op langzaam rijdende stoomtreinen. Tussen Apeldoorn VAM en Apeldoorn is de infrastructuur ook berekend op goederentreinen. De bezetting van het baanvak is op dit moment laag en er komt slechts zelden een trein voorbij. Daarom dient het nodige te worden aangepast voordat hier met een reguliere dienst over kan worden gereden.

3.1 Noodzakelijke aanpassingen

De noodzakelijke aanpassingen zijn in twee groepen in te delen. Allereerst zijn de aanpassingen besproken welke voor het hele traject van toepassing zijn. Daarna is per deeltraject en emplacement nog de lokale aanpassingen toegelicht.

3.1.1 Algemene aanpassingen

Onderstaande aanpassingen zijn op veel locaties langs de lijn noodzakelijk om veilig een dienstregeling te kunnen rijden. Deze aanpassingen zijn per type project besproken

Overwegen

De meeste overwegen op de Koningslijn hebben geen automatische beveiliging. Voor een reguliere dienst is dit wel noodzakelijk. Een aantal lokale kleine overwegen kan worden gesloten, maar een aantal dienen behouden te blijven voor het wegverkeer. De gemaakte kostenraming door Railinfra Solutions is gevolgd om te bepalen welke aanpassingen dienen te worden gedaan.

Voor de bouw van nieuwe overwegen dient een ontheffing te worden aangevraagd bij de Inspectie Leefomgeving & Transport (ILT), aangezien ILT wegens de spoorwegveiligheid geen nieuwe overwegen meer toe staan. Voor de Koningslijn zal het te kostbaar zijn om alle overwegen te vervangen door ongelijkvloerse kruisingen, waardoor wordt verwacht dat ILT deze ontheffingen zal verlenen.

Spoorvernieuwing

Aan het volledige traject is al lange tijd geen groot onderhoud meer gepleegd. Het volledige traject heeft nog houten dwarsliggers. Daarom moet voordat tot reactivering wordt overgegaan worden bekeken of het ballastbed en de dwarsliggers vervangen dienen te worden.

Treindetectie

Bij lightrailtreinen werken reguliere spoorstroomlopen niet goed. Daarom moet gebruik worden gemaakt van een andere detectiemethode. De gebruikelijke keuze is om te kiezen voor assentellers. Assentellers hebben echter weer problemen om stoomtreinen te detecteren. Deze problemen kunnen worden opgelost door aanpassingen aan de assentellers of door toepassing van pedalen. De exacte technische oplossingen dienen verder te worden onderzocht.

Treinbeïnvloedingssysteem

Aangezien ATB-EG (eerste generatie) niet goed werkt met lightrailtreinen zal ATB-NG (nieuwe generatie) als treinbeïnvloedingssysteem worden gebruikt. Er zal eventueel ook al voorbereidingen kunnen worden getroffen voor de invoer van ERMTS.

Seinen

Op het hele traject dienen seinen te worden geplaatst. Dit wordt gedaan door een inrijsein voor elke eerste wissel te plaatsen. Dit sein wordt vooraf gegaan door een voorsein i.v.m. de grote afstanden tussen de seinen. Het voorsein heeft als taak om aan te geven of het volgende hoofdsein rood of geel toont. Hierdoor hoeven de treinen tussen het vorige hoofdsein en het voorsein niet continu langzaam te rijden.

Op elk spoor komt vervolgens een uitrijsein. Voor de wissels richting de Apeldoorn VAM en de werkplaats worden tevens seinen geplaatst met een cijferbak voor de snelheidsbeperking van de afbuigende rijwegen door wissels.

Perronhoogte

In de huidige situatie is de perronhoogte van de VSM-perrons niet hoog genoeg. Om de reguliere treinen gebruik te kunnen laten van deze perrons dienen de perrons te worden verhoogd tot 760 mm boven spoorstaaf. Het wordt niet verwacht dat dit problemen gaat opleveren voor de wagons van de VSM.

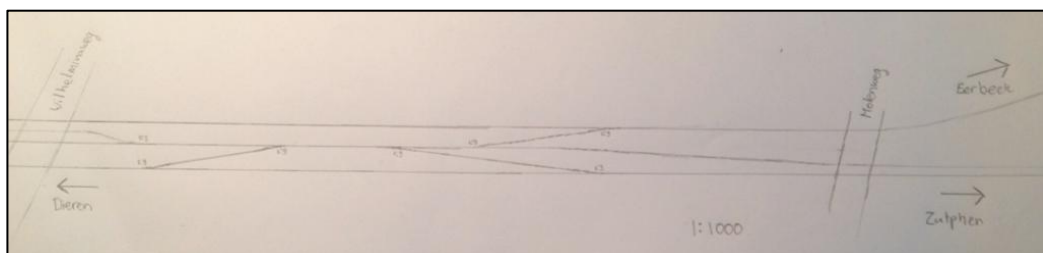
3.1.2 Lokale aanpassingen

Extra spoorfase Arnhem

Het huidige spoorbezettingsdiagram van Arnhem (zie bijlage B) laat zien dat veel perrons drukbezet zijn. Om te zorgen voor een vast perron waar een lange kering mogelijk is voor de nieuwe treinserie is een extra perronfase nodig. In de huidige infrastructuur is al ruimte overgelaten om op spoor 4 een extra fase te creëren (ProRail, 2012). Hierdoor ontstaat ruimte voor het keren van de nieuwe treinserie op spoor 4b.

Wisselstraat Dieren

De huidige sporenlay-out ten noorden van het station Dieren laat op dit moment nog geen treinbewegingen van de perronsporen 1 en 2 richting de Koningslijn toe. Hierdoor is een nieuwe wisselstaat nodig. Aangezien de ruimte tussen de twee overwegen waar de wisselstraat moet komen te liggen beperkt is, is gekozen voor 1:9 wissels. Hierdoor is de wisselstraat in de afbuigende richtingen met 40 km/h te berijden. In Figuur 4 is de nieuwe wisselstraat weergegeven.



Figuur 4: Schaaltekening wisselstraat Dieren

Dieren- Eerbeek

Tussen Dieren en Eerbeek zijn geen obstakels, zoals bogen en/of kunstwerken om de maximale snelheid op te voeren naar 130 km/h (buiten de kern van Dieren).

Eerbeek

Eerbeek wordt waarschijnlijk een kruising van de nieuwe sneltrein. Hier ligt op dit moment al een stukje dubbelspoor. De huidige wissels zijn 1:9 en moeten in de beveiliging worden opgenomen. Daarnaast is een extra perron nodig langs spoor 2.

Eerbeek- Loenen

Tussen Eerbeek en Loenen zijn geen obstakels om de maximale snelheid op te voeren naar 130 km/h.

Loenen

In de huidige situatie is op station Loenen een stuk dubbelspoor. De 1:9 wissels die dit mogelijk maken worden in de beveiliging opgenomen. Hierdoor kunnen hier treinen elkaar voorbij laten. Dit zorgt ook voor een stukje flexibiliteit bij vertragingen. Als de wissels rechtdoor wordt bereden kan Loenen worden gepasseerd met 130 km/h.

Loenen- Beekbergen

Op dit traject zal de maximale snelheid tevens worden verhoogd naar 130 km/h

Beekbergen

In Beekbergen heeft de VSM een emplacement waar veel van hun materieel is gestald. Ook hier is een stukje dubbelspoor met 1:9 wissels. Deze worden ook in beveiliging genomen, zodat de VSM hier zijn treinen kan opstellen en doorgaande treinen kan voorbij laten. Hierbij wordt op het tweede spoor ook een perron geplaatst, zodat doorgaande treinen niet afbuigend over wissels hoeven rijden.

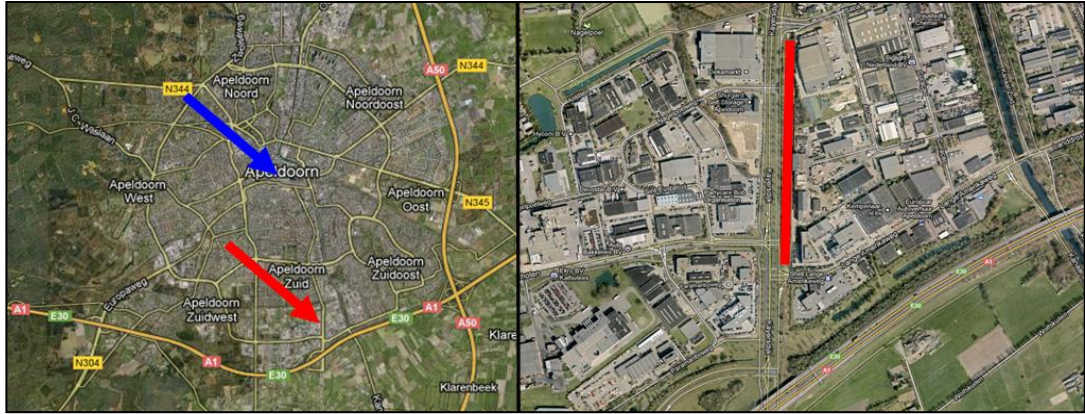
Beekbergen- Apeldoorn Zuid

Net na Beekbergen ligt een boog welke een snelheidsbeperking oplegt. Hierdoor zal de maximale snelheid hier 80 km/h zijn. De rest van het traject kan met 130 km/h worden afgelegd.

Apeldoorn Zuid

Apeldoorn Zuid is een nieuw station dat wordt gebruikt voor de nieuwe treinserie. Dit nieuwe station zal zijn gelegen op de huidige locatie van Apeldoorn VAM (zie Figuur 5). Deze locatie is gekozen doordat dit de enige geschikte locatie is in de nabijheid van de kantoren in Apeldoorn Zuid. Hiervoor dient de Kayersdijk te worden verlegd, zodat ruimte ontstaat voor het perron en overige voorzieningen van het nieuwe station. Ondanks dat er twee parallelle sporen komen, wordt slechts één spoor in gebruik genomen voor personenvervoer. Het andere spoor zal worden gebruikt voor de goederentreinen.

De huidige 1:7-wissels zijn geen standaard wissels meer en worden niet meer gebruikt. Daarom zullen deze worden vervangen door 1:9- wissels.



Figuur 5: Locatie Station Apeldoorn Zuid (rood) en station Apeldoorn Centraal (blauw)

Apeldoorn Zuid- Apeldoorn

Op dit traject zou het tot de boogstraal net voor Apeldoorn mogelijk zijn om 130 km/h te rijden. Het kan door de nabijheid van bebouwing en de korte afstand beter zijn om dit te beperken tot 80 of 100 km/h mocht de dienstregeling dit toelaten.

Werkplaats VSM

Net voorbij Apeldoorn VAM/Apeldoorn Zuid ligt de werkplaats van de VSM. Op dit moment is deze met twee 1:9 wissels verbonden met het hoofdspoor. Ook deze zullen in de beveiliging moeten worden opgenomen.

Apeldoorn

In Apeldoorn dienen enkele wissels extra in de beveiliging te worden opgenomen. Ook dient het VSM perron (spoor 8) te worden opgewaardeerd tot de eisen die ProRail aan perrons stelt. Er is geen nieuwe tunnel nodig aangezien deze al doorloopt naar het VSM-perron en de parkeerplaats die ernaast ligt. Een lift is in de huidige situatie nog niet aanwezig en dient dus te worden toegevoegd.

3.1.3 Totale hoeveelheid nieuwe infrastructuur

In totaal is het volgende nodig:

- 9 nieuwe 1:9 wissels
- 16 bestaande wissels in beveiliging opnemen
- 34 nieuwe hoofdseinen
- 9 nieuwe voorseinen
- 3 nieuwe perrons (Eerbeek 2, Beekbergen 2 en Apeldoorn Zuid)
- 2 gerenoveerde perrons (Eerbeek 1 en Apeldoorn 8)
- 19 AHOB (overwegen)
- 1 Ongelijkvloerse kruising
- Afscheidingswerken in de kernen langs het traject (sloten en/of hekken)

3.2 Extra aanpassingen

Naast deze noodzakelijke aanpassingen zijn nog verbeteringen mogelijk. Door toepassing van deze verbeteringen zijn verschillende dienstregelingen mogelijk. Deze verbeteringen

zijn gemaakt om verschillende dienstregelingsscenario's mogelijk te maken. Hieronder zijn ze één voor één behandeld.

3.2.1 Blokseinen

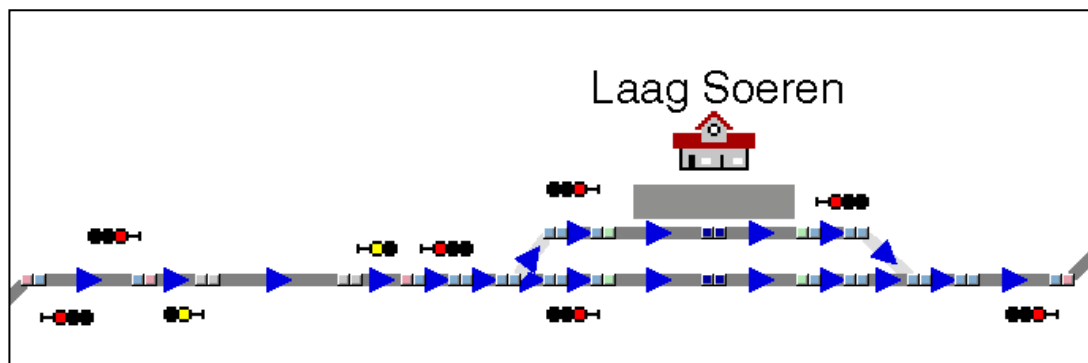
Een traject is op te knippen met een aantal blokseinen. Door blokseinen te plaatsen kunnen treinen in dezelfde richting elkaar sneller opvolgen. Dit kan gunstig zijn voor bijvoorbeeld de stoomtrein na een passage door een sneltrein.

Extra infrastructuur

- Traject Dr-Ebk: 4 hoofdseinen extra, 2 voorseinen minder
- Traject Ebk-Lne: 2 hoofdseinen extra, 2 voorseinen minder
- Traject Lne-Bbg: 4 hoofdseinen extra, 2 voorseinen minder
- Traject Bbg-Apd: 6 hoofdseinen extra, 2 voorseinen minder

3.2.2 Passeerspoor Laag Soeren

In het verleden heeft Laag Soeren (gelegen tussen Dieren en Eerbeek) een eigen halte gehad aan de Koningslijn. Door hier een passeerspoor te plaatsen zou de stoomtrein hier eventueel kunnen worden ingehaald door een sneltrein.



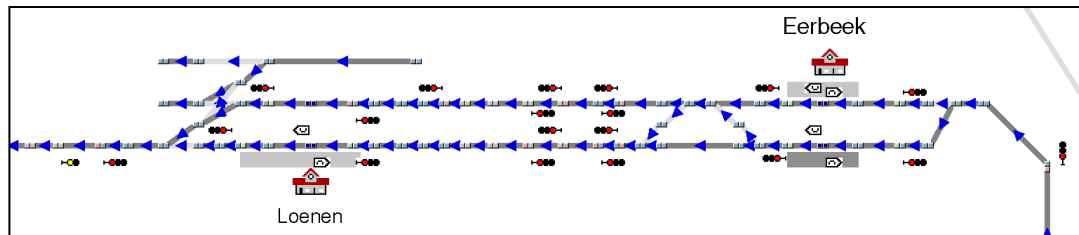
Figuur 6: Passeerspoor Laag Soeren in OpenTrack

Extra infrastructuur

- ±300 meter nieuw spoor
- 2 nieuwe 1:9 wissels
- 4 nieuwe hoofdseinen
- 2 nieuwe voorseinen
- 1 nieuw perron

3.2.3 Dubbelspoor Eerbeek- Loenen

Het hele traject Dieren- Apeldoorn als dubbelspoor uitvoeren is kostbaar. Een alternatief hiervoor is om alleen een deeltraject dubbelspoor te maken. Een handig deeltraject hiervoor is tussen de emplacementen van Eerbeek en Loenen, aangezien op beide emplacementen al dubbelspoor aanwezig is. Dit stuk zal dan ook, zoals gebruikelijk met dubbelspoor, met blokseinen worden uitgerust.



Figuur 7: Dubbelspoor Eerbeek- Loenen in OpenTrack

Een voordeel van een stuk dubbelspoor is dat treinen elkaar ‘vliegend’ kunnen passeren. Hierdoor ontstaat meer speling en wordt minder snel een vertraging van een trein op een trein uit de andere richting doorgegeven.

Extra infrastructuur

- ±4000 meter nieuw spoor
- 4 nieuwe 1:9 wissels
- 2 wissel verwijderen (niet in beveiliging opnemen)
- 5 nieuwe hoofdseinen
- 2 voorseinen minder

3.2.4 Extra perron Apeldoorn

Het is mogelijk om op de huidige locatie van spoor 6 een perron te maken voor spoor 7. Hiervoor zou ook een extra opgang en lift vanuit de tunnel moeten worden gemaakt.

Door een extra perron te maken in Apeldoorn kunnen zowel de stoomtrein als de sneltrein tegelijk in Apeldoorn zijn. Hierdoor hoeft de stoomtrein niet snel kop te maken en weer terug rijden richting Beekbergen. Als de stoomtrein niet rijdt kan het extra perron worden gebruikt om treinstellen om te wisselen tijdens de reguliere dienst.

Extra infrastructuur

- 1 perron
- 1 opgang richting perron
- 1 lift

3.2.5 Elektrificatie

Door de spoorlijn te elektrificeren ontstaat de mogelijkheid om de volledige lijn te berijden met elektrische treinstellen. Elektrische treinstellen zijn goedkoper, stiller, beter voor het milieu en kunnen sneller optrekken. Daar staat tegenover dat de bovenleiding en de onderstations moeten worden gebouwd.

Extra infrastructuur

- ± 25 km bovenleiding
- 1 onderstation
- 1 schakelstation
- 6 invoedingen

4 Scenario's

In dit hoofdstuk zijn de mogelijkheden van verschillende dienstregelingen onderzocht. Als eerste is een aantal voorwaarden geformuleerd waar alle dienstregelingen aan moeten voldoen. Vervolgens zijn verschillende dienstregelingen gemaakt in samenhang met verschillende infrastructuur combinaties.

4.1 Voorwaarden dienstregelingen

Als algemene voorwaarde geldt dat de nieuwe treinserie de huidige treinseries zo min mogelijk moet wijzigen. Bij een mogelijke wijziging dient rekening te worden gehouden met de inpassing van de treinseries in de brugopeningstijden bij Zutphen en het verdere traject richting Nijmegen. Ook dient de nieuwe treinserie al rekening te houden met de gevolgen van PHS, maar hij moet ook in de huidige situatie in te passen zijn.

Voor de nieuwe treinserie (31500) is op basis van de vervoerwaarden besloten om gedurende de hele week een halfuurdienst te rijden tussen Arnhem en Apeldoorn. Deze treinen zullen om een zo snel mogelijke verbinding te creëren alleen stoppen op Dieren, Eerbeek en Apeldoorn Zuid. De minimale stoptijd op stations in op 36 seconden ingesteld. Bij voorkeur heeft een dienstregeling een symmetrie op .00 of .30 (en dus ook op .15 en .45). Dit heeft als voordeel dat de overstapmogelijkheden voor heen- en terugreis hetzelfde zijn.

Ook voor de stoomtrein is een aantal voorwaarden opgesteld. De stoomtrein rijdt tussen Dieren en Apeldoorn, met stops te Eerbeek, Loenen, Immenbergweg en Beekbergen. Er rijdt maximaal één stoomtrein tegelijkertijd. Aangezien niet alle locomotieven van de VSM een hoge topsnelheid hebben is zowel een treinpad gemaakt voor treinen die niet harder kunnen dan 40 km/h (treinserie 32890), als een pad met een maximale snelheid van 80 km/h (treinserie 32880).

Door bovenstaande voorwaarden blijkt het niet mogelijk te zijn om zonder extra maatregelen uit hoofdstuk 3.2 een dienstregeling te maken. Daarom is bij elk scenario extra infrastructuur toegevoegd.

4.2 Scenario's

Er zijn voor dit onderzoek drie dienstregelingen (A/B/C) gemaakt. Aangezien elektrificatie niet tot noemenswaardige waardige snelheidsverschillen leidt zijn deze dienstregelingen voor zowel een scenario zonder als met elektrificatie gebruikt. Het ontbreken van snelheidsverschillen tussen wel en niet elektrisch is veroorzaakt door de weinige stops welke deze sneltrein maakt.

Door de dienstregelingen te combineren met het wel of niet elektrificeren zijn zes scenario's gemaakt. Deze zijn weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5: Overzicht scenario's

	Zonder elektrificatie	Met elektrificatie
A/ Kruising Eerbeek symmetrisch	Scenario 1	Scenario 4
B/ Kruising Eerbeek overstap	Scenario 2	Scenario 5
C/ Dubbelspoor Eerbeek- Loenen	Scenario 3	Scenario 6

Er is daarnaast ook nog gekeken naar een dienstregeling met een kruising in Loenen, maar dit bleek niet binnen de voorwaarden in te passen in de dienstregeling bij Velperbroek Aansluiting. Daarom is deze variant ook niet verder besproken.

4.2.1 Dienstregeling A: Kruising Eerbeek symmetrisch

De eerste dienstregeling, die is gebruikt voor scenario 1 en 4, heeft als uitgangspunt een symmetrische dienstregeling te maken. Hierbij zal een kruising zijn in Eerbeek. Om dit te bereiken is de volgende extra infrastructuur nodig:

- Passeerspoor Laag Soeren
- Extra perron Apeldoorn

Dienstregeling

In Tabel 6 is de dienstregeling weergegeven. Deze dienstregeling heeft een symmetrieas op 10/40. Om deze dienstregeling in te passen dient de 3600 (IC) vanuit Zutphen twee minuten later te vertrekken zodat de 31500 voorlangs kan kruisen. Ook de 7600 (SPR) dient twee minuten uit Zutphen te vertrekken zodat deze de 31500 voor laat. Beide treinseries kunnen deze vertraging weer inlopen door ruimte in de huidige dienstregeling.

Tabel 6: Dienstregeling A: Kruising Eerbeek symmetrisch

Station	Sneltrain Ah-Apd (31500)		Museumtrain 80 km/h (32880)		Museumtrain 40 km/h (32890)	
	(a)	(v)	(a)	(v)	(a)	(v)
Arnhem	-	6:52	-	-	-	-
Dieren	-	7:04	-	7:22	-	7:28
Laag Soeren	-	-	-	-	7:35	7:47
Eerbeek	-	7:10	-	7:30	7:52	7:58
Loenen	-	-	7:34	7:45	8:06	8:15
Immenbergweg	-	-	-	7:49	-	8:21
Beekbergen	-	-	7:52	8:07	8:24	8:34
Apeldoorn Zuid	-	7:17	-	-	-	-
Apeldoorn	7:20	-	8:12	-	8:41	-
Apeldoorn	-	6:59	-	7:09	-	7:36
Apeldoorn Zuid	-	7:03	-	-	-	-
Beekbergen	-	-	7:14	7:27	7:43	7:56
Immenbergweg	-	-	-	7:30	-	8:00
Loenen	-	-	7:34	7:45	8:05	8:15
Eerbeek	-	7:10	7:49	7:54	8:22	8:30
Laag Soeren	-	-	-	-	8:35	8:44
Dieren	-	7:17	8:01	-	8:51	-
Arnhem	7:28	-	-	-	-	-

Dit scenario heeft de volgende voor- en nadelen:

- + Symmetrische dienstregeling zonder veel extra infrastructuur
- Aanpassingen in dienstregeling 3600 en 7600.
- Drie passages voor MT 40 km/h (en extra stop)
- Slechte overstapmogelijkheden in Apeldoorn (zie bijlage G.2)

4.2.2 Dienstregeling B: Kruising Eerbeek overstap

Bij de tweede dienstregeling blijft de infrastructuur en de kruising in Eerbeek behouden. Uitgangspunt bij deze dienstregeling is het beperken van de overstaptijd in Apeldoorn.

- Passeerspoor Laag Soeren
- Extra perron Apeldoorn

Dienstregeling

In Tabel 7 is de dienstregeling gegeven. Tussen Eerbeek en Apeldoorn is deze dienstregeling symmetrisch (symmetrieas 01/31). In Eerbeek wacht de trein richting Arnhem een aantal minuten, zodat een pad vrijkomt tussen Dieren en Arnhem. Hierdoor is deze treinserie niet symmetrisch.

Tabel 7: Dienstregeling B: Kruising Eerbeek overstap

Station	Sneltrain Ah-Apd (31500)		Museumtrein 80 km/h (32880)		Museumtrein 40 km/h (32890)	
	(a)	(v)	(a)	(v)	(a)	(v)
Arnhem	-	6:44	-	-	-	-
Dieren	-	6:55	-	7:12	-	7:28
Laag Soeren	-	-	-	-	7:35	7:37
Eerbeek	-	7:01	7:19	7:22	7:42	7:48
Loenen	-	-	7:26	7:36	7:55	8:06
Immenbergweg	-	-	-	7:40	-	8:12
Beekbergen	-	-	7:43	7:58	8:16	8:29
Apeldoorn Zuid	-	7:08	-	-	-	-
Apeldoorn	7:11	-	8:03	-	8:36	-
Apeldoorn	-	6:51	-	6:59	-	7:27
Apeldoorn Zuid	-	6:55	-	-	-	-
Beekbergen	-	-	7:04	7:19	7:34	7:46
Immenbergweg	-	-	-	7:22	-	7:50
Loenen	-	-	7:26	7:35	7:55	8:05
Eerbeek	7:01	7:04	7:39	7:44	8:12	8:20
Laag Soeren	-	-	-	-	8:25	8:30
Dieren	-	7:11	7:51	-	8:37	-
Arnhem	7:22	-	-	-	-	-

Dit scenario heeft de volgende voor- en nadelen:

- + Goede overstaprelaties in Apeldoorn
- + Geen aanpassingen 3600/7600
- Apeldoorn- Arnhem 3 minuten langzamer door langere stop in Eerbeek
- Drie passages voor MT 40 km/h (en extra stop)
- Geen keermogelijkheid voor VSM in Eerbeek
- Niet volledige symmetrische dienstregeling

4.2.3 Dienstregeling C: Dubbelspoor Eerbeek- Loenen

De derde dienstregeling gaat uit van een vliegende kruising van de sneltreinen tussen Eerbeek en Loenen. Hiervoor is de volgende extra infrastructuur noodzakelijk:

- Blokseinen Dieren- Eerbeek
- Dubbelspoor Eerbeek- Loenen
- Extra perron Apeldoorn

Dienstregeling

De dienstregeling is weergegeven in Tabel 8. De dienstregeling van de sneltrein lijkt veel op die van scenario 2. De trein richting Arnhem gaat nu 3 minuten later weg uit Apeldoorn en hoeft niet meer extra te wachten op Eerbeek. Hierdoor ligt de symmetrieas op 02/32. De stoomtreinen kruisen de sneltreinen niet meer in Loenen, maar in Eerbeek. Doordat hier beide sneltreinen sneller na elkaar komen, gaat minder tijd verloren en zijn er minder passages nodig op de rest van het traject.

Tabel 8: Dienstregeling C: Dubbelspoor Eerbeek- Loenen

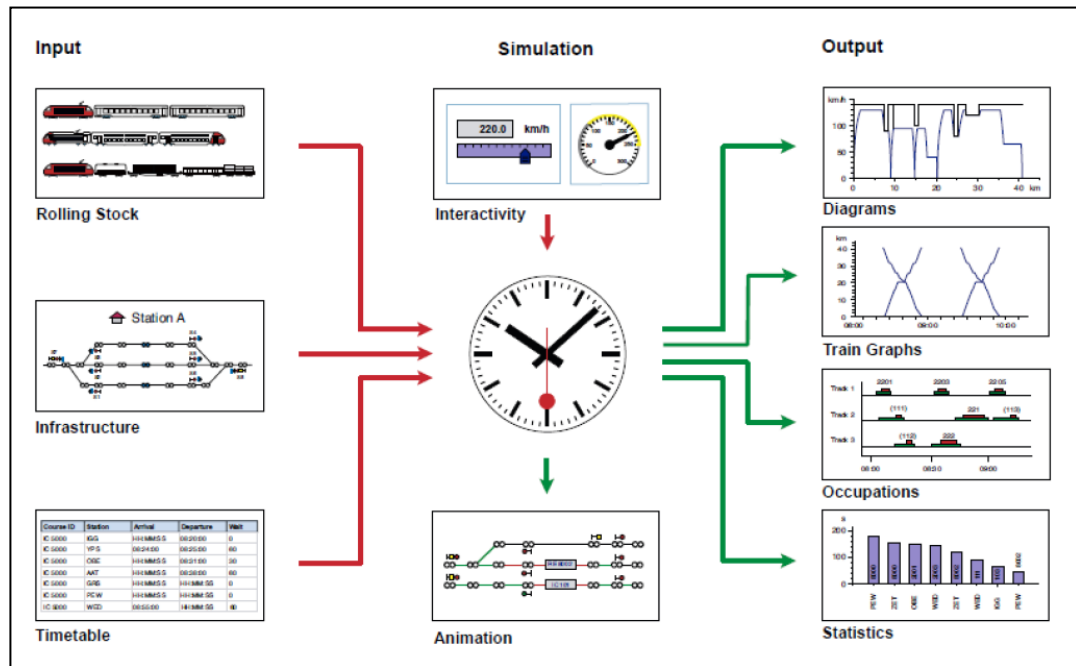
Station	Sneltrain Ah-Apd (31500)		Museumtrain 80 km/h (32880)		Museumtrain 40 km/h (32890)	
	(a)	(v)	(a)	(v)	(a)	(v)
Arnhem	-	6:44	-	-	-	-
Dieren	-	6:55	-	7:20	-	7:47
Laag Soeren	-	-	-	-	-	-
Eerbeek	-	7:01	7:28	7:35	7:59	8:05
Loenen	-	-	-	7:40	-	8:13
Immenbergweg	-	-	-	7:44	-	8:19
Beekbergen	-	-	-	7:48	8:22	8:31
Apeldoorn Zuid	-	7:09	-	-	-	-
Apeldoorn	7:12	-	7:53	-	8:39	-
Apeldoorn	-	6:54	-	7:13	-	7:27
Apeldoorn Zuid	-	6:58	-	-	-	-
Beekbergen	-	-	-	7:19	7:34	7:44
Immenbergweg	-	-	-	7:22	-	7:48
Loenen	-	-	-	7:27	-	7:54
Eerbeek	-	7:05	7:31	7:37	8:01	8:07
Laag Soeren	-	-	-	-	-	-
Dieren	-	7:12	7:44	-	8:19	-
Arnhem	7:23	-	-	-	-	-

Dit scenario heeft de volgende voor- en nadelen:

- + Goede overstaprelaties in Apeldoorn
- + Minder passages met stoomtreinen
- + VSM krijgt keermogelijkheid in Eerbeek
- + Geen aanpassingen 3600/7600
- Meer infrastructuur
- Arnhem→ Apeldoorn 1 minuut langzamer door wissel in Loenen

5 Bouw in OpenTrack

Voor de simulatie van de treinen in dit onderzoek is gebruik gemaakt van OpenTrack. Dit simulatieprogramma is ontwikkeld door ETH Zürich. In Figuur 8 is de werking van het programma schematisch weergegeven. Op alle aspecten van OpenTrack is in dit hoofdstuk ingegaan.



Figuur 8: Schematische weergave van de werking van OpenTrack

5.1 Invoer

OpenTrack heeft diverse gegevens nodig als invoer voor de simulatie. De drie invoeren zijn het materieel, de infrastructuur en de dienstregeling.

5.1.1 Materieel

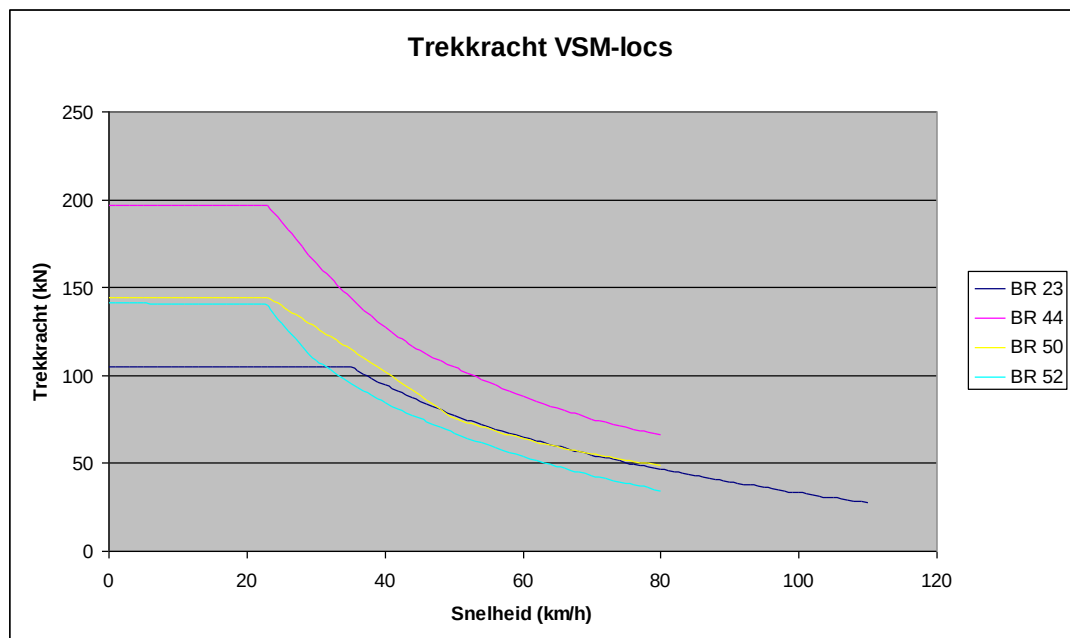
Omdat OpenTrack rekening houdt met materieleigenschappen zijn hierover gegevens nodig. Enkele gegevens waar de simulatie rekening mee houdt zijn de maximale snelheid, aanzet- en remvermogen en lengte. RHDHV heeft al een materieelbestand van al het reguliere Nederlandse spoorwegmaterieel.

Voor de simulatie is uitgegaan van al het standaardmaterieel wat op dit moment op de treinseries rijdt. Voor de nieuwe lijn Arnhem- Apeldoorn is de aanname gemaakt dat deze treinserie wordt gereden met 'Stadler GTW-D 2/8'-treinstellen. Deze aanname is gebaseerd op het waarschijnlijke scenario dat de treinserie regionaal wordt aanbesteed en dat de meeste van deze lijnen met dit materieel rijden. Mocht tot elektrificatie worden overgegaan zal de elektrische variant worden gebruikt.



Figuur 9: Stadler GTW-E 2/8

Ten behoeve van dit onderzoek is een aantal stoomlocs van de VSM toegevoegd aan het materieelbestand van RHDHV. De gegevens van de stoomlocs is gevonden in ANKE (Analytische Netkapazitätsermittlung, dienstregelings simulatieprogramma uit de jaren '90). De resultaten hiervan zijn te zien in Figuur 10.



Figuur 10: Trekkracht VSM-stoomlocomotieven

Aangezien BR 44, BR 50 en BR 52 zware goederenlocomotieven zijn en de BR 23 altijd voor personenvervoer is gebruikt, is deze laatste gekozen voor de treindienst. Hoewel deze trein maximaal 110 km/h uur kan is deze beperkt tot 80 km/u door de korte afstanden en de toeristische waarde van deze treinen. Als passagiersrijtuigen voor de standaardstoomtrein is gebruik gemaakt van drie 'blokkendozen' (NS Mat '24).

Voor de goederentreinen is de standaard goederentreinen van RHDHV gebruikt.



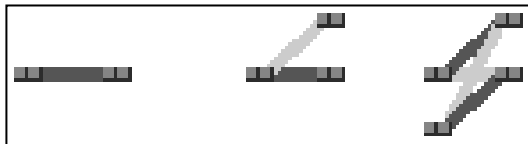
Figuur 11: Baureihe 23 (BR 23)

5.1.2 Infrastructuur

De tweede invoer van OpenTrack is de infrastructuur. In OpenTrack zijn spoor, wissels, seinen, stations, perrons etc. ingebouwd zodat de treinen ergens over heen kunnen rijden en kunnen worden bijgestuurd. Als basis voor de bouw van deze infrastructuur zijn OBE-bladen en BBK gebruikt.

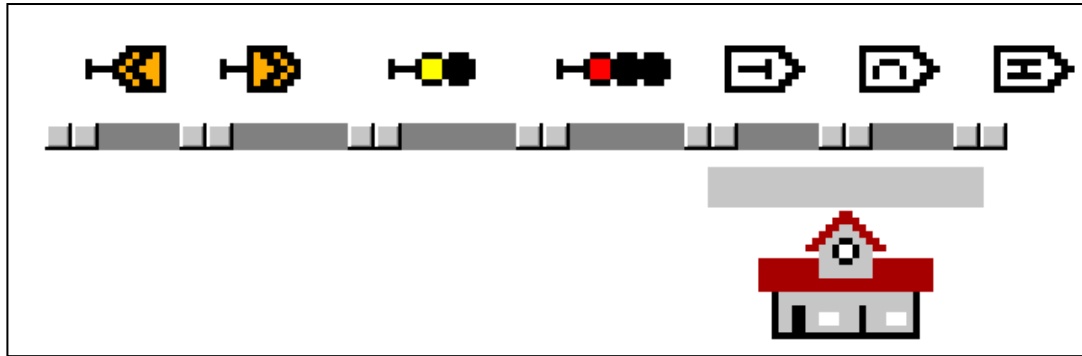
OpenTrack gebruikt hiervoor vertices. Vertices zijn punten met een kilometeraanduiding en naam. Elke vertex bestaat uit twee zijden, zodat beide rijrichtingen onderscheiden kunnen worden. Aan vertices zijn edges, seinen, borden vastgemaakt.

Twee vertices kunnen zijn verbonden met een edge. Een edge is een stuk spoor. Een edge heeft een lengte, een helling en een aantal maximale snelheden. Maximale snelheden kunnen verschillen voor het type trein en de rijrichting. Door drie vertices te verbinden met twee edges ontstaat een wissel. Een Engelse wissel is te maken door vier vertices te verbinden met vier edges.



Figuur 12: V.l.n.r. edge, een wissel, een Engelse wissel

Aan vertices zijn ook seinen te verbinden. Dit kunnen lichtseinen (hoofd- of voorsein) of borden zijn. Voorseinen zijn op het traject Dieren- Apeldoorn gebruikt om de hoofdenseinen aan te kondigen. Van de borden is er slechts een beperkt aantal gebruikt. Er zijn borden die een snelheidsverlaging aankondigen, die een nieuwe snelheid laten ingaan en aangeven waar een trein moet stoppen. Door RHDHV wordt geen gebruik gemaakt van borden voor snelheidsverhogingen, dit is namelijk verwerkt in de edges. De seinen zijn in Figuur 13 weergegeven.



Figuur 13: Seinen in OpenTrack (v.l.n.r. aankondiging snelheidsverlaging; ingang snelheidsverlaging; voorsein; hoofdsein; stopplaats (achterkant, midden en kop))

Voor dit onderzoek kon gebruik worden gemaakt van een al bestaand model van de spoorlijnen in Oost-Nederland (alles ten noorden van Nijmegen, ten westen van Ede-Wageningen en Apeldoorn en ten zuiden van Zwolle. In dit model is de spoorlijn tussen Dieren en Apeldoorn toegevoegd, inclusief een nieuwe wisselstraat in Dieren. De aanpassingen zijn beschreven in hoofdstuk 3.

5.1.3 Dienstregeling

Als de infrastructuur in OpenTrack zit, kan de dienstregeling worden ingevoerd in OpenTrack. Dit gebeurt in een aantal stappen:

1. Rijwegen definiëren
2. Paden definiëren
3. Itineraries definiëren
4. Treinseries en tijdschema invoeren

Rijwegen zijn de kleinste eenheid binnen OpenTrack voor het aanmaken van treinen. Een rijweg is een route tussen twee hoofdseinen. Met een rijweg wordt het seinbeeld en route voor de verbinding tussen twee hoofdseinen vastgelegd. Doordat ook een seinbeeld wordt vastgelegd kan het voorkomen dat twee rijwegen zijn tussen dezelfde twee hoofdseinen. Dit gebeurt bijvoorbeeld als na het volgende sein een wissel ligt welke afbuigend langzamer moet worden bereden dan rechtdoor.

Een pad is vervolgens een aaneenschakeling van verschillende rijwegen. Een pad loopt meestal tussen twee emplacementen. Aangezien niet elk station ook direct een emplacement is kan het voorkomen dat een pad meerdere stations betreft.

De grootste eenheid voor routes is de itinerary. Dit is weer een aaneenschakeling van verschillende paden. Een itinerary is meestal voor de hele route van een trein gemaakt.

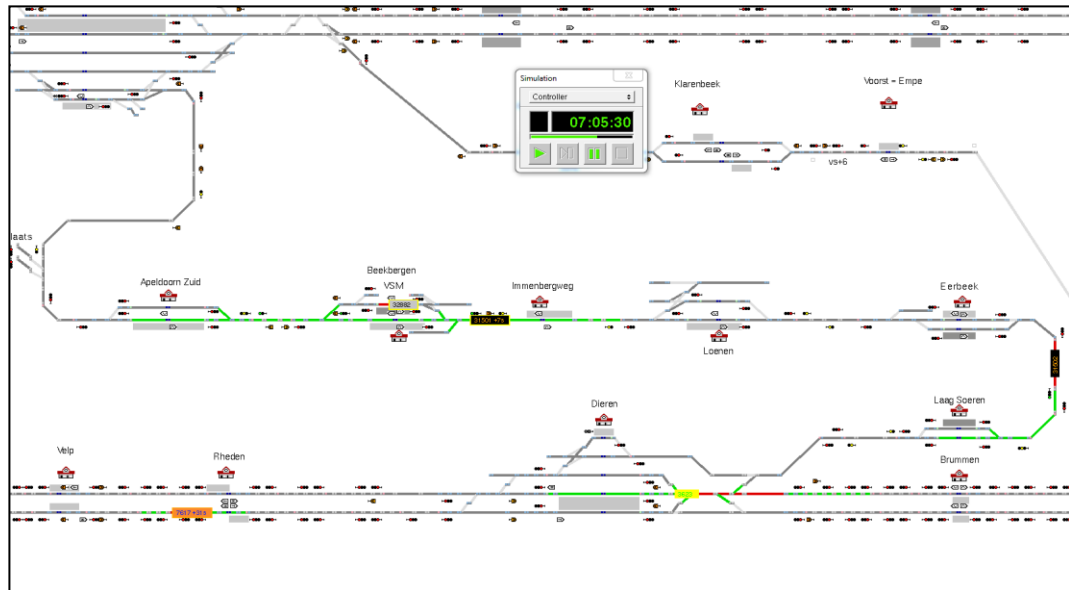
Als de itineraries zijn gemaakt kunnen de treindiensten worden aangemaakt. Elke treindienst kan meerdere itineraries hebben. Hierdoor kan voor een alternatieve route worden gekozen als de eerste keus niet beschikbaar is. Daarnaast is in deze stap ook het materieel ingevoerd wat de treindienst gebruikt.

Het tijdschema is ook in de treindienst geïntegreerd. Hierin kunnen stops, maar ook doorkomsten zijn opgenomen. Het is alleen nodig om vertrektijden op te nemen in het tijdschema, met uitzondering van het laatste station. Deze treindiensten kunnen worden omgezet in een treinserie door de treindiensten te dupliceren met een half uur of uur

verschil. Het is ook mogelijk om verbanden tussen treindiensten in te voeren. Dit is bijvoorbeeld nodig om kerende treindiensten met hetzelfde treinstel aan elkaar te koppelen. Dit is ook gebruikt voor overstapmogelijkheden of stoptreinen en/of goederentreinen die een intercity voor moeten laten gaan.

5.2 Simulatie

In OpenTrack kan worden meegekeken met de simulatie. Hierdoor zijn eventuele problemen direct op het spoor te zien. Een afbeelding van een lopende simulatie is in Figuur 14 weergegeven.



Figuur 14: Lopende simulatie in OpenTrack

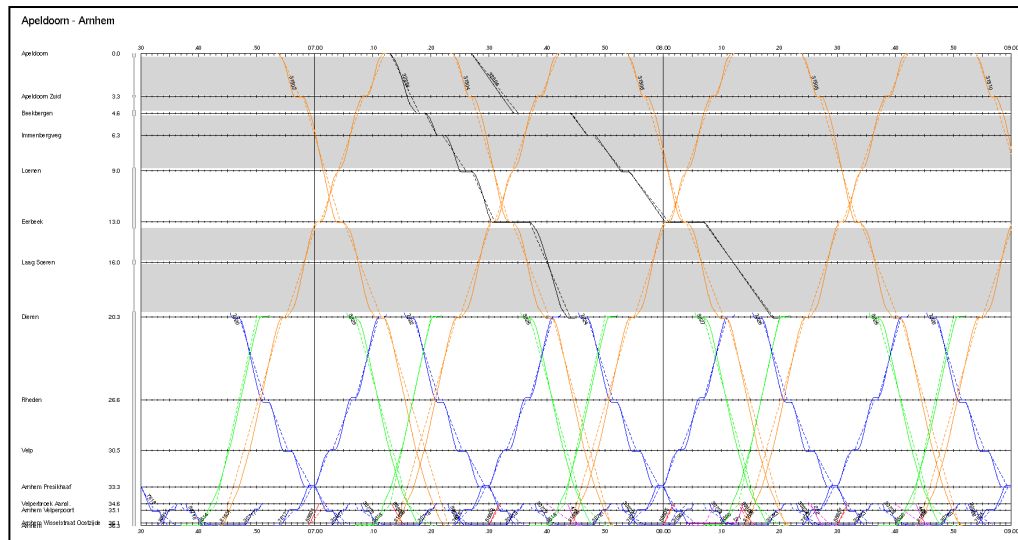
Een belangrijke optie tijdens de simulatie is het verminderen van de prestaties van de treinen. Aangezien het niet waarschijnlijk is dat treinen telkens maximaal optrekken en op het laatste moment afremmen is standaard een prestatiepercentage van 95% gebruikt. Dit lagere percentage dient als speling voor de rijtijd.

Alle simulaties in dit rapport zijn gedaan voor het tijdvak 4:00 tot 9:00 uur. In dit tijdvak rijden alle treinen die via Arnhem komen met uitzondering van de EuroNight en CityNightline richting Duitsland. Deze tijdliggingen zijn handmatig gecontroleerd.

5.3 Uitvoer

Van de uitvoer zijn twee diagrammen het belangrijkst. Het gaat hier over de tijd-wegdiagrammen en de snelheid-wegdiagrammen.

In een tijd-wegdiagram is de locatie van alle treinen in de loop van de tijd weergegeven. In Figuur 15 is een voorbeeld hiervan te zien. De stippellijnen geven de dienstregeling aan, waar de doorgetrokken lijnen de daadwerkelijke locatie aangeven. In Tabel 9 zijn de gebruikte kleuren verklaard.

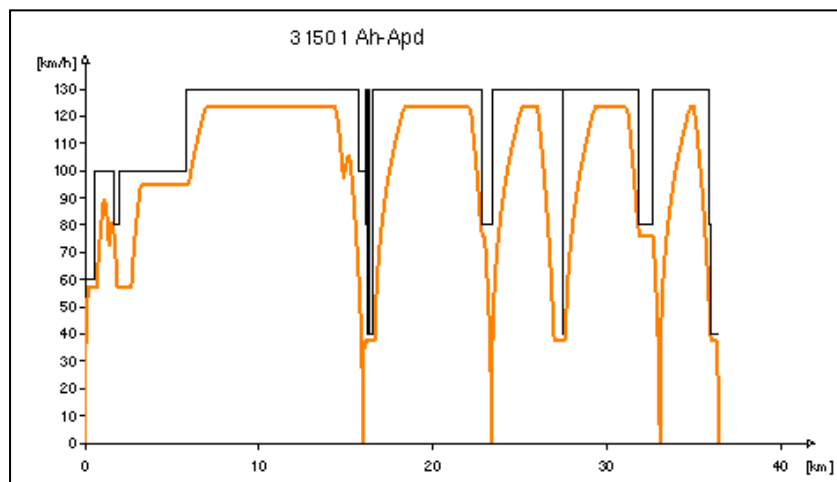


Figuur 15: Tijd-weg diagram Arnhem- Apeldoorn

Tabel 9: Verklaring kleuren tijd-weg diagrammen

Kleur	Treinsoort	Afkorting	Treinseries
Magenta	Internationale treinen	ICE/CN/EN	100; 120; 220; 400; 440
Groen	Intercity	IC	3600
Blauw	Sprinter/ Stoptrein	SPR/ST	7600; 30700; 30900
Rood	Goederentreinen	GO	88800; 88900
Oranje	Sneltrain Arnhem- Apeldoorn	S	31500
Zwart	Museumlijn Dieren- Apeldoorn	ST	32880; 32890

De tweede uitvoer van OpenTrack zijn de snelheid-wegdiagrammen. Deze geven de snelheid van een trein aan in de loop van een traject. De zwarte lijn hierin geeft de maximale snelheid, terwijl de gekleurde lijn de daadwerkelijke snelheid vertegenwoordigt. Figuur 16 geeft een voorbeeld van de sneltrein tussen Arnhem en Apeldoorn. In dit figuur is goed te zien dat deze trein niet maximaal presteert door het prestatiepercentage van 95%.



Figuur 16: Snelheid-weg diagram van trein 31501 Arnhem- Apeldoorn

6 Opbrengsten en kosten

Bij elk infrastructuurproject spelen aanleg- en exploitatiekosten een rol. Naast financiële kosten zijn er maatschappelijk opbrengsten en kosten. Alle opbrengsten en kosten zijn in dit hoofdstuk kort besproken. Voor alle berekeningen is als prijspeil 2013 genomen.

6.1 Infrastructurele kosten

Om de kosten voor de infrastructuur te bepalen is gebruikt gemaakt van de al eerder gemaakt kostenraming van RailInfra Solutions t.b.v. het rapport van Goudappel Coffeng. Ook de railbegrotingstool van RHDHV is gebruikt. De gevonden waarden voor de aanleg en onderhoud van de infrastructuur zijn te vinden in Tabel 10 en Tabel 11. De berekeningen zijn te vinden in bijlage F.

Tabel 10: Projectkosten scenario's voor aanleg infrastructuur

	Diesel-elektrisch	Elektrisch
A/ Kruising Eerbeek symmetrisch	€ 92.227.000	€ 119.040.000
B/ Kruising Eerbeek overstap	€ 92.227.000	€ 119.040.000
C/ Dubbelspoor Ebk-Lne	€ 101.154.000	€ 127.967.000

Tabel 11: Onderhoudskosten infrastructuur per scenario

	Diesel-elektrisch	Elektrisch
A/ Kruising Eerbeek symmetrisch	€ 1.845.000	€ 2.381.000
B/ Kruising Eerbeek overstap	€ 1.845.000	€ 2.381.000
C/ Dubbelspoor Ebk-Lne	€ 2.023.000	€ 2.559.000

6.2 Operationele inkomsten

De enige particuliere inkomstenbron voor deze lijn zijn de reizigers. Hiervoor is bijlage E.1 een berekening gemaakt. De uitkomsten hiervan zijn hieronder weergegeven in Tabel 12.

Tabel 12: Reizigersinkomsten per jaar per scenario

Dienstregeling	Reizigerinkomsten
A/ Kruising Eerbeek symmetrisch	€ 7.787.000
B/ Kruising Eerbeek overstap	€ 7.576.000
C/ Dubbelspoor Eerbeek- Loenen	€ 7.787.000

6.3 Operationele kosten

De operationele kosten zijn in vier categorieën in te delen; vaste, kilometer, uur en overige kosten. De operationele kosten zijn voor alle dienstregelingen gelijk. Er is alleen een verschil tussen de dieselelektrische en elektrische scenario's. In bijlage E.2 zijn de uitwerkingen voor deze kosten gegeven. De uitkomsten zijn te vinden in Tabel 13.

Tabel 13: Overzicht Operationele kosten

	Diesel-elektrisch	Elektrisch
Materieelkosten	€ 3.160.000	€ 3.095.000
Gebruikersvergoeding Stations	€ 348.000	€ 348.000
Brandstofkosten	€ 2.838.000	€ 1.416.000
Onderhoudskosten	€ 1.514.000	€ 946.000
Gebruikersvergoeding Lijngebruik	€ 776.000	€ 776.000
Personeelskosten	€ 1.849.000	€ 1.849.000
Algemeen beheer en winst kosten	€ 2.097.000	€ 1.686.000
Totale operationele kosten per jaar	€ 12.582.000	€ 10.116.000

6.4 Maatschappelijke opbrengsten

Het grootste maatschappelijke nut van een lijn is het verkorten van de reistijd tussen verschillende stations en plaatsen. Dit is voor vergelijkingen uitgedrukt in de reistijdopbrengst. De reistijdopbrengst is berekend door het reistijdverschil tussen twee stations te vermenigvuldigen met het aantal reizen tussen beide. Dit reistijdverschil is vervolgens maal de tijdwaardering gedaan, zodat het in geld is uit te drukken

De uitkomsten voor de verschillende dienstregelingen zijn in Tabel 14 weergegeven. De berekeningen hierachter zijn te vinden in bijlage G.1

Tabel 14: Reistijdopbrengsten

	A/ Ebk-kruising 1	B/ Ebk-kruising 2	C/ Dubbelspoor Ebk-Lne
Reistijdwinst per dag (uur)	3.788	3.707	3.775
Omgerekende dagen per jaar	310	310	310
Reistijdwinst per jaar (uur)	1.174.383	1.149.067	1.170.250
Reistijdwaardering (euro per uur)	€ 8,00	€ 8,00	€ 8,00
Reistijdvoordeel per jaar	€ 9.395.000	€ 9.193.000	€ 9.362.000
Relatief reistijdvoordeel per jaar	€ 202.500	€ -	€ 169.500

6.5 Maatschappelijke verliezen

Er zijn twee maatschappelijke verliezen. De eerste is het verlies van tijd tijdens overstappen van reizigers. Dit is het overstapverlies genoemd. De tweede is het verlies van tijd bij vertragingen.

6.5.1 Overstapverlies

Lang wachten op een overstap is vervelend en een lange overstap zal nadelig zijn voor de reizigersmening over de dienstregeling. De overstaprelaties zijn al bepaald tijdens het berekenen van de vervoerwaarden. Het aantal overstappers is vermenigvuldigd met de wachttijd voor deze overstap. Als minimum overstaptijd is drie minuten genomen. Laatste stap om dit om te rekenen naar een contante waarde via de tijdswaardering. In Tabel 15 zijn de berekeningen uit bijlage G.2 samengevat.

Tabel 15: Overstapverlies

	A/ Ebk-kruising sym	B/ Ebk-kruising over	C/ Dubbelspoor Ebk-Lne
Uren wachttijd per dag (uur)	1860	1158	1310
Omgerekende dagen per jaar	310	310	310
Uren wachttijd per jaar (uur)	576600	358980	406100
Reistijdwaardering (euro per uur)	€ 8,00	€ 8,00	€ 8,00
Wachttijdskosten per jaar	€ 4.612.800	€ 2.871.800	€ 3.248.800
Relatieve wachttijdskosten per jaar	€ 1.741.000	€ 0	€ 377.000

In bovenstaande tabel is te zien dat de eerste dienstregeling duidelijk slechter uitpakt dan de andere twee. Het verschil tussen dienstregeling B en C is volledig te verklaren doordat de dienstregeling C niet drie minuten wacht in Eerbeek. Doordat de vergelijking met de huidige OV-situatie ontbreekt en de opbrengsten van de overstappers ook niet worden meegenomen, wordt er verder gerekend met de relatieve wachttijdskosten per jaar.

6.5.2 Vertragsingsverlies

Vertragsingsverlies ontstaat wanneer een trein te laat aan komt volgens zijn dienstregeling. Door de stukken enkelspoor in de lijn Dieren- Apeldoorn is de kans groot dat een vertraging is doorgegeven aan andere treinen. Om deze reden zijn de verschillende scenario's hierop vergeleken. Het is mogelijk om het vertragsingsverlies te zien als afspiegeling van de betrouwbaarheid.

Het vertragsingsverlies is berekend door voor elk scenario simulaties te draaien waarin telkens één trein vanuit Arnhem of Apeldoorn 3, 5, 7 of 9 minuten vertraging heeft. Vervolgens is gekeken welke vertragingen alle treinen op het traject hierdoor kregen. Deze vertragingen zijn vermenigvuldigd met het aantal reizigers en de kans op deze vertraging. De uitwerkingen van deze stappen zijn te vinden in bijlage G.3. De resultaten zijn in Tabel 16 weergegeven.

Tabel 16: Overzicht vertragsingsverlies

Scenario	Nominaal	Relatief
A/ Kruising Eerbeek symmetrisch	€ 1.210.000	€ 168.000
B/ Kruising Eerbeek overstap	€ 1.042.000	€ -
C/ Dubbelspoor Eerbeek- Loenen	€ 1.137.000	€ 95.000

Omdat dit slechts een benadering is en er vele andere scenario's te verzinnen zijn, zijn de nominale waarden niet verder gebruikt. In plaats hiervan zijn de relatieve waarden gebruikt voor de maatschappelijke kosten berekeningen.

7 Vergelijking

Er zijn een aantal criteria waarop de verschillende scenario's zijn getoetst. De operationele kostendekkingsgraad behandelt de opbrengsten en kosten voor de vervoerder die jaarlijks terug zullen komen. De maatschappelijk kostenbaten analyse behandelt ook de infrastructuurkosten en reistijdwinsten en overstap- en vertragingsverliezen.

7.1 Operationele Kostendekkingsgraad

Met behulp van de reizigersinkomsten en operationele kosten is de kostendekkingsgraad te berekenen. De operationele kostendekkingsgraad geeft het financiële rendement van de lijnvoering weer. De resultaten voor de verschillende scenario's zijn te vinden in Tabel 17.

Tabel 17: Operationeel resultaat en kostendekkingsgraad per scenario

Scenario	Elektrificatie	Operationeel resultaat	Kostendekkingsgraad
A-1/ Kruising Eerbeek symmetrisch	Nee	€ -4.795.000	62%
B-2/ Kruising Eerbeek overstap	Nee	€ -5.006.000	60%
C-3/ Dubbelspoor Eerbeek- Loenen	Nee	€ -4.795.000	62%
A- 4/ Kruising Eerbeek 1	Ja	€ -2.329.000	77%
B-5/ Kruising Eerbeek overstap	Ja	€ -2.540.000	75%
C-6/ Dubbelspoor Eerbeek- Loenen	Ja	€ -2.329.000	77%

In Tabel 17 is duidelijk te zien dat elektrificatie voor het traject Dieren- Apeldoorn voordelig is voor de operationele kostendekkingsgraad. Dit is te verklaren door de veel lagere brandstof en onderhoudskosten.

De lagere kostendekkinggraden van scenario 2 en 5 zijn te verklaren door de licht lagere reizigersinkomsten. Deze zijn veroorzaakt door de drie minuten langere reis tussen Apeldoorn en Arnhem.

Op basis van de operationele kostendekkingsgraad zou de keuze vallen op scenario 4 of 6.

7.2 Maatschappelijke kostenbaten analyse

Voor de maatschappelijke kostenbaten analyse zijn de uitkomsten uit hoofdstuk 7.1 uitgebreid met de infrastructurele kosten en de maatschappelijke opbrengsten en kosten. Hierbij moeten wel een aantal kanttekeningen worden gemaakt.

Bij de maatschappelijke kosten zijn de relatieve waarden gebruikt. Uiteindelijk komen de jaarlijkse baten en kosten uit op de onderstaande formules.

$$\begin{aligned}
 \text{Jaarlijkse baten maatschappij} &= \text{Reizigeropbrengsten} + \text{reistijdopbrengsten} \\
 \text{Jaarlijkse kosten maatschappij} &= (\text{Operationele kosten} \\
 &\quad - \text{Gebruikersvergoeding stations en lijngebruik} \\
 &\quad + \text{onderhoudskosten infra} + \text{relatief overstapverlies} \\
 &\quad + \text{relatief vertragingsverlies}
 \end{aligned}$$

Met deze bovenstaande gegeven formules is een netto contante waarde (NCW) berekend over 50 jaar. Hierbij is een discontrate 5,5% (Rijkswaterstaat, 2011) aangehouden. Gecombineerd met de investeringskosten brengt geeft dit de maatschappelijke kostenbaten analyse uit Tabel 18.

Tabel 18: Maatschappelijke kosten baten analyse

	Elek	Investeringskosten	Opbrengsten	NCW	
A- 1/ Kruising Eerbeek symmetrisch	nee	€ 92.227.000	€ 48.983.000	€ -43.244.000	53%
B- 2/ Kruising Eerbeek overstap	nee	€ 92.227.000	€ 74.312.000	€ -17.915.000	81%
C- 3/ Dubbelspoor Ebk-Lne	nee	€ 101.154.000	€ 71.231.000	€ -29.923.000	70%
A- 4/ Kruising Eerbeek symmetrisch	ja	€ 119.040.000	€ 86.198.000	€ -32.842.000	72%
B- 5/ Kruising Eerbeek overstap	ja	€ 119.040.000	€ 111.528.000	€ -7.512.000	94%
C- 6/ Dubbelspoor Ebk-Lne	ja	€ 127.967.000	€ 108.446.000	€ -19.521.000	85%

Ook in de maatschappelijke kostenbaten analyse blijken de scenario's met elektrificatie beter te presteren. Hierdoor is duidelijk de conclusie te trekken dat de scenario's zonder elektrificatie afvallen.

Waar de operationele kostendekkingsgraad van scenario 4 nog goed presteerde blijkt het bij de maatschappelijke kosten baten analyse anders te zijn. Door de lange overstaptijden op Apeldoorn en het slecht kunnen opvangen van vertragingen blijkt deze dienstregeling niet goed meer te werken.

Scenario 5 blijkt juist de beste te zijn in maatschappelijke kostendekkingsgraad waar hij in de operationele kostendekkingsgraad het slechts scoorde. Deze scoorde juist goed op de punten waar scenario 4 slecht in scoort.

Scenario 6 is een goede tussenweg tussen beide. Hij geeft iets toe op de overstap- en vertragsverliezen. De investeringskosten zijn wel bijna acht miljoen euro hoger.

7.3 Voor- en nadelen VSM

Voor de VSM brengen de verschillende scenario's diverse voor- en nadelen met zich mee. In dit onderzoek is gekozen om deze voor- en nadelen niet contant te maken door de discutabelheid van de uitkomsten. Voor de VSM is als ideale situatie de huidige situatie aangenomen. Het scenario welke de minste aanpassingen vergt van de VSM is daardoor als beste geklasseerd. In Tabel 19 zijn de voor- en nadelen weergegeven.

Tabel 19: Voor- en nadelen VSM (getallen tussen haken zijn voor 40 km/h dienst)

Aspect	Huidig	A/ Kruising Eerbeek 1	B/ Kruising Eerbeek 2	C/ Dubbelspoor Eerbeek- Loenen
Aantal stations	6	6 (7)	6 (7)	6
Aantal passages sneltrein (min)	0	2 (3)	2 (3)	1 (2)
Totale wachttijd passages (min)	0	24 (31)	25 (26)	7 (15)
Reistijd Dieren- Apeldoorn (min)	69	50 (73)	51 (68)	33 (52)
Keermogelijkheid Eerbeek	Ja	Nee	Nee	Ja

Voor dienstregelingen A en B is het daarnaast ook niet mogelijk om te keren in Eerbeek. Dit dient altijd te gebeuren in Loenen of Dieren. Hierdoor zal de VSM moeten afwijken van

de huidige Laagseizoen dienstregeling. Met diensregeling C bestaat de mogelijkheid wel om in Eerbeek te keren.

Aan de hand van bovenstaande tabel is geconcludeerd dat de scenario's met dubbelspoor tussen Eerbeek en Loenen het beste is. Vooral de lange wachttijden op de passages spelen en de keermogelijkheid in Eerbeek spelen hierbij een rol.

8 Conclusie & Discussie

Dit onderzoek staat in het teken van een dienstregeling maken met de beste kostendekkingsgraad. Doordat er meerdere kostendekkinggraden zijn te berekenen is het mogelijk dat er verschillende scenario's op de verschillende aspecten het beste zijn. In dit onderzoek blijkt dit voor te komen.

Op basis van de operationele kostendekkinggraad zijn zowel scenario 4 (A/ Kruising Eerbeek symmetrisch met elektrificatie) en 6 (C/ Dubbelspoor Eerbeek- Loenen met elektrificatie) als beste aan te wijzen. Bij de maatschappelijke kostendekkingsgraad is scenario 5 (B/ Kruising Eerbeek overstap met elektrificatie) echter de positiefste, al blijft het verschil met scenario 6 relatief klein. Voor de VSM blijkt scenario 3 of 6 weer de beste.

Belangrijk voor de opdrachtgever is dat de maatschappelijke kostendekkingsgraad voor alle scenario's minder dan 100% is. Als de overheid ondanks dit toch over wil gaan tot uitvoering van deze treinserie, dan zal zij de uiteindelijke afweging moeten maken of de operationele of de maatschappelijke kostendekkingsgraad zwaarder weegt. Ook de voorkeuren voor de VSM kunnen meewegen in de scenariokeuze.

Op een aantal punten is nog verder onderzoek noodzakelijk. Het berekende reistijdvoordeel is waarschijnlijk te hoog. Dit is veroorzaakt doordat is vergeleken met de reistijden van het huidige OV welke erg hoog zijn. Het is waarschijnlijker dat op dit moment andere vervoersmogelijkheden worden gebruikt en dat de reistijden voor deze vervoersvormen lager zijn. Daarnaast zijn de overstap- en vertragsverliezen momenteel relatief genomen. Om tot betere getallen te komen dient het netwerkeffect beter te worden onderzocht en een vergelijking worden gemaakt met het huidige OV.

Daarnaast is het noodzakelijk dat diverse technische en ruimtelijke aspecten verder worden onderzocht. Zo dient de inpasbaarheid van het dubbelspoorscenario verder te worden bekeken. Daarnaast dient een oplossing te worden gevonden voor de treindectieproblemen en dient de Inspectie Leefomgeving & Transport toestemming te geven voor de gelijkvloerse spoorkruisingen. Ook is nog de mogelijkheid om op diverse stukken van de infrastructuur te besparen, doordat alleen lightrailtreinen over het traject rijden.

Bronnenlijst

Centraal Bureau voor de Statistiek (2013). *Statline/ Inflatie 1983-2012*. Geraadpleegd op 7 maart 2013 via <http://statline.cbs.nl>

Centrum Vernieuwing Openbaar Vervoer (2005). *Kostenkengetallen openbaar vervoer*.

Dijksterhuis, R. (1984). *Spoorwegtracering en stedenbouw in Nederland: Historische analyse van een wisselwerking*

Goudappel Coffeng (2012). *Advies Spoorverbinding Apeldoorn Arnhem (hoofdrapport en bijlagen)*

Lloud's Register Transportation (2012). *Verkenning elektrificatie Zwolle- Enschede*

Materieel gegevens Analytische Netzkapazitätsermittlung. Verkregen via RHDHV

Ministere van Infrastructuur en Milieu (2012). *Diverse informatie over spoorboekloos reizen (PHS)*. via www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/openbaar-vervoer/groei-op-het-spoor/spoorboekloos-reizen

Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2007). *Landelijke Markt- en Capaciteitsanalyse Spoor*

Nederlandse Spoorwegen (2013). *Diverse informatie over dienstregelingen en tarieven*. Geraadpleegd op februari 2013, via www.ns.nl

Open Track Railway Technology Ltd. (2010). *OpenTrack.Manual_E1.6*

Provincie Gelderland (2012), Statennotitie betreft 'Directe spoorverbinding Arnhem-Apeldoorn' zaaknummer 2011-012042

ProRail (2012). *BBK kaarten*. Verkregen via Database RHDHV

ProRail (2012). *Capaciteitsvergrotingsplan Elst- Arnhem*.

ProRail (2012). *diverse informatie over Goederenroute Oost Nederland*. via www.prorail.nl/Publiek/Infraprojecten/Overijssel/goederenrouteoostnederland/Pages/GoederenrouteOostNederland.aspx

ProRail (2012). Netverklaring 'Gemengde net' 2013. Geraadpleegd op 22 november 2012 via www.prorail.nl/Vervoerders/Netverklaring/Documents/2782585%20v1.2%20NV2013%20Gemengde%20net%201jul2012.pdf

ProRail (2012). *Overzicht Baan en Emplacement-bladen (OBE-Bladen)*. Verkregen via Infran-abonnement RHDHV

ProRail (2012). *Ontwerp Voorschriften Spoorwegen*. Verkregen via Infran-abonnement RHDHV

ProRail (2012). *Overzicht Seinbeelden-Bladen (OS-bladen)*. Verkregen via Infran-abonnement RHDHV

ProRail (2013). *Spoorbezettingsdiagrammen dienstregeling 2013*. Geraadpleegd op januari 201, via www.prorail.nl/Vervoerders/Capaciteitsverdeling/Dienstregeling2013/Pages/Documentenbijdienstregeling213.aspx

ProRail (2013). *Tijdwegdiagrammen dienstregeling 2013*. Geraadpleegd op januari 2013, via www.prorail.nl/Vervoerders/Capaciteitsverdeling/Dienstregeling2013/Pages/Documentenbijddienstregeling213.aspx

ProRail (2013). *Treinumnummerlijst dienstregeling 2013*. Geraadpleegd op januari 201, via www.prorail.nl/Vervoerders/Capaciteitsverdeling/Dienstregeling2013/Pages/Documentenbijddienstregeling213.aspx

Railinfra Solutions (2011). *Kostenraming Dieren - Apeldoorn*

Railway Gazette (2013), *Diverse nieuwsberichten*. Geraadpleegd op februari 2013, via www.railwaygazette.com

RHDHV. *model StationGIS*

Rijksoverheid (2011). Kamerbrief reële discontovoet. Geraadpleegd op 7 maart 2013, via www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2011/08/24/kamerbrief-reele-risicovrije-discontovoet.html

Sporenplan (2013). *Actuele tekeningen – simpel*. Geraadpleegd op 7 maart 2013, via: www.sporenplan.nl

SpoorPro (2012). *Stoomtrein spoort niet goed: Doetinchem Stoomstad afgelast*. Geraadpleegd op 4 maart 2013, via <http://www.spoorpro.nl/materieel/2012/08/14/stoomtrein-spoort-niet-goed-doetinchem-stoomstad-afgelast/>

Stadler Rail (2013). *Diverse factsheets over GTW-treinstellen*. Geraadpleegd op februari 2013, via www.stadlerrail.com/en/vehicles/gtw

Syntus Gelderland (2013). *Dienstregeling buslijn 91 en 231*. Geraadpleegd op februari 2013, via www.syntus gelderland.nl

TNO (2012). *Lange termijn perspectief spoorgoederenvervoer*

Treinreiziger.nl (2008). *Aantal in- en uitstappers (2006) – alfabetische volgorde*. Geraadpleegd op februari 2013, via [http://www.treinreiziger.nl/kennisnet/reizigersaantallen/cijfers/Aantal_in_en_uitstappers_\(2006\)_-alfabetische_volgorde](http://www.treinreiziger.nl/kennisnet/reizigersaantallen/cijfers/Aantal_in_en_uitstappers_(2006)_-alfabetische_volgorde)

Veluwsche Stoomtrein Maarschappij (2013). *Diverse informatie over materieel en dienstregeling*. Geraadpleegd op 1 maart 2013, via www.stoomtrein.org

9292ov (2013). *Reistijden OV*. Geraadpleegd op januari 2013, via www.9292.nl

A Begripsbepalingen en afkortingen

Begripsbepalingen

Pad	Een (trein)pad is een voor een specifieke trein gereserveerde rijweg.
Reis	In dit onderzoek is het begrip reis gebruikt voor een enkele reis tussen twee plaatsen.
Slag	Een slag is een keer heen en weer met dezelfde trein
Seinbeeld	Een lichtsein kan meerdere seinbeelden weergegeven. Bijvoorbeeld Rood, Geel en Groen.
Trein	Een trein is de combinatie van treinstellen of locomotief en wagons waarmee een treindienst wordt gereden
Treindienst	Een reis van een trein van begin- naar eindpunt
Treinnummer	Elke trein(dienst) heeft een uniek vier- of vijfcijferig treinnummer. Hiervan geven de eerste twee of drie cijfers de treinserie aan en de laatste twee cijfers het volgnummer. Alle even nummers rijden dezelfde kant op. De oneven nummers rijden in tegenovergestelde richting
Treinserie	Een treinserie is een reeks treindiensten die een bepaalde route volgens een bepaald patroon aflegt. Dit betreft treindiensten in beide richtingen.
Treinstel	Een treinstel is een vaste combinatie van rijtuigen (bakken) met eigen aandrijving en twee stuurstanden.

Begripsbepalingen OpenTrack

Rijweg (OT)	Kleinste eenheid route-eenheid binnen OpenTrack. Met een route zijn de seinbeelden en de route tussen twee hoofdseinen vastgelegd.
Pad (OT)	Een pad is een aaneenschakeling van verschillende routes binnen OpenTrack. Een pad loopt meestal van emplacement naar emplacement.
Itinerary (OT)	Grootste eenheid voor routes in OpenTrack. Een itinerary is een aaneenschakeling van Routes en wordt voor de hele route van een trein gemaakt.

Afkortingen

Tabel 20: Afkortingen

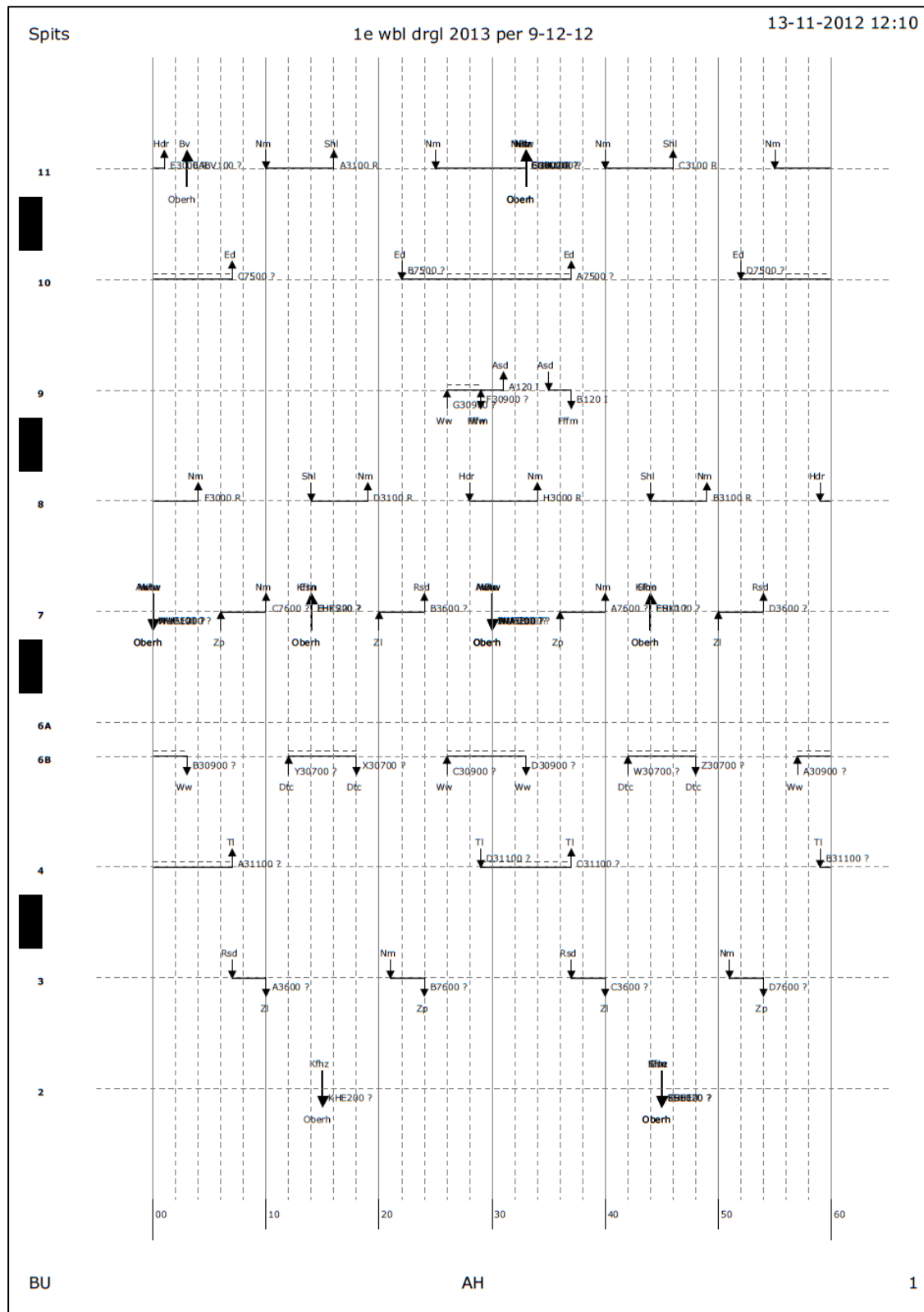
Afkorting	Volledige naam	Verdere uitleg
BBK	Basis beheer kaart	Kaart van een spoorlijn en zijn directe omgeving op schaal 1:1000
BR	Baureihe	Voorvoegsel om Duitse materiaalseries aan te geven
CN	CityNightline	Nachttrein
EN	EuroNight	Nachttrein
HB	Herkomst-Bestemming	Verkeerskundige term
IC	Intercity	Treinsoort
GO	Goederentrein	Treinsoort

Min I&M	Ministerie van Infrastructuur en Milieu	Landelijke overheid verantwoordelijk voor het hoofdrailnet.
MT	Museumtrein	Treinsoort
NSR	Nederlandse Spoorwegen Reizigers	Landelijke spoorwegmaatschappij
PHS	Programma Hoogfrequent Spoorvervoer	Programma van het Min I&M samen met ProRail en NS om meer treinen te kunnen laten rijden.
OBE-blad	Overzicht Baan en Emplacement	Schematische weergave van alle wissels, seinen, stations etc
OT	OpenTrack	Dienstregelingsimuleerprogramma
RHDHV	Royal HaskoningDHV	Ingenieursbureau/ opdrachtgever
S	Sneltrain	Treinsoort
SPR	Sprinter	Treinsoort
ST	Stoptrein	Treinsoort
VSM	Veluwsche Stoomtrein Maatschappij	Huidige maatschappij Apd-Dr

Tabel 21: Verkortingen

Verkorting	Volledige naam	Verdere uitleg
Ah	Arnhem	Station
Ahp	Arnhem Velperpoort	Station
Ahpr	Arnhem Presikhaaf	Station
Apd	Apeldoorn	Station
Apdz	Apeldoorn Zuid	Nieuw station
Bbg	Beekbergen	Station
Dr	Dieren	Station
Dtc	Doetinchem	Station
Dv	Deventer	Station
Ebk	Eerbeek	Nieuw station
Ed	Ede-Wageningen	Station
Em	Emmerich, Duitsland	Station
Im	Immenbergweg	Station/Halte
Lne	Loenen	Station
Lso	Laag Soeren	Nieuw Station/passeerspoor
Nm	Nijmegen	Station
Rh	Rheden	Station
Tl	Tiel	Station
Va	Velperbroek Aansluiting	Aansluiting
Vp	Velp	Station
Zp	Zutphen	Station
Zv	Zevenaar	Station

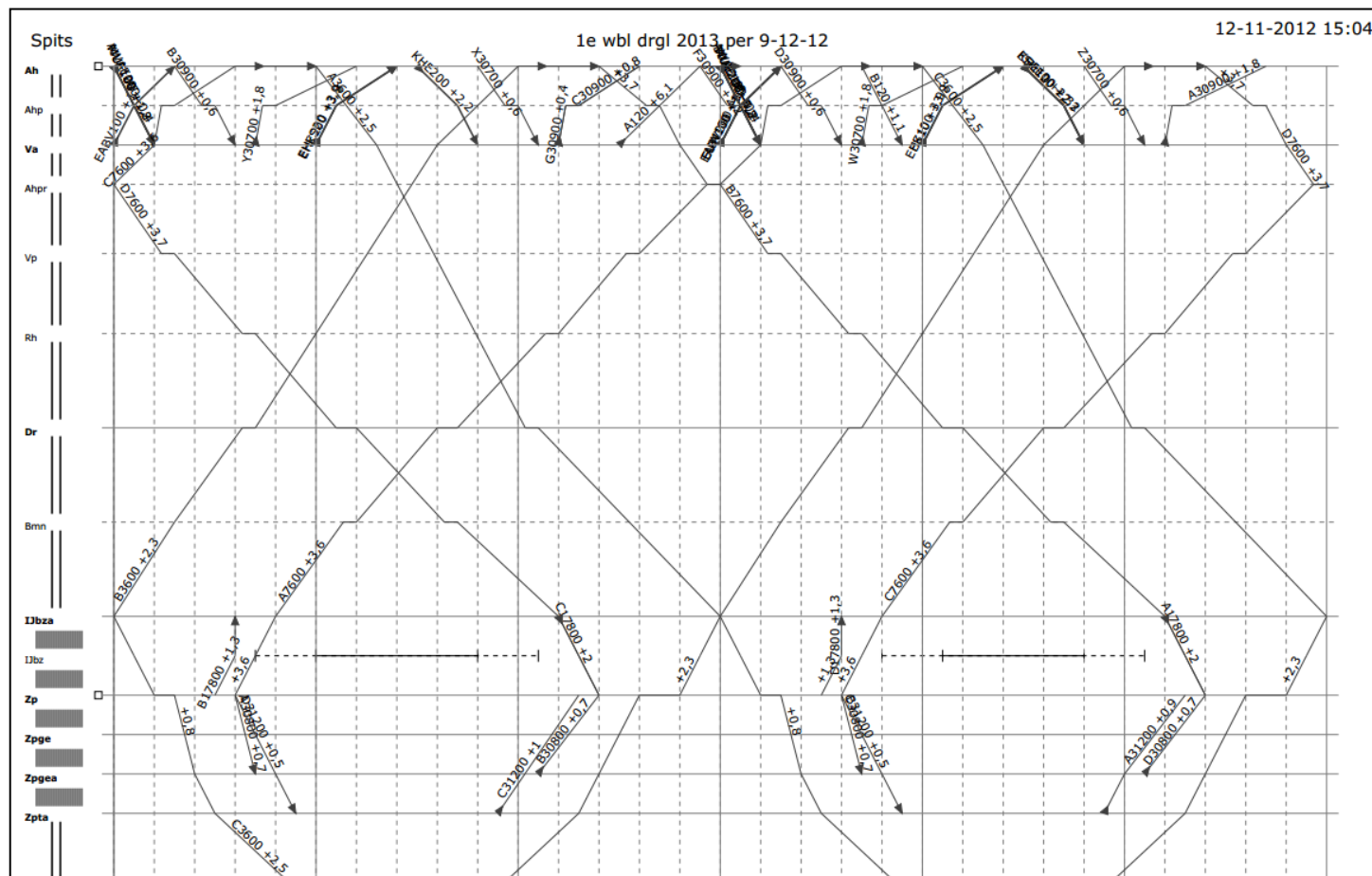
B Spoorbezettingsdiagram Arnhem



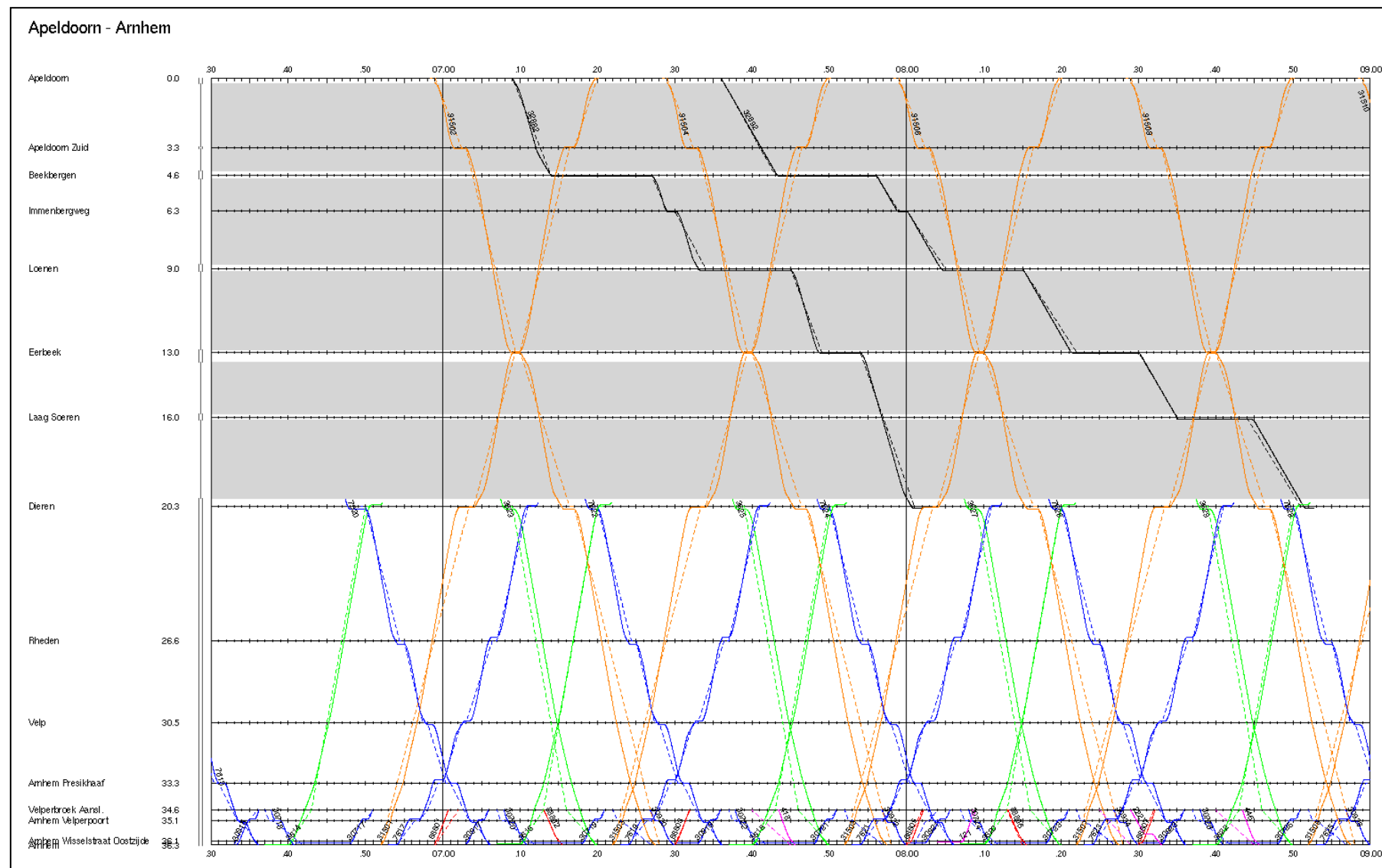
Figuur 17: Spoorbezettingsdiagram Arnhem

C Tijd-weg diagrammen

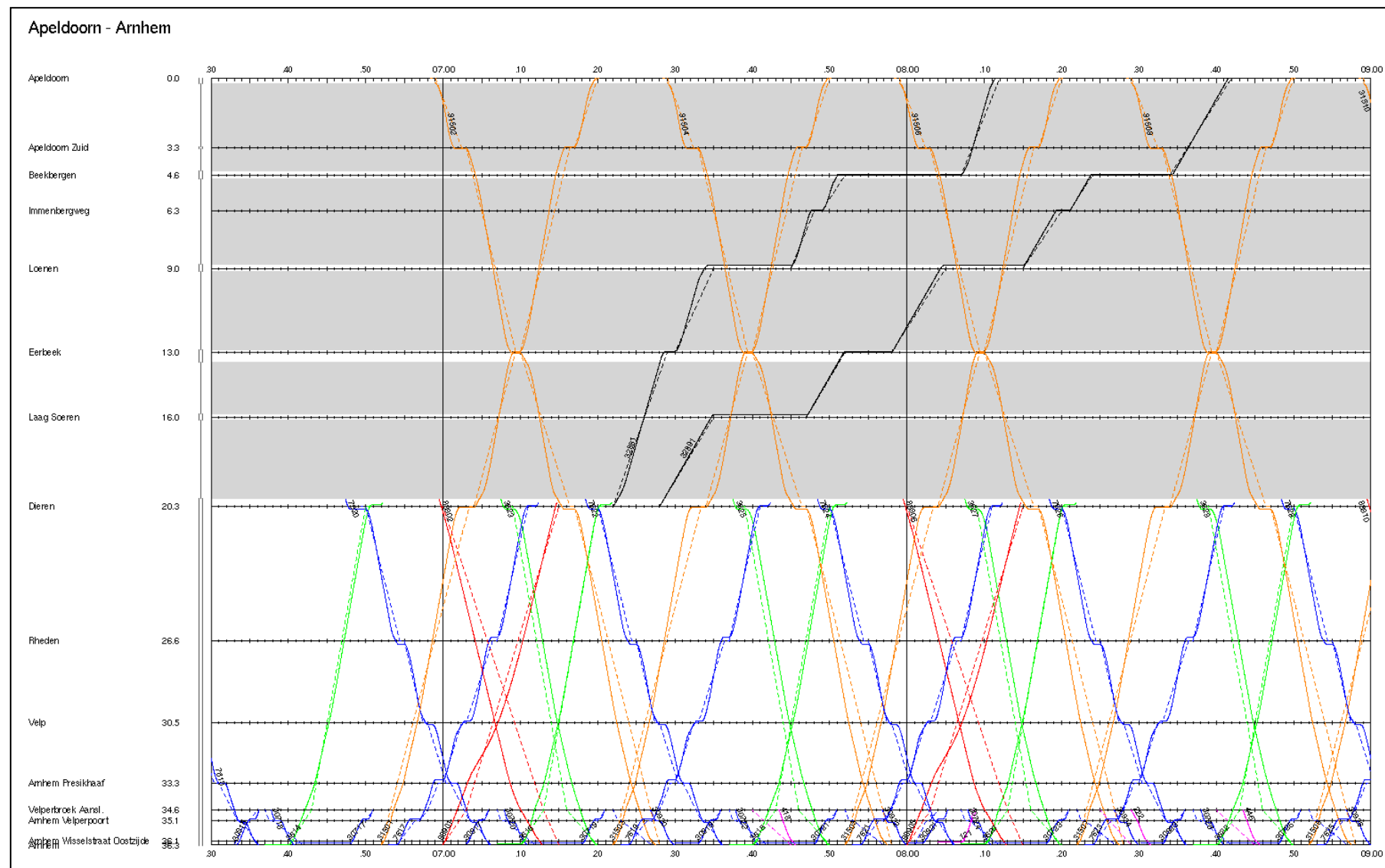
Er zijn telkens twee tijd-weg diagrammen per dienstregeling gemaakt. De eerste variant is met museumtreinen van Apeldoorn naar Dieren en goederentreinen richting Emmerich en v.v. In de tweede varianten zijn de museumtreinen van Dieren naar Apeldoorn en de goederentreinen naar Zutphen en v.v. weergegeven.



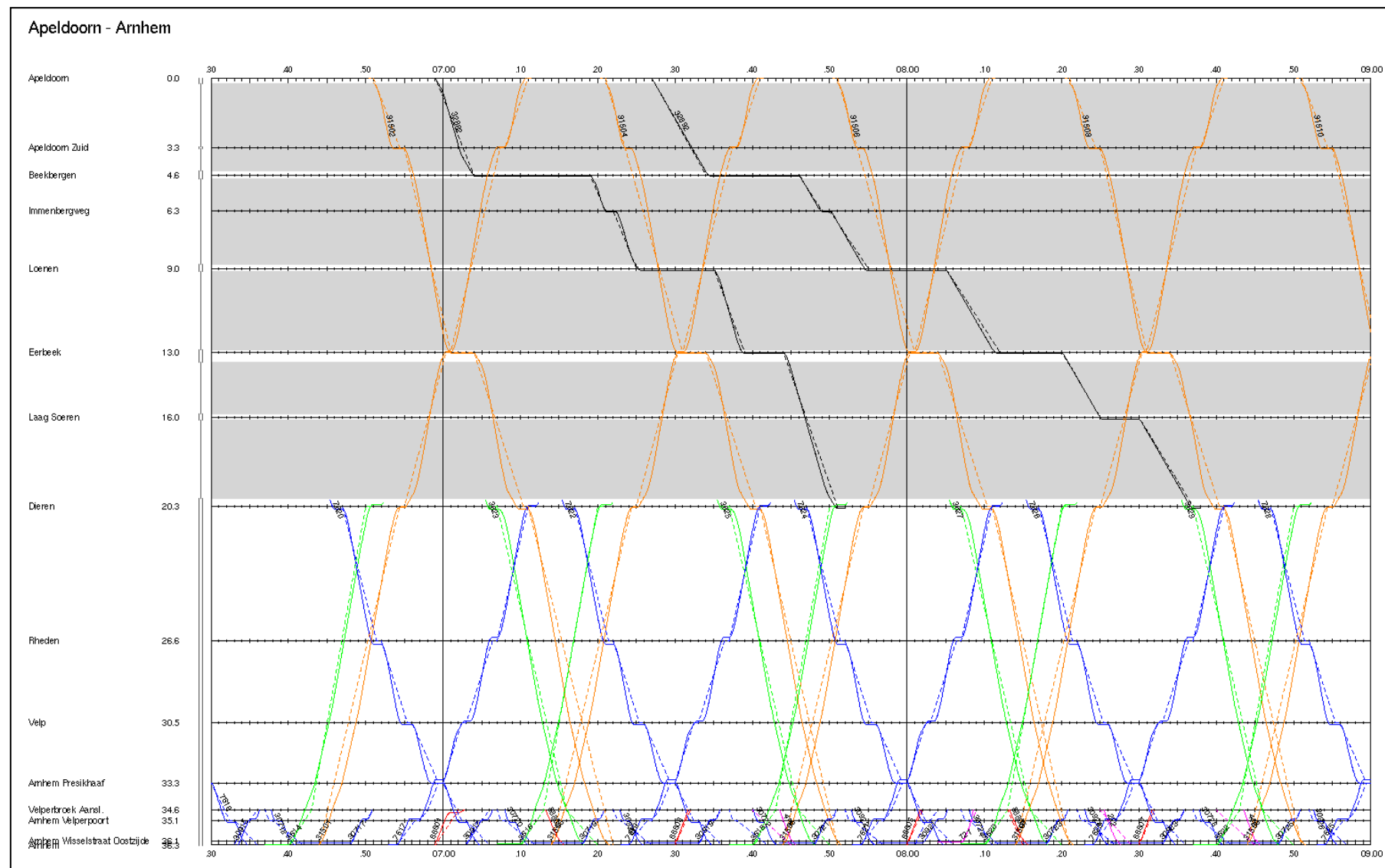
Figuur 18: Huidig tijd-weg diagram Ah-Zp (bron: ProRail)



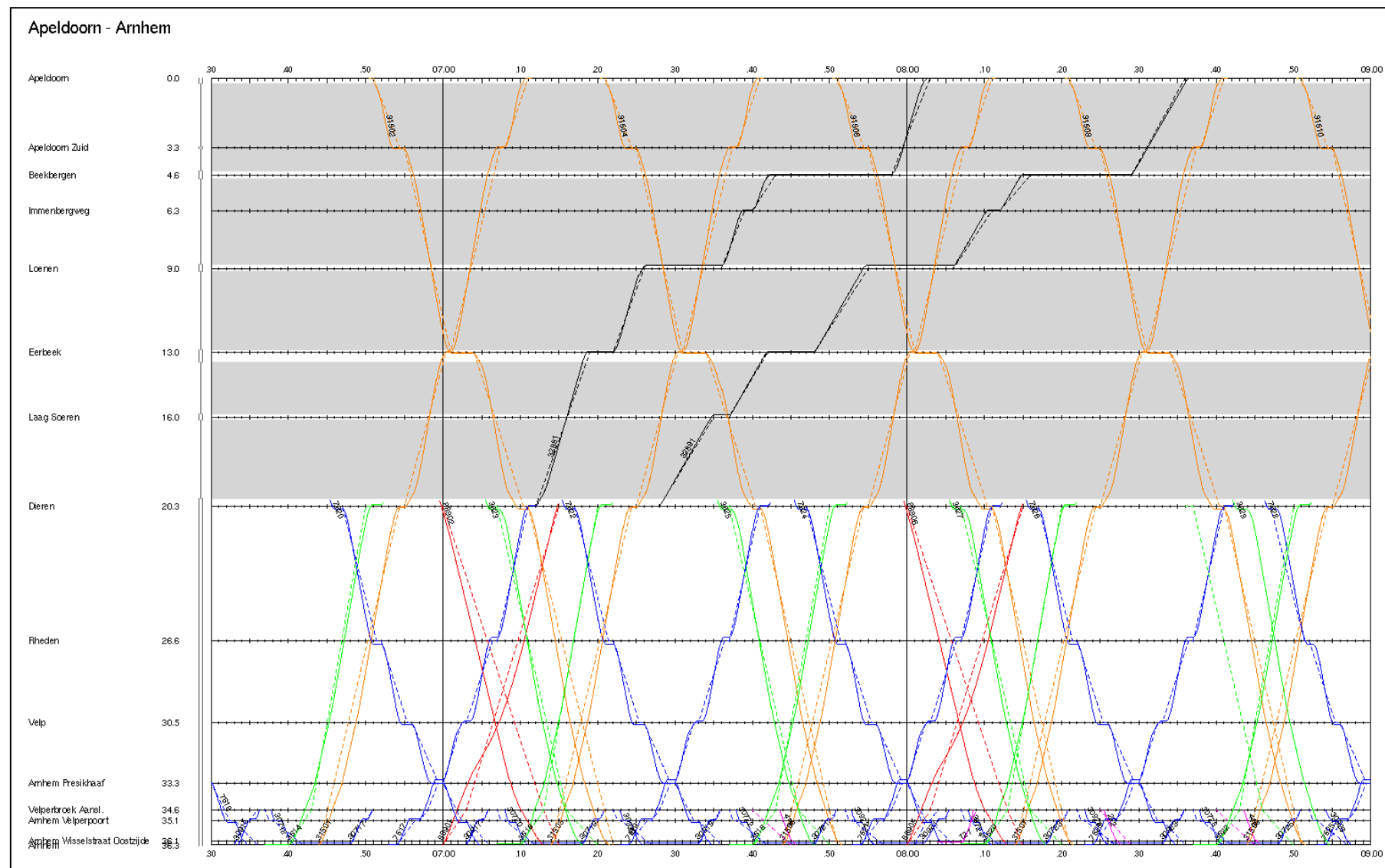
Figuur 19: Tijd-wegdiagram A/Eerbeek kruising 1



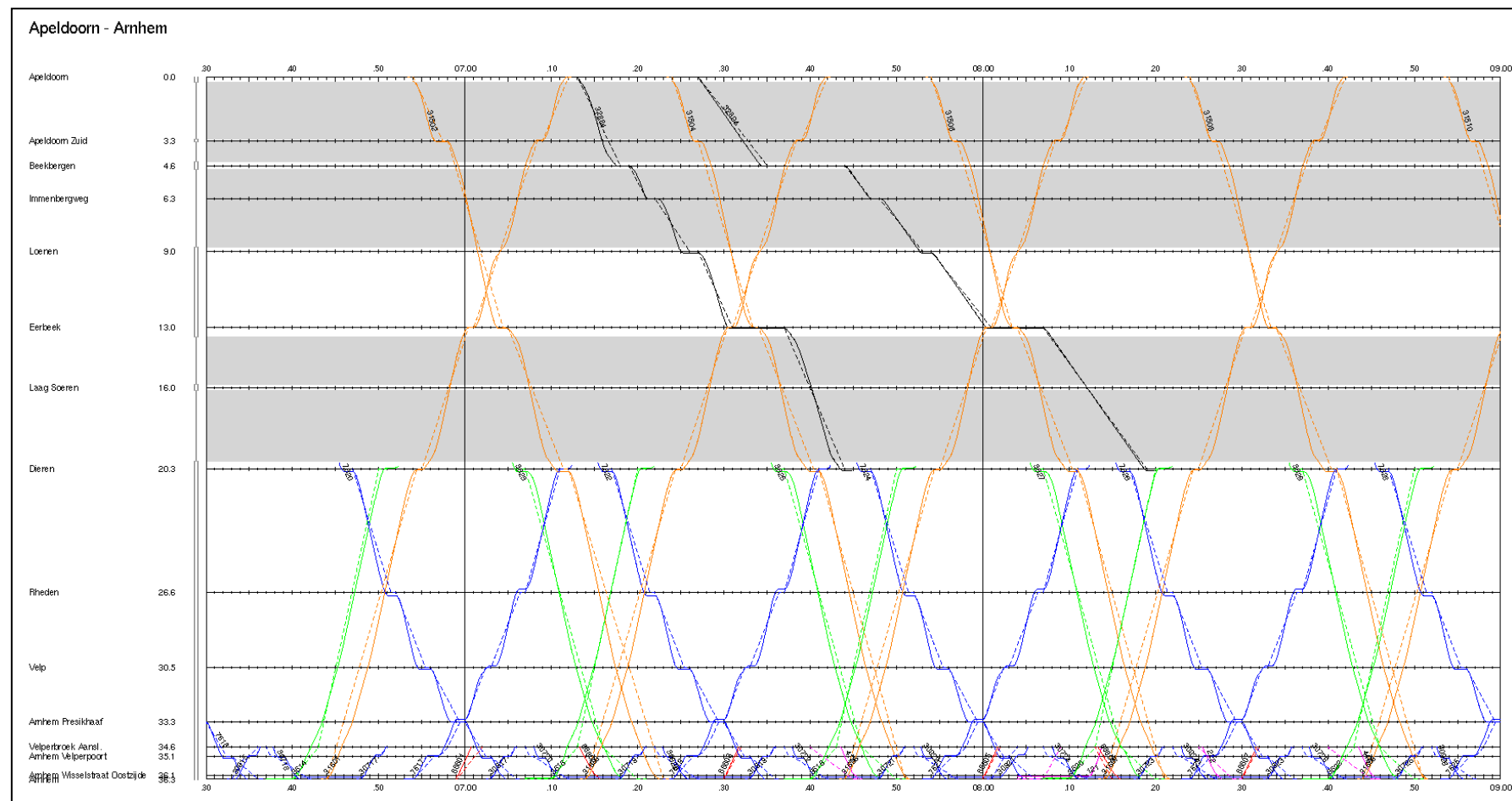
Figuur 20: Tijd-weg diagram A/Eerbeek Kruising 1



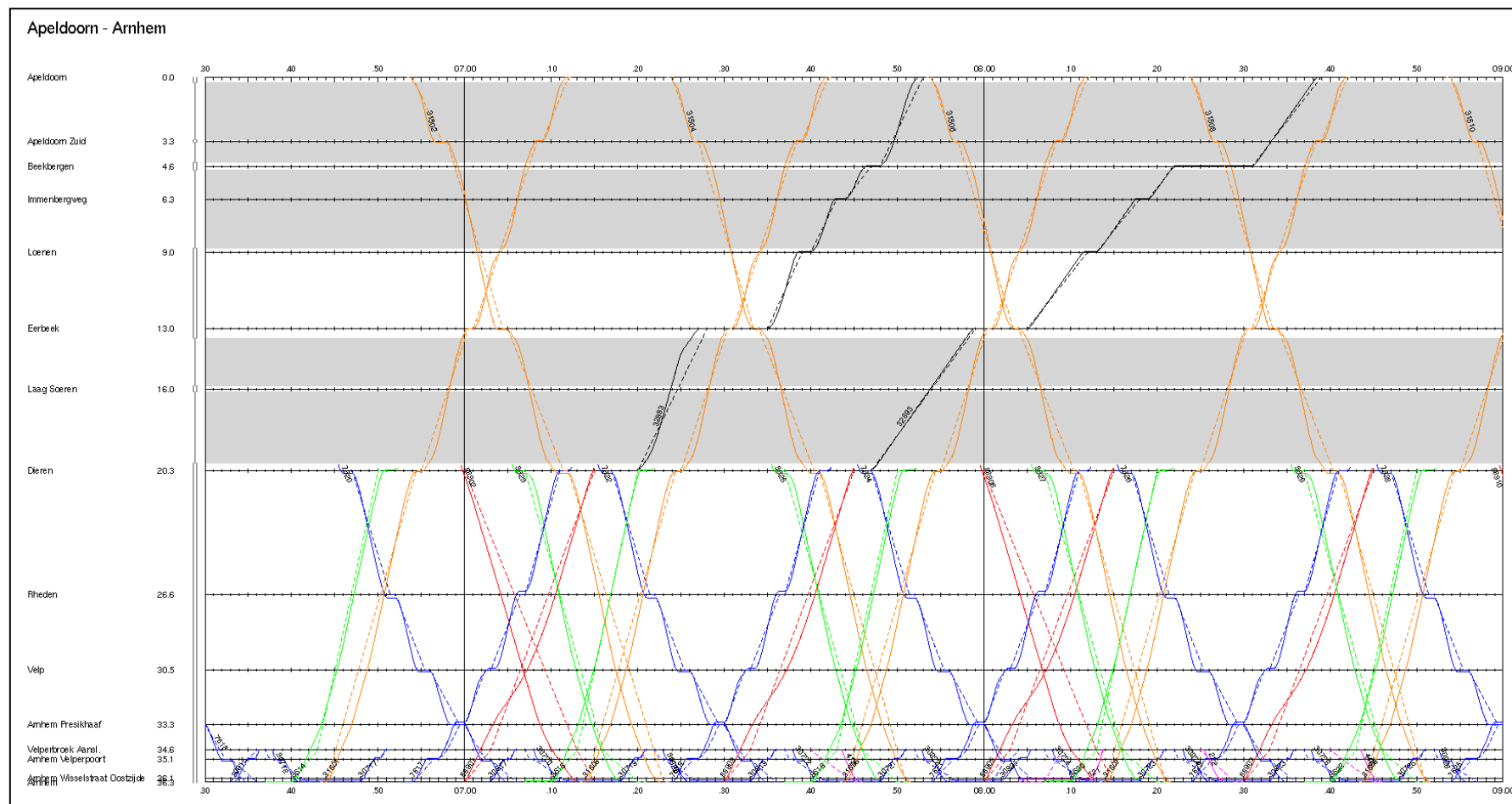
Figuur 21: Tijd-weg diagram B/Kruising Eerbeek overstap



Figuur 22: Tijd-weg diagram B/ Kruising Eerbeek overstap



Figuur 23: Tijd-weg diagram C/Dubbelspoor Eerbeek- Loenen



Figuur 24: Tijd-weg diagram C/Dubbelspoor Eerbeek- Loenen

D Vervoerwaarden en reizenverdeling

De belangrijkste factor voor het bepalen van de reizigersopbrengsten zijn de vervoerwaarden van de verschillende stations. Ook de verdeling van de reizen over de verschillende stations is van belang. Als eerste is de vervoerwaarde per station toegelicht. Vervolgens is de herkomst-bestemmingmatrix gemaakt.

D.1 Vervoerwaarden stations

Voor de basis van de vervoerwaarden is het model StationGIS van RHDHV gebruikt. Hierbij is gebruik gemaakt van sociaal-geografische gegevens van de omgeving van een station. Het model gebruikt vijf ringen op basis van afstand waar binnen het aantal inwoners en arbeidsplaatsen is bekeken. Vervolgens is doormiddel van kengetallen een ritproductie berekend, waarbij rekening is gehouden of het station in een zelfstandige kern ligt of als voorstadhalte dient. Hierna zijn factoren voor gebiedstype, frequentie en invloeden van bus, P+R en fiets toegepast.

Dit model is voornamelijk goed te gebruiken om een verwachting te krijgen bij nieuwe stations op regionale lijnen en niet om reizigersaantallen op bestaande stations te voorspellen. Daarom is dit model alleen gebruikt voor de stations Eerbeek en Apeldoorn Zuid. Voor Dieren is dit model gebruikt om de reizigersgroei voor de extra lijn te kunnen voorspellen.

Voor Apeldoorn en Arnhem is dit model niet gebruikt. Er zijn teveel versturende factoren van andere lijnen waardoor geen goede waarde te vinden is. De vervoerwaarde is bepaald op basis van de aankomsten van de reizigers van de andere drie stations. Voor de vervoerwaarde tussen Arnhem en Apeldoorn is gebruik gemaakt van een verwachting op basis van de huidige busdiensten tussen beide steden.

In de onderstaande paragrafen is per station de vervoerwaarde berekend. De waarden uit het model geven de vervoerwaarde weer van 2008, het jaar van de data in het model. Deze waarden zijn omgerekend naar 2020 met behulp van de verwachting uit het rapport 'Landelijke Markt- en Capaciteitsanalyse Spoor' van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat (november 2007). Dit rapport geeft aan dat een groei te verwachten is van tussen de 0,9% en 1,5% per jaar. De vervoerwaarden zijn afgerond op honderdtallen.

D.1.1 Vervoerwaarde Dieren

Voor Dieren is niet de waarde van het model te gebruiken. Dit komt door het niet regionale karakter van de lijn en het langdurige distributie-effect wat hier al heeft plaatsgevonden. Daarnaast wordt Dieren nu al bediend met vier treinen per uur per richting. Daardoor is al een huidig gebruik van het station bekend. Hierop is het StationGIS-model gecorrigeerd.

Agglomeratie is als gebiedstype gebruikt voor station Dieren. De overige factoren zijn op nul gezet.

Het aantal in- en uitstappers in 2008 was 4.147 (bron: Treinreizger.nl). De waarde welke het model voor een 4 – 4 frequentie op Dieren geeft is 2.700. Een 4 – 4 frequentie houdt

in dat zowel in de spits als in de daltijden vier treinen per uur per richting rijden. De correctie op het model is $4.147/2.700 = 1,54$.

De vervoerwaarde van Dieren is in twee delen gedeeld; de waarde richting Arnhem en de waarde richting Apeldoorn. Richting Arnhem zal een frequentie verhoging plaatsvinden van vier naar zes treinen per richting per uur. Aangenomen is dat een derde van de reizigers in de nieuwe trein zal plaatsnemen. De modelwaarde die bij deze frequentie hoort is 3000. Omdat deze waarde voor twee richtingen is, is deze waarde door tweeën gedeeld. Dit resulteert in een vervoerwaarde tussen Dieren en Arnhem in de treinserie Apeldoorn – Arnhem van 900 reizen per dag.

Richting Apeldoorn is de modelwaarde die bij een frequentie hoort van twee treinen per uur per richting gedeeld door twee om de waarde te krijgen. Dit geeft een vervoerwaarde van 1850 ± 100 reizen per dag.

De vervoerwaarde van Dieren richting Apeldoorn is gesteld op 1900 reizen per dag.

D.1.2 Vervoerwaarde Eerbeek

Voor Eerbeek is de waarde van het basismodel aangehouden. Hierbij is het gebiedstype op provinciaal gezet en de frequentie op 2 -2. De anderen factoren zijn niet gebruikt. Hieruit komt een vervoerwaarde van 1500 reizen per dag. Gecorrigeerd op groei is de vervoerwaarde 1730 ± 100 reizen per dag.

Er is verder gerekend met een waarde van 1700 reizen per dag.

D.1.3 Vervoerwaarde Apeldoorn Zuid

Apeldoorn Zuid is aangemerkt als voorstadhalte en het gebiedstype agglomeratie. Dit geeft een vervoerwaarde (gecorrigeerd op groei) van 4380 ± 150 reizen per dag. Het bedieningsgebied van dit station overlapt echter die van station Apeldoorn. Meetkundig is bepaald dat ongeveer 25% van het oorspronkelijke bedieningsgebied van Apeldoorn Zuid dichterbij station Apeldoorn ligt. Dit percentage reizen is van de vervoerwaarde afgetrokken. In werkelijkheid ligt dit percentage nog hoger door de hogere attractiewaarde van station Apeldoorn.

De uiteindelijke vervoerwaarde van Apeldoorn Zuid waarmee verder is doorgerekend is 3300 reizen per dag. Dit is een hoog aantal, maar het grote aantal inwoners en arbeidsplaatsen in de buurt van dit station kan deze waarde kunnen verklaren.

D.1.4 Vervoerwaarde Arnhem – Apeldoorn

De huidige snelbusdiensten tussen Arnhem en Apeldoorn zijn gebruikt om een vervoerswaarde te berekenen. Buslijnen 91 en 231 rijden (vrijwel) rechtstreeks tussen beide steden. Door uit te gaan van een gemiddelde kostendekkingsgraad van 60% is een verwachte vervoerwaarde benaderd. De meeste waarden zijn overgenomen uit 'Kostenkengetallen Openbaar vervoer' (Centrum Vernieuwing Openbaar Vervoer, 2005). In Tabel 22 is deze berekening terug te vinden.

Tabel 22: Vervoerwaarde berekening Arnhem- Apeldoorn

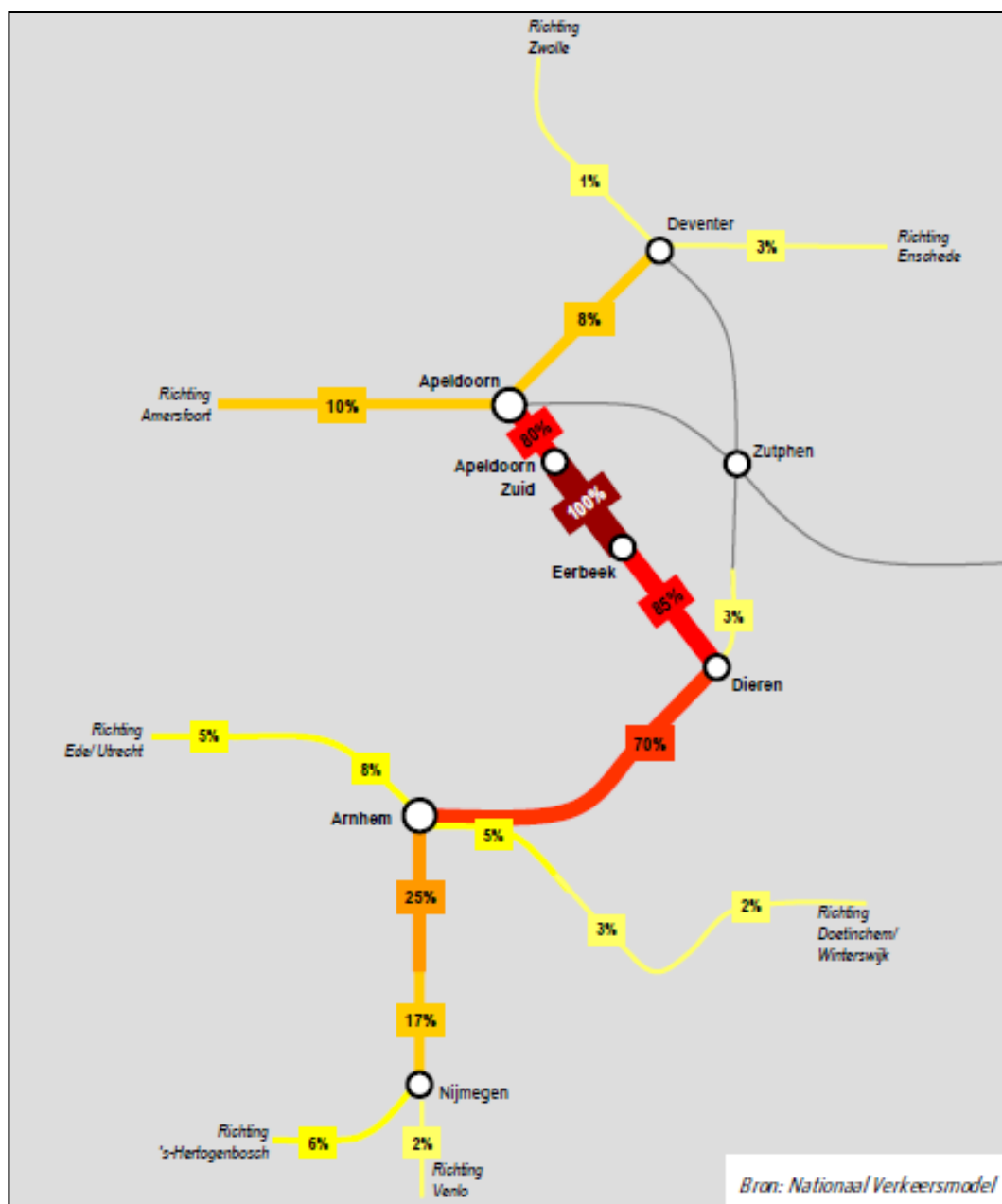
Vaste kosten	
Kapitaalkosten per bus per jaar	€ 25.000,-
Stalling en verzekeringskosten per jaar	€ 4.500,-
Kosten per bus per jaar	€ 29.500,-
Aantal bussen noodzakelijk voor buslijn 91 en 231	12
Totale kosten bussen per jaar	€354.000,-
Kilometerkosten	
Kosten onderhoud per kilometer	€ 0,25
Kosten brandstof per kilometer	€ 0,25
Totale kosten per kilometer	€ 0,50
Afstand Apeldoorn- Arnhem (kilometers)	40
Aantal ritten per dag (zowel buslijn 91 en 231)	140
Totaal aantal kilometer dienstregeling	5600
Extra kilometers (materiaalritten etc.)	20%
Totaal aantal kilometers	6720
Kilometerkosten per dag	€ 3.360,-
Kilometerkosten per jaar	€ 1.226.000,-
Uurkosten	
Gemiddelde reisduur (minuten)	48
Aantal ritten per dag	140
Totaal aantal dienstregelinguren	112,6
Wachttijden, materiaalritten etc.	50%
Totaal aantal arbeidsuren	168,9
Chauffeurskosten per uur	€ 70,-
Chauffeurskosten per dag	€ 11.823,-
Chauffeurskosten per jaar	€ 4.315.000,-
Totale kosten	
Vaste- , kilometer en uurkosten	€ 5.895.000,-
Percentage Algemeen beheer en winst	20%
Totale kosten per jaar	€ 7.074.000,-
Opbrengsten	
Gemiddelde reizigersopbrengst	€ 5,12
Gewogen reizigersopbrengst (met kortingspercentage)	€ 4,77
Verwachte kostendekkingsgraad	60%

Totale opbrengsten	€ 4.244.400,-
Totaal aantal reizen per jaar	889.468
Totaal aantal reizen per dag	2.437
Omzetten naar trein	
Gemiddelde reistijdwinst met trein	42%
1 % reiswinst = 0,8 % reizenwinst	
Reizigerwinst	33%
Treinbonus	10%
Totale verwachte reizigersgroei tot 2020	9%
Totaal aantal reizen per dag	2900

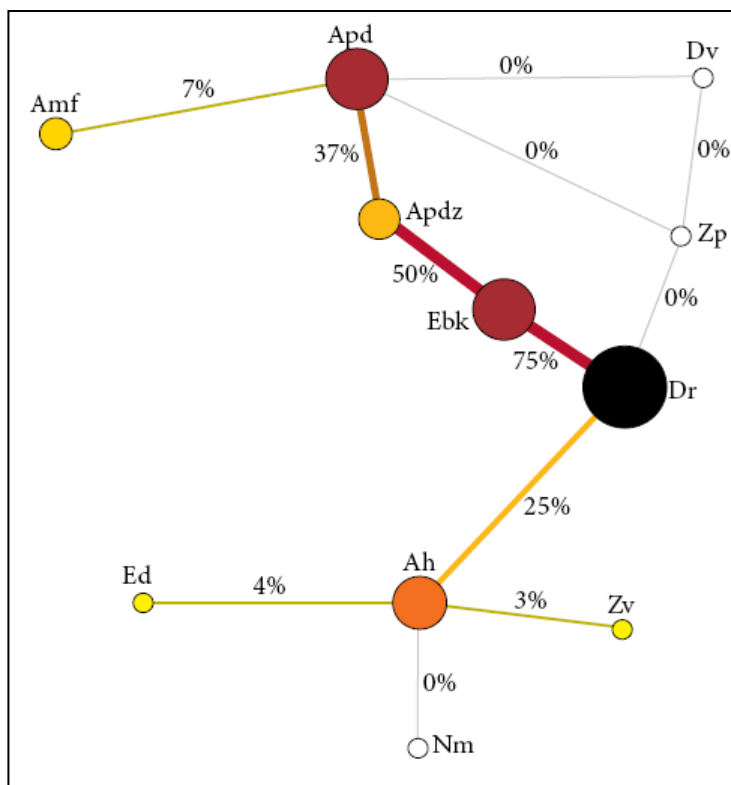
Er is verder gerekend met een vervoerwaarde van 1500 reizen van Arnhem naar Apeldoorn en v.v.

D.2 Reizigersverdeling

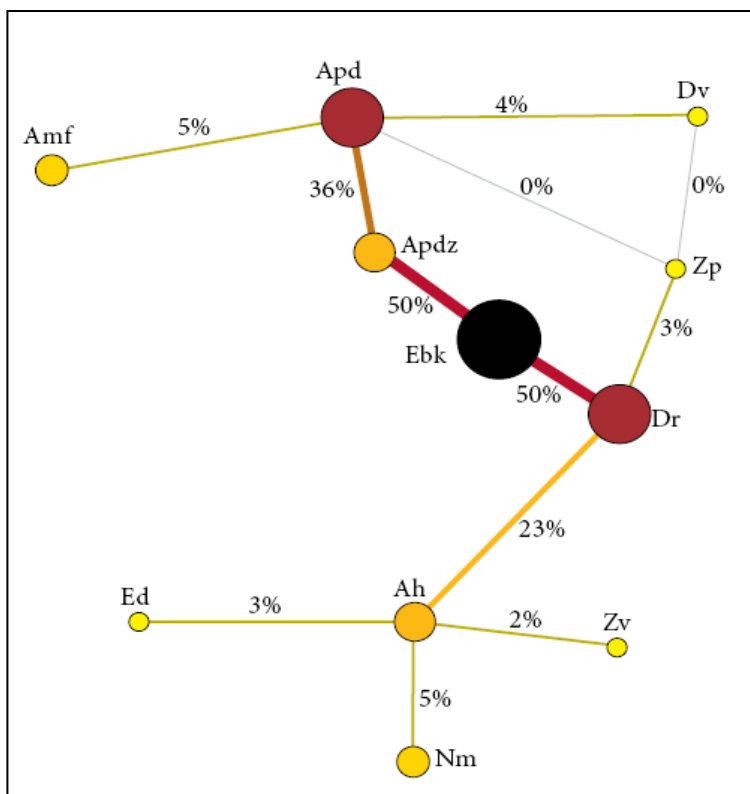
Om tot de HB-matrix te komen is gebruik gemaakt van de in paragraaf D.1 gevonden vervoerwaarden. Op basis van een expert-judgement en de afbeelding van het netwerkeffect uit het rapport van Goudappel Coffeng (Figuur 25) is de reizigersverdeling gemaakt. De waarden zijn zo gekozen dat H-B gelijk is aan B-H. Bij de toedeling is de volgende volgorde voor het toedelen gebruikt: Apeldoorn Zuid, Dieren, Eerbeek en als laatste Apeldoorn en Arnhem. In Figuur 26 tot en met Figuur 28 zijn de netwerkeffecten van de stations te zien. In Tabel 24 is de uiteindelijke basis HB-matrix te zien.



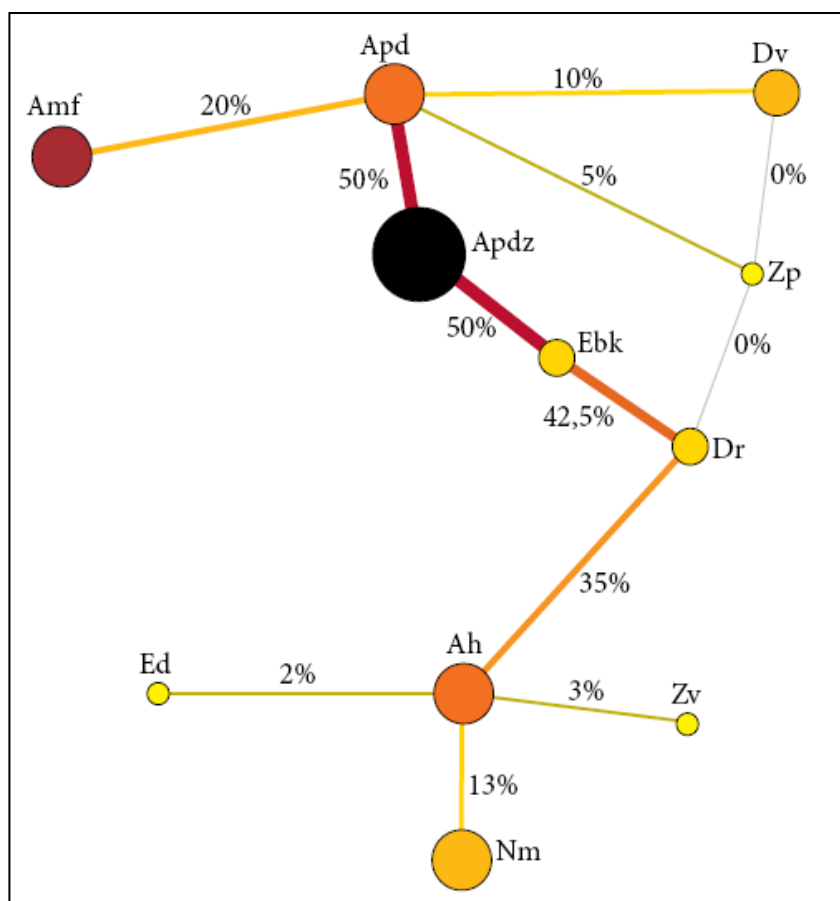
Figuur 25: Netwerkeffect Koningslijn (Bron: Goudappel Coffeng 'Advies spoorverbinding Apeldoorn-Arnhem)



Figuur 26: Reizigersverdeling van treinserie 31500 in Dieren



Figuur 27: Reizigersverdeling Eerbeek



Figuur 28: Reizigersverdeling Apeldoorn Zuid

Tabel 23: Reizigersverdeling

Van/naar	Ed	Nm	Zv	Ah	Dr	Ebk	Apdz	Apd	Zp (via Dr)	Amf	Dv	Zp (via Apd)
Ah	0%	0%	0%	-	-	-	-	-	0%	0%	0%	0%
Dr	4%	0%	3%	18%	-	25%	13%	30%	0%	7%	0%	0%
Ebk	3%	5%	2%	10%	27%	-	14%	27%	3%	5%	4%	0%
Apdz	2%	13%	3%	17%	8%	8%	-	15%	0%	20%	10%	5%
Apd	2%	13%	3%	-	-	-	-	-	0%	0%	0%	0%

Tabel 24: Afgeronde HB-matrix (reizen per dag)

Van\Naar	Ah	Dr	Ebk	Apdz	Apd	Totaal
Ah	0	500	200	600	1500	2800
Dr	500	0	500	200	600	1800
Ebk	200	500	0	200	500	1400
Apdz	600	200	200	0	500	1500
Apd	1500	600	500	500	0	3100
Totaal						10600

Tabel 25: Overstaprelaties (reizen per dag in beide richtingen)

van\Naar	Overstap in Ah			Overstap in Dr	Overstap in Apd			Totaal
	Ut	Nm	Zv	Zp	Amf	Dv	Zp	
Arnhem	0	0	0	0	0	0	0	0
Dieren	100	0	100	0	200	0	0	400
Eerbeek	100	200	100	100	200	100	0	800
Apdz	100	700	200	0	1000	500	300	2800
Apd	100	400	100	0	0	0	0	600
Totaal	400	1300	500	100	1400	600	300	4600

Met behulp van de HB-matrix in Tabel 24 zijn de reizen per traject berekend. De resultaten hiervan zijn te vinden in Tabel 26.

Tabel 26: Reizen per traject per dag

Traject	Per richting	Drukste uur per richting	Totaal
Apd-Apdz	3100	465	6200
Apdz-Ebk	3600	540	7200
Ebk-Dr	3600	540	7200
Dr-Ah	2800	420	5600

Mogelijke verklaringen voor de verschillen tussen de in Tabel 26 gevonden waarden en het eerdere Goudappel Coffeng rapport is het gebruik van een ander model. Goudappel Coffeng gebruikt een zwaartekrachtmodel, terwijl RHDHV een kringenmodel hanteert. Mogelijke andere verklaringen zijn het toepassen van locatiespecifiek onderzoek en hogere groeiverwachtingen.

D.3 Aanpassing op reistijden

Als de reistijd verandert, verandert ook het aantal reizen dat gemaakt wordt op deze verbinding. Aangezien de reistijden van de verschillende scenario's niet volledig overeenkomen is hierop gecorrigeerd. De reistijden van de dienstregelingen A/ Kruising Eerbeek symmetrisch en C/ Dubbelspoor Eerbeek- Loenen variëren niet meer dan één minuut van elkaar. Voor deze scenario's gelden de HB-matrices die zijn weergegeven in Tabel 24 en Tabel 25.

Bij de dienstregeling B/ Kruising Eerbeek overstap verschillen vier relaties met twee minuten reistijdverschil (Apdz→Ah, Apd→Ah, Apdz→Dr, Apd→Dr). Voor deze vier relaties is gecorrigeerd aan de hand van de stelregel 1% reistijdwinst = 0,8% reizenwinst.

Tabel 27: HB-matrix dienstregeling B/ Kruising Eerbeek overstap (reizen per dag)

Van\Naar	Ah	Dr	Ebk	Apdz	Apd
Ah	0	500	200	600	1500
Dr	500	0	500	200	600
Ebk	200	500	0	200	500
Apdz	600	200	200	0	500
Apd	1400	500	500	500	0

E Operationele kostendekkingsgraad

In deze bijlage zijn alle opbrengsten en kosten berekend die met de uitvoering van de treinserie gemoeid zijn. Hiermee is een operationele kostendekkingsgraad berekend.

E.1 Reizigerinkomsten

Het tarief voor een treinkaartje is uit twee delen opgebouwd; het opstaptarief en de kilometerkosten. Het opstaptarief wordt altijd betaald, ongeacht de afstand. Voor overstappers is het slechtste scenario gevolgd, waardoor zij geen opstaptarief voor deze lijn betalen. Deze keuze is gemaakt omdat is uitgegaan dat deze reizigers nu al met het OV reizen en de overige vervoerders voor het mogelijk verlies van opstaptarieven zullen moeten worden gecompenseerd.

Vervolgens is de prijs nog verhoogd op basis van de afstand. Als laatste is de korting berekend voor kortingskaarthouders. De gebruikte gegevens zijn weergegeven in Tabel 28. Het aantal dagen voor de reizigersberekening is gesteld op 310. Dit gebeurt met de aanname dat op weekenddagen de helft van de reizigers in de trein zit.

Op het traject Arnhem- Dieren rijdt op dit moment al een treinserie. De huidige vervoerder wordt gecompenseerd voor de reizen die in de nieuwe situatie met de treinserie Arnhem- Apeldoorn meegaan in plaats van de huidige dienst. De berekening van de compensatie is te vinden in Tabel 29.

De uiteindelijke berekeningen zijn te vinden in Tabel 30.

Tabel 28: Gebruikte gegevens

Percentage reizigers met korting	20%
Gemiddeld kortingpercentage	34%
Reizigers met overstap	4600
Aantal dagen voor reizigersberekening per jaar	310
Vol Opstaptarief	€ 0,86
Vol kilometertarief	€ 0,10

Tabel 29: Compensatie huidige treinserie Arnhem- Dieren

Reizigers in 31500 i.p.v. 3600/7600	400
Ritprijs Ah-Dr p.p. zonder korting	€ 3,40
Gewogen ritprijs Ah-Dr	€ 2,95
Compensatie NS Ah-Dr per dag	€ 1.180,48
Compensatie NS Ah-Dr per jaar	€ 366.000,00

Tabel 30: Reizigersinkomsten per jaar

	A/ Kruising Eerbeek symmetrisch		B/ Kruising Eerbeek overstap		C/ Dubbelspoor Ebk-Lne	
Reizigers met overstap	4.600	-	4.600	-	4.600	-
Reizigers Normaal tarief zonder overstap	4.800	€ 4.128	4.640	€ 3.990	4.800	€4.128
Reizigers Gereduceerd tarief met overstap	1.200	€681	1.160	€658	1.200	€681,12
Reizigerskilometers vol tarief	184.480	€22.137	180.000	€21.600	184.480	€22.137
Reizigerskilometers gereduceerd tarief	46.120	€3.652	45.000	€3.564	46.120	€ 3.652
Totale reizigersinkomsten per dag		€30.599		€29.812		€ 30.599
Totale reizigersinkomsten per jaar		€9.486.000		€9.242.000		€ 9.486.000
Compensatie NS Ah-Dr per jaar		€ 366.000		€ 366.000		€ 366.000
Totale inkomsten		€9.120.000		€8.876.000		€9.120.000

E.2 Operationele kosten

De operationele kosten zijn in vier categorieën in te delen; 1) vaste kosten, 2) kilometerkosten 3) uurkosten en 4) overige kosten. De operationele kosten voor alle dienstregeling gelijk. Er is alleen een verschil tussen de dieselelektrische en elektrische scenario's. Hieronder zijn per categorie de kosten berekend.

E.2.1 Vaste kosten

Materieelkosten

De materieelkosten behoren tot de vaste kosten. Voor deze berekeningen is uitgegaan van composities van twee treinstellen. In Tabel 31 zijn de materieelkosten berekend. Als treinstellen is gekozen voor de Stadler GTW-D 2/8 en de Stadler GTW-E 2/8. Afschrijving is gedaan met behulp van de annuïteitmethode. De aanschafwaarden zijn verkregen door diverse orders van Nederlandse vervoerders te vergelijken. De orders zijn gevonden via www.railwaygazette.com.

Tabel 31: Materieelkosten

	Diesel-elektrisch	Elektrisch
Totaal aantal treinstellen	8	8
Aanschafwaarde per treinstel	€ 4.531.000	€ 4.438.000
Jaren afschrijving	20	20
Rentepercentage	6%	6%
Kosten per treinstel per jaar	€ 395.000	€ 387.000
Kosten treinstellen	€ 3.160.000	€ 3.095.000

Gebruikersvergoeding stations

De tweede vaste kostenpost zijn de gebruikersvergoedingen van de stations. Deze gebruikersvergoeding wordt per stop betaald en de hoogte hangt af van het aantal stops van een trein en de grootte van het station. De treinserie valt wat betreft het aantal stops in categorie B, doordat een aantal stations wordt overgeslagen op het traject Arnhem-Dieren. De waarden komen uit de Gemengde Netverklaring 2013 (ProRail).

Tabel 32: Gebruikersvergoedingen

Stations	Categorie	Gebruikervergoeding per keer
Arnhem	Mega	€ 4,02
Dieren	Basis	€ 2,05
Eerbeek	Basis	€ 2,05
Apeldoorn Zuid	Basis	€ 2,05
Apeldoorn	Plus	€ 3,08
Totaal per rit		€ 13,25
Totaal per dag		€ 954,-
Totaal per jaar		€ 348.000,-

E.2.2 Kilometerkosten

De kilometerkosten bestaan uit de brandstof-, onderhoudskosten en de gebruikersvergoeding voor lijngebruik.

Brandstofkosten

De brandstofkosten zijn berekend in Tabel 33. De waarden voor het verbruik komen uit 'Verkenning elektrificatie Zwolle- Enschede' (Lloyd's Register Transportation, 2012).

Tabel 33: Brandstofkosten

	Diesel-elektrisch	Elektrisch
Aantal treinstelkm per dag	5184	5184
Liter diesel/Aantal kWh per km	1	3
Dieselprijs per liter/ kosten per kWh	€ 1,50	€ 0,22
Gebruiksvergoeding bovenleiding per kWh	-	€ 0,03
Brandstofkosten per km	€ 1,50	€ 0,75
Kosten per dag	€ 7.776	€ 3.880
Kosten per jaar	€ 2.838.000	€ 1.416.000

Onderhoudskosten

Bij de onderhoudskosten zijn eveneens kengetallen gebruikt uit 'Verkenning elektrificatie Zwolle- Enschede' (Lloyd's Register Transportation, 2012).

Tabel 34: Onderhoudskosten

	Diesel-elektrisch	Elektrisch
Aantal treinstelkm per dag	5184	5184
Onderhoudskosten per km	€ 0,80	€ 0,50
Onderhoudskosten per dag	€ 4.147,20	€ 2.592,00
Onderhoudskosten per jaar	€ 1.514.000,00	€ 946.000,00

Gebruikersvergoeding lijngebruik

Vervoerders moeten de beheerder van het spoor een gebruikersvergoeding betalen. De gebruikte gegevens komen uit de netverklaring 2013 van ProRail.

Tabel 35: Gebruikersvergoeding Lijngebruik

Lijngebruik	
Aantal km per dag	2592
Kosten per km	€ 0,82
Kosten per dag	€ 2.125,44
Kosten per jaar	€ 776.000,00

E.2.3 Uurkosten

De uurkosten bestaan uit de salariskosten voor de machinisten. Hiervoor is de aanname gemaakt dat bij elke compositie continu een machinist aanwezig is (dus ook als deze stil staat bij een kering). De meeste regionale lijnen hebben geen conducteurs meer, maar vliegende controles. De kosten hiervoor zijn opgenomen in de post 'Algemeen beheer en vervoer'.

Van de VSM wordt verwacht dat zij een stuk punctueler gaat rijden en ze zal aan meer veiligheidsvoorschriften moeten voldoen. Om dit mogelijk te maken is de aanname gemaakt dat hiervoor een fulltime arbeidskracht nodig is.

Tabel 36: Personeelskosten

Lijngebruik	
Benodigd personeel	3
Totaal aantal uur personeel voor treinserie	54
Kosten per uur	€ 90,00
Totale kosten per dag	€ 4.860
Totale kosten per jaar	€ 1.774.000
Extra arbeidskracht voor VSM	€ 75.000
Totaal personeelskosten per jaar	€ 1.849.000

E.2.4 Overige kosten

Op basis van alle eerder genoemde kosten is een bedrag berekend voor 'Algemeen beheer en winst'. Het percentage wat hiervoor in de 'Kostenkengetallen openbaar vervoer' (CROW, 2005) is berekend is 20%. Deze kosten zijn te vinden in de Tabel 37.

E.2.5 Totale operationele kosten

In Tabel 37 is een overzicht gegeven van alle operationele kosten.

Tabel 37: Overzicht Operationele kosten

	Diesel-elektrisch	Elektrisch
Materieelkosten	€ 3.160.000	€ 3.095.000
Gebruikersvergoeding Stations	€ 348.000	€ 1.527.200
Brandstofkosten	€ 2.838.000	€ 1.416.000

Onderhoudskosten	€ 1.514.000	€ 946.000
Gebruikersvergoeding Lijngebruik	€ 776.000	€ 348.000
Personeelskosten	€ 1.849.000	€ 1.849.000
Algemeen beheer en winst kosten	€ 2.163.000	€ 1.596.800
Totale operationele kosten	€ 12.978.000	€ 9.580.800

E.3 Kostendekkinggraden

De kostendekkingsgraad is te berekenen door de volgende formule:

$$\text{Kostendekkingdgraad} = \frac{\text{Inkomsten}}{\text{Kosten}}$$

Scenario	Elektrificatie	Operationeel resultaat	Kostendekkingsgraad
A-1/ Kruising Eerbeek symmetrisch	Nee	€ -4.795.000	62%
B-2/ Kruising Eerbeek overstap	Nee	€ -5.006.000	60%
C-3/ Dubbelspoor Eerbeek- Loenen	Nee	€ -4.795.000	62%
A-4/ Kruising Eerbeek symmetrisch	Ja	€ -2.329.000	77%
B-5/ Kruising Eerbeek overstap	Ja	€ -2.540.000	75%
C-6/ Dubbelspoor Eerbeek- Loenen	Ja	€ -2.329.000	77%

F Infrastructurele kosten

In december 2011 is een kostenraming voor het traject Dieren- Apeldoorn gemaakt door Railinfra Solutions (RIS). Deze kostenraming is gemaakt voor het rapport van Goudappel Coffeng. Voor dit onderzoek is deze kostenraming als basis gebruikt. Daarnaast is de Railbegrotingstool gebruikt voor waarden die nog niet in de kostenraming van RIS voorkwamen.

In Tabel 38 zijn de directe benoemde bouwkosten van de basisinfrastructuur (alle aanpassingen te vinden in hoofdstuk 3.1) en de verschillende opties. Op de benoemde directe bouwkosten zijn een aantal opslagen gedaan voor de volgende posten welke zijn weergegeven in Figuur 29. De gebruikte waarden komen uit de kostenraming van RIS. In Tabel 40 zijn de projectkosten voor de infrastructuur per scenario weergegeven.

Benoemde directe kosten (bdk)	(100%)	
Nadere te detailleren directe kosten	(20%)	
Indirecte kosten	(25%)	+
Bouwkosten	(145% van bdk)	
Engineering	(15%)	
Overige bijkomende kosten	(5%)	+
Investeringskosten	(174% van bdk)	
Risicoreservering	(30%)	+
Projectkosten	(226% van bdk)	

Figuur 29: Opbouw projectkosten

Tabel 38: Projectkosten opties infrastructuur

Optie	Benoemde directe kosten	Projectkosten
Basis	€ 38.561.000	€ 87.147.000
Blokseinen Dr-Ebk	€ 97.000	€ 219.000
Blokseinen Ebk-Lne	€ 49.000	€ 110.000
Blokseinen Lne-Bbg	€ 97.000	€ 219.000
Blokseinen Bbg-Apd	€ 154.000	€ 348.000
Passeerspoor Lso	€ 2.248.000	€ 5.079.000
Dubbelspoor Ebk-Lne	€ 2.701.000	€ 6.103.000
Extra perron Apd	€ 3.400.000	€ 7.684.000
Elektrificatie	€ 11.864.000	€ 26.813.000

Tabel 39: Overzicht gebruikte infrastructuuropties per scenario

Optie	1	2	3	4	5	6
Basis	+	+	+	+	+	+
Blokseinen Dr-Ebk	-	-	+	-	-	+
Passeerspoor Lso	+	+	-	+	+	-
Dubbelspoor Ebk-Lne	-	-	+	-	-	+
Extra perron Apd	+	+	+	+	+	+
Elektrificatie	-	-	-	+	+	+

Tabel 40: Projectkosten scenario's voor aanleg infrastructuur

	Diesel-elektrisch	Elektrisch
A- Kruising Eerbeek symmetrisch	€ 92.227.000,00	€ 119.040.000,00
B- Kruising Eerbeek overstap	€ 92.227.000,00	€ 119.040.000,00
C- Dubbelspoor Ebk-Lne	€ 101.154.000,00	€ 127.967.000,00

Voor de jaarlijkse onderhoudskosten is op basis van een expert-judgement van RHDHV 2% van de projectkosten bepaald. De waarden hiervan zijn te vinden in Tabel 41.

Tabel 41: Onderhoudskosten per jaar

	Diesel-elektrisch	Elektrisch
A- Kruising Eerbeek symmetrisch	€ 1.845.000,00	€ 2.381.000,00
B- Kruising Eerbeek overstap	€ 1.845.000,00	€ 2.381.000,00
C- Dubbelspoor Ebk-Lne	€ 2.023.000,00	€ 2.559.000,00

G Maatschappelijke opbrengsten en kosten

Het investeren in een nieuwe treindienst doet een overheid niet voor niets. De overheid probeert hiermee maatschappelijke winst te halen. Deze maatschappelijke winst is de kortere reistijd van burgers tussen Arnhem en Apeldoorn en richting Dieren, Eerbeek en Apeldoorn Zuid, wat weer positieve effecten kan hebben op de economie, leefomgeving etc. Met deze maatschappelijke winst rechtvaardigt de overheid de financiële middelen die zij besteedt aan het bouwen en de uitvoering van een nieuwe lijn.

In deze bijlage is naar drie maatschappelijke opbrengsten en kosten gekeken. Reistijdwinst, overstapverlies en vertragingverlies.

G.1 Reistijdwinst

Een belangrijke reden voor het invoeren van een treinserie is de reistijdwinst door de snellere treinverbinding. Om de reistijdwinst te kunnen berekenen zijn de huidige reistijden (van het OV) vergeleken met de reistijden van de verschillende varianten. Vervolgens zijn de reistijdwinsten per HB-relatie vermenigvuldigd met het aantal reizen. Het totaal hiervan is aan de hand van de reistijdwaardering omgezet in een maatschappelijke winst, welke te vinden is in Tabel 43. In deze waarden zijn niet de mogelijke reistijdwinsten meegenomen na een mogelijke overstap in Arnhem, Dieren of Apeldoorn.

Om de reistijdverschillen te berekenen zijn de waardes uit Tabel 42 gebruikt.

Tabel 42: Reistijden huidig OV (minuten) Bron: www.9292ov.nl, januari 2013

Van\Naar	Ah	Dr	Ebk	Apdz	Apd
Ah		11	41	66	44
Dr	13		20	61	33
Ebk	45	20		47	42
Apdz	68	61	66		23
Apd	45	32	39	19	

Tabel 43: Reistijdwinst per scenario

	A/ Ebk-kruising sym	B/Ebk-kruising over	C/ Dubbelspoor Ebk-Lne
Reistijdwinst per dag (uur)	3788	3707	3775
Omgerekende dagen per jaar	310	310	310
Reistijdwinst per jaar (uur)	1174383	1149067	1170250
Reistijdwaardering (euro per uur)	€ 8,00	€ 8,00	€ 8,00
Reistijdvoordeel per jaar	€ 9.395.067	€ 9.192.533	€ 9.362.000
Relatief reistijdvoordeel per jaar	€ 202.533	€ -	€ 169.467

G.2 Overstapverlies

Het overstapverlies is berekend door het aantal minuten dat een overstap duurt te vermenigvuldigen met het aantal reizen op deze relatie. Een minimale overstaptijd van 3 minuten is hierbij aangehouden. Dit tijdverlies is via de tijdwaardering omgezet in een geldwaarde.

Tabel 44: Overstaprelaties (minuten)

	A/ Ebk-kruising sym		B/ Ebk-kruising over		C/ Dubbelspoor Ebk-Lne	
Overstaprelatie	→	←	→	←	→	←
Ah ↔ Ut	3	8	14	15	15	15
Ah ↔ Nm	12	12	3	4	4	4
Ah ↔ Zv	5	10	11	17	12	17
Dr ↔ Zp	4	11	10	5	10	5
Apd ↔ Amf	24	11	3	3	3	6
Apd ↔ Dv	4	16	8	8	8	11
Apd ↔ Zp	15	5	24	27	24	30

Tabel 45: Overstapverlies

	A/ Ebk-kruising sym	B/ Ebk-kruising over	C/ Dubbelspoor Ebk-Lne
Uren wachttijd per dag (uur)	1860	1158	1310
Omgerekende dagen per jaar	310	310	310
Uren wachttijd per jaar (uur)	576600	358980	406100
Reistijdwaardering (euro per uur)	€ 8,00	€ 8,00	€ 8,00
Wachttijdkosten per jaar	€ 4.612.800	€ 2.871.840	€ 3.248.800
Relatieve wachttijdkosten per jaar	€ 1.740.960	€ 0	€ 376.960

G.3 Vertragsverlies

De gevolgen van vertragingen zijn omgerekend naar een maatschappelijke kostenpost. Deze kostenpost kan dan in de kosten-batenanalyse worden meegenomen.

Om gegevens te krijgen zijn voor alle scenario's een aantal simulaties gedraaid. Bij elke simulatie zal één trein een vertraging krijgen van 3, 5, 7 of 9 minuten. Dit is voor beide richtingen gedaan. Hierna is gekeken welke vertragingen ontstaan. Hierbij is niet alleen naar de oorspronkelijk vertraagde trein gekeken, maar naar alle sneltreinen. Vervolgens zijn het aantal minuten vertraging per station vermenigvuldigd met het aantal reizigers. Dit is omgezet in een geldwaarde met behulp van de reistijdwaardering. Door gebruik te maken van een negatief exponentiële verdeling voor de vertraging is vervolgens een jaarlijkse kostenpost gevonden.

De vertragingen zijn weergegeven in Tabel 47 tot en met

Tabel 49. Er is voor gekozen om alleen de sneltreinen mee te nemen. Deze keuze is gemaakt doordat de overige lijnen veelal minimale vertragingen oplopen en dat geen reizigersaantallen voor deze lijn bekend zijn.

Voor de verdeling in een negatief exponentiële functie gebruikt. Als referentie is de punctualiteit van Syntus op de spoorlijn Arnhem- Winterswijk uit 2011 gebruikt. Deze lijn is gekozen doordat hij een combinatie kent van zowel dubbelspoor als enkelspoor en ook op een deeltraject samenrijdt met andere vervoerders. Syntus reed in 2011 met 85,9% van haar treinen binnen de drie minuten vertraging. Aan de hand hiervan is de verdeling te maken. Treinen die maximaal één minuut vertraging hebben zijn behandeld alsof ze op tijd zijn vertrokken. De verdeling is te vinden in Tabel 46. De uiteindelijke jaarlijkse kostenposten zijn terug te vinden in Tabel 50.

Tabel 46: Verdeling vertragingen.

Vertraging		Percentage
Tot 1 minuut	47,9%	47,9%
Vertraging tussen 0 en 3 minuten	85,9%	38,0%
Vertraging tussen 3 en 5 minuten	96,2%	10,3%
Vertraging tussen 5 en 7 minuten	99,0%	2,8%
Meer dan 7 minuten	100,0%	1,0%

Tabel 47: Vertragingen in minuten diensregeling A/ Kruising Eerbeek symmetrisch

Uitstapstation	Uitstappers	Minuten vertraging											
		31503+3	31503+5		31503+7		31503+9			31504+3	31504+5	31504+7	31504+9
		31503	31503	31505	31503	31505	31503	31505		31503	31503	31503	31503
Ah	0	3	5	0	7	0	9	0		0	0	0	0
Ah-Dr	10	2	11	0	11	0	11	0		0	0	0	0
Dr-Ebk	20	2	13	0	13	0	13	0		0	0	0	0
Ebk-Apdz	40	2	12	1	12	1	12	1		1	3	1	3
Apdz-Apd	80	1	11	1	11	1	11	1		1	3	1	2
		31504	31504	31506	31504	31506	31504	31506		31504	31504	31504	31504
Apd	0	0	0	7	0	7	0	7		3	5	7	9
Apd-Apdz	10	0	0	7	0	7	0	7		3	5	7	9
Apdz-Ebk	20	1	0	7	0	7	0	7		2	4	7	9
Ebk-Dr	30	0	0	6	0	6	0	6		2	4	7	8
Dr-Ah	80	0	0	7	0	7	0	7		2	3	10	10

Tabel 48: Vertragingen in minuten diensregeling B/ Kruising Eerbeek overstap

Uitstapstation	Uitstappers	Minuten vertraging											
		31503+3	31503+5		31503+7		31503+9			31504+3	31504+5	31504+7	31504+9
		31503	31503	31505	31503	31505	31503	31505		31503	31503	31503	31503
Ah	0	3	5	0	7	0	9	0		0	0	0	0
Ah-Dr	10	3	8	0	8	0	9	0		0	0	0	0
Dr-Ebk	20	3	9	0	9	0	10	0		0	0	0	0
Ebk-Apdz	40	3	9	3	9	3	10	4		2	4	2	4
Apdz-Apd	80	2	9	3	9	3	10	4		2	4	2	4
		31504	31504	31506	31504	31506	31504	31506		31504	31504	31504	31504
Apd	0	0	0	4	0	4	0	6		3	5	7	9
Apd-Apdz	10	0	0	3	0	3	0	6		3	5	8	10
Apdz-Ebk	20	0	0	1	0	1	0	2		3	2	4	7
Ebk-Dr	40	1	0	1	0	1	2	2		0	2	4	7
Dr-Ah	80	1	0	0	0	0	2	2		0	2	6	8

Tabel 49: Vertragingen in minuten diensregeling C/ Dubbelspoor Eerbeek- Loenen

Uitstapstion	Uitstappers	Minuten vertraging											
		31503+3	31503+5		31503+7		31503+9			31504+3	31504+5	31504+7	31504+9
		31503	31503	31505	31503	31505	31503	31505		31503	31503	31503	31503
Ah	0	3	5	0	7	0	9	0		0	0	0	0
Ah-Dr	10	3	8	0	8	0	9	0		0	0	0	0
Dr-Ebk	20	3	8	0	8	0	9	0		0	0	0	0
Ebk-Apdz	40	3	8	0	8	0	9	0		0	2	4	6
Apdz-Apd	80	2	8	0	8	0	9	0		0	2	4	6
		31504	31504	31506	31504	31506	31504	31506		31504	31504	31504	31504
Apd	0	0	0	1	0	1	0	2		3	5	7	9
Apd-Apdz	10	0	0	1	0	1	0	2		3	5	7	9
Apdz-Ebk	20	0	0	1	0	1	0	2		3	5	7	9
Ebk-Dr	40	0	3	1	3	1	5	2		3	5	7	9
Dr-Ah	80	0	6	1	6	1	6	2		3	6	7	9

Tabel 50: Vertragsverlies

Vertraging	Kans	A/ Kruising Eerbeek symmetrisch		B/ Kruising Eerbeek overstap		C/ Dubbelspoor Eerbeek- Loenen	
		Waarde	Verwachting	Waarde	Verwachting	Waarde	Verwachting
Op tijd	47,9%	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Vertraging tussen 0 en 3 minuten	38,0%	€ 48,67	€ 18,49	€ 54,67	€ 20,77	€ 54,67	€ 20,77
Vertraging tussen 3 en 5 minuten	10,3%	€ 243,33	€ 25,06	€ 173,33	€ 17,85	€ 201,33	€ 20,74
Vertraging tussen 5 en 7 minuten	2,8%	€ 276,00	€ 7,73	€ 188,67	€ 5,28	€ 232,00	€ 6,50
Vertraging tussen 7 en 9 minuten	1,0%	€ 292,67	€ 2,93	€ 279,33	€ 2,79	€ 293,33	€ 2,93
Verwachtingwaarde per treindienst			€ 54,21		€ 46,70		€ 50,94
Aantal treinen per jaar			26280		26280		26280
Correctie voor minder reizigers in het weekend			85%		85%		85%
Totaal per jaar			€ 1.210.000,00		€ 1.042.000,00		€ 1.137.000,00
Relatieve vertragskosten per jaar			€ 168.000,00		€ -		€ 95.000,00