

**Robuuster spoor met minder wissels -
Bijstuurvoorzieningen voor hoogfrequent spoor**

Dr. Ir. A.A.M. (Alfons) Schaafsma
ProRail Verkeersleiding
alfons.schaafsma@ProRail.nl

**Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk
22 en 23 november 2012, Amsterdam**

Samenvatting

Robuuster spoor met minder wissels - Bijstuurvoorzieningen voor hoogfrequent spoor

Op diverse fronten wordt gewerkt aan het robuuster maken van het spoorsysteem. Een belangrijk onderdeel hiervan is een nieuwe bijstuurfilosofie die ProRail in nauwe samenwerking met de vervoerders ontwikkelt. In het kort: een zorgeloze reis voor de klant betekent dat je voorkomt dat het nodig is om bij te sturen. De reis verloopt volgens plan. Als er toch een probleem optreedt, zorgen we voor een vlotte oplossing en beperken de hinder voor de eindgebruikers.

De ontwikkeling van infrastructuur voor hoogfrequent spoor baseren we op deze filosofie. Daarbij staat het specificeren voor de hoofdfunctie, dat wil zeggen het uitvoeren van de reguliere dienstregeling, voorop. Per saldo betekent dit dat we meer dan in het verleden kritisch aankijken tegen extra infrastructuur die alleen in geval van stremmingen en andere bijstuursituaties wordt gebruikt. Teveel infra kan het optimaal faciliteren van de hoofdfunctie in de weg zitten. En, niet te vergeten, ook extra infrastructuur moet onderhouden worden en kan storen.

NS en ProRail hebben een methode ontwikkeld om de voor- en nadelen van bijstuurvoorzieningen mogelijk te beoordelen. In deze paper wordt de ontwikkelde deze methode gepresenteerd aan de hand van de toepassing voor "Cluster C" (de Zuidtak rondom station Amsterdam Zuid).

1. Inleiding

Op diverse fronten wordt gewerkt aan het robuuster maken van het spoorstelsel. Een belangrijk onderdeel hiervan is een nieuwe bijstuurfilosofie die ProRail in nauwe samenwerking met de vervoerders ontwikkelt (Paragraaf 2). De ontwikkeling van infrastructuur voor hoogfrequent spoor baseren we op deze filosofie.

NS en ProRail hebben een methode ontwikkeld om de voor- en nadelen van bijstuurvoorzieningen zo objectief mogelijk te beoordelen (Paragraaf 3). In deze paper wordt de ontwikkelde deze methode gepresenteerd aan de hand van de toepassing voor "Cluster C", de Zuidtak rondom station Amsterdam Zuid (Paragraaf 4). In paragraaf 5 (Conclusies) gaan we in op een bredere toepassing van de methode.

2. Bijstuurfilosofie voor hoogfrequent spoor

Bij de ontwikkeling van infrastructuur in het kader van het Programma Hoogfrequent Spoor (PHS) is aan ProRail Verkeersleiding de vraag gesteld: "welke infrastructuur hebben jullie nodig voor het bijsturen van de treindienst, en kunnen jullie dit onderbouwen". Deze vraag kwam als eerste aan de orde bij de ontwikkeling van infrastructuur voor "OV SAAL korte termijn", de uitbreiding van de treindienst op de corridor Schiphol – Amsterdam – Almere – Lelystad corridor in 2015/16 en was aanleiding voor het formuleren van een bijstuurfilosofie voor hoogfrequent rijden. Als uitgangspunt geldt daarbij, conform de door NS en ProRail met het ministerie gedeelde visie op een Robuuster spoorstelsel [1]: (1) Minder gevoelig voor verstoringen, (2) kan groei aan en (3) heeft lagere operationele kosten.

De bijstuurfilosofie in het kort:

Een zorgeloze reis voor de klant betekent dat je voorkomt dat het nodig is om bij te sturen. De reis verloopt volgens plan. Als er toch een probleem optreedt, zorgen we voor een vlotte oplossing en beperken de hinder voor de eindgebruikers.

Dit lijkt wellicht een open deur, maar hieronder zal blijken dat dit bij verdere uitwerking tot een aantal keuzes leidt die afwijken van hetgeen tot nu toe gebruikelijk is. Tot en met het uitwerken benodigde bijstuurinfra staan de reizigersstromen centraal.

Hieronder wordt aangegeven hoe de bijstuurfilosofie leidt tot een aantal uitgangspunten voor de specificatie van infrastructuur.

2.1 Een zorgeloze reis vereist een robuust logistieke plan

Een zorgeloze reis voor de klant betekent dat de klant krijgt wat beloofd is: een reis volgens plan. In andere woorden: voorkom dat bijsturen nodig is. Daarvoor is ten eerste nodig dat het logistiek plan robuust is, oftewel, dat het plan op de gegeven infrastructuur voldoende dempend vermogen bevat¹. Bijstuurfuncties zijn dan ook minder belangrijk dan de hoofdfunctie. Concreet betekent dit, bijvoorbeeld: bijstuurwissels mogen het optimaliseren van seinplaatsing – nodig om de opvolgtijden in gehinderde situaties te minimaliseren – niet beperken.

Voor de specificatie van infrastructuur betekent het bovenstaande:

1. Richt de infra in op de hoofdfunctie

¹ In het kader van dit paper wordt hier verder niet op ingegaan.

2. Bijstuurfuncties mogen hoofdfunctie niet belemmeren

2.2 Bijsturen in de buffers, in de flessenhalzen doorstromen

Als een trein een vertraging oploopt die niet vanzelf uitdempt, gaat de verkeersleiding bijsturen, bijvoorbeeld door het veranderen van volgordes, het inhalen van een langzame trein door een snelle trein of het kiezen van een ander perronspoor. Bijsturen vereist extra capaciteit, dus buffers in het netwerk. In flessenhalzen is extra infrastructuur ten behoeve van bijsturen niet nodig of zelfs belemmerend voor optimale doorstroming.

Voor de specificatie van infrastructuur betekent het bovenstaande:

3. Bijsturen en bijstuurvoorzieningen uitsluitend in de buffers

2.3 Verminderen van verstoringen door bedrijfszekere assets en minimaliseren van de hoeveelheid assets

Een tweede belangrijke eis voortvloeiend uit een zorgeloze reis is dat het aantal verstoringen tot een minimum wordt beperkt. Dat vereist bedrijfszekere assets (materieel, infrastructuur en het concentreren van onderhoudsgevoelige infra (met name wissels) op een beperkt aantal locaties, zodat storingen snel en efficiënt verholpen kunnen worden. Het beperken van de totale hoeveelheid assets betekent niet alleen een kleinere kans op storingen, maar ook dat de onderhoudsinspanning kan worden gericht op het beschikbaar houden van de (beperkte hoeveelheid) resterende assets. Tenslotte: infrastructuur die er niet is vergt ook geen buiten dienststellingen voor onderhoud en geen planafwijkingen vanwege roestrijden.

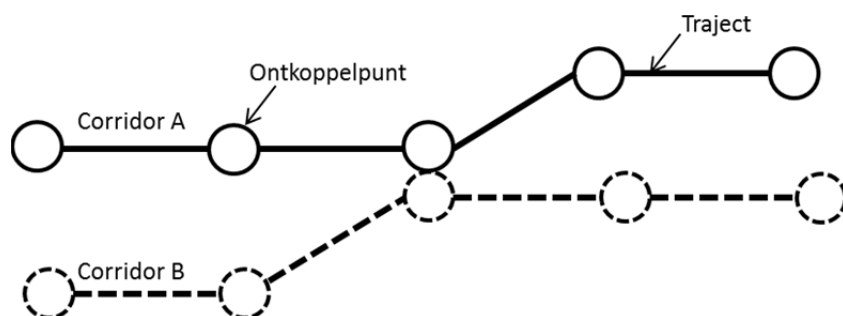
Voor de specificatie van infrastructuur betekent het bovenstaande:

4. Bijsturen zoveel mogelijk met de infra die voor de hoofdfunctie nodig is
5. Alleen investeren in bijstuurinfra als de voordelen groter zijn dan de nadelen
6. Concentreren van wissels op locaties waar vanwege de hoofdfuncties al wissels zijn (buffers, splitsingspunten)
7. In principe geen infrastructuur uitsluitend bedoeld voor het kunnen uitvoeren van regulier onderhoud.

2.4 Als er een probleem optreedt zorgen we voor een vlotte oplossing en beperken we de hinder

Ondanks alle inspanningen zullen er altijd incidenten blijven optreden. De actuele infracapaciteit neemt dan plotseling af. Dan is het van belang om in een beheerst proces de bron van de verstoring weg te nemen en tegelijkertijd de verkeersvraag snel aan te passen aan de actuele infracapaciteit (*graceful degradation*). Praktisch betekent dit: isoleer de verstoring en los daar het probleem op, maak ruimte om gestrande treinen af te voeren en zorg dat er geen treinen naar de kritieke locatie rijden door ze op andere stations tegen te houden en te keren.

Een corridor is –als een olietanker- gesegmenteerd. Een corridor is opgebouwd uit trajecten, terwijl de “schotten” tussen de corridors worden gevormd door de ontkoppelpunten (zie Figuur 1). Om de “olievlekwerking” -de uitstraling van een verstoring- in te dammen is de filosofie dat de hinder voor de reizigers (en verladers) zoveel mogelijk beperkt blijft tot het getroffen traject en vervolgens tot de getroffen corridor. Dit gaat gepaard met het voordeel dat de aandacht van de bijstuurorganisatie kan worden geconcentreerd op het getroffen traject/corridor.



Figuur 1 Een netwerk opgebouwd uit corridors

Voor het beperken van de olievlekwerking is het noodzakelijk dat de verkeersstromen op trajecten en corridors zoveel mogelijk onafhankelijk van elkaar kunnen functioneren. Dit betekent: ontkoppelpunten tussen trajecten van een corridor, zoveel mogelijk fysieke scheiding van corridors, maar ook: in principe geen treinen omleiden (reizigers stappen over). Internationale reizigerstreinen en goederentreinen vormen een uitzondering op deze regel.

Voor de specificatie van infrastructuur betekent het bovenstaande:

8. In verstoorde situaties vertrekken treinen volgens plan (of rijden niet)
9. Treinen worden niet omgeleid.
10. In bijsturing geen corridors vermengen die in het oorspronkelijke plan gescheiden zijn.
11. Op ontkoppelpunten moet voldoende capaciteit zijn voor bijsturen van treinen o.a. keren van treinen en "ontluchten" (preventief uit het systeem nemen van treinen)

3. Methode voor specificeren bijstuurvoorzieningen voor hoogfrequent spoor

In nauwe samenwerking tussen ProRail en NS is een methode voor het specificeren van bijstuurvoorzieningen voor hoogfrequent spoor ontwikkeld. Deze is "werkendeweg" ontwikkeld aan de hand van de OV SAAL corridor en gebaseerd op de bijstuurfilosofie uit paragraaf 2. Rode draad is het zo goed mogelijk faciliteren van reizigersstromen in verstoorde situaties afgewogen tegen de daarvoor benodigde voorzieningen. De methode is opgebouwd uit 6 stappen die hieronder worden besproken.

Stap 1. Verzamel basisinformatie

Hoewel infrastructuur uiteraard nooit voor één specifiek dienstregelingsjaar wordt aangelegd, is het voor het specificeren van bijstuurinfra nodig om een goed gedefinieerde situatie (eventueel in scenario 's) als uitgangspunt te hanteren. Een onderdeel van de projectontwikkeling is vervolgens om de toekomstvastheid van het resulterende infraontwerp te beoordelen.

In stap 1 wordt de treindienst (lijnvoering, dienstregeling) in de corridors in kaart gebracht, prognoses over de vervoerstromen verzameld, en indien al beschikbaar, het voorlopig ontwerp van de lay-out die noodzakelijk is voor de hoofdfunctie. Dit wordt in het jargon de "zwarte" infra genoemd.

Stap 2. Stel ontkoppelpunten vast

Ontkoppelpunten zijn in principe de stations waar veel reizigers moeten zijn, c.q. de stations die bij een verstoring nog bereikbaar moeten zijn. Vaak zijn deze stations knooppunten in het vervoernetwerk, zodat een deel van de reizigers de mogelijkheid heeft om een andere route te kiezen. In samenwerking met de vervoerders is voor het gehele spoorwegnet, per corridor, vastgesteld welke stations de ontkoppelpunten moeten zijn. Het aantal in- uit- of overstappers was daarbij het voornaamste criterium. Echter, er is ook gekeken naar de locatie binnen de corridor (afstand tot naastgelegen ontkoppelpunten), het (openbaar) vervoernetwerk dat bij een verstoring als alternatief kan dienen en de reeds voor de reguliere treindienst noodzakelijke (zwarte) infra. Er wordt onderscheid gemaakt naar IC-ontkoppelpunten (voor IC 's en Sprinters) en Sprinterontkoppelpunten (waar uitsluitend Sprinters keren).

Stap 3. Analyseer verstoringsscenario 's

Stel voor verschillende verstoringsscenario 's (volledige, partiële stremming tussen ontkoppelpunten en in ontkoppelpunten, perronspoorstremming in een ontkoppelpunt) vast welk deel van de oorspronkelijke treindienst moet blijven rijden.

Uitgangspunt is dat reizigers die met maximaal 1 uur extra reistijd kunnen omreizen dit zullen doen. Getoetst wordt of treinen op de "omreiscorridors" hiervoor voldoende capaciteit hebben. De overige reizigers reizen tot het laatste ontkoppelpunt om daar te wachten tot de stremming voorbij is, of –op minder drukke trajecten- met bussen verder te reizen. Deze reizigersstroom wordt vertaald in het aantal benodigde treinen dat naar het laatste ontkoppelpunt moet kunnen blijven rijden ("vervoercapaciteit"). Als de kwaliteit van het aanbod daarmee te laag wordt kan een variant met meer treinen worden voorgesteld ("vervoerkwaliteit").

Bij partiële stremmingen (bijvoorbeeld: er is een trein gestrand maar het nevenspoor is nog wel beschikbaar) willen alle reizigers meereizen met de treinen die nog via het beschikbare spoor kunnen rijden. Hoe meer overlopen tussen beide sporen, des te meer treinen kunnen blijven rijden. Dit leidt tot verschillende infravarianten die in de volgende stappen op hun merites worden beoordeeld.

Stap 4. Formuleer specificaties

Voor de treinen die in de ontkoppelpunten moeten keren of (bij een partiële stremming) moeten overlopen van het rechter naar het linkerspoor wordt nagegaan of de zwarte infra (infra die voor de hoofdfunctie nodig is) volstaat, of dat er aanvullende voorzieningen, zoals wisseloverlopen of keerspooren ("tailtracks") moeten worden gespecificeerd. De extra infra die nodig is bij volledige stremming wordt in de layout GEEL ingetekend. Als er voor partiële stremming daarbovenop extra infra nodig is, wordt die ROOD ingetekend. Voorts zijn de ontkoppelpunten de plaatsen waar bij grote vertragingen treinen van volgorde moeten kunnen wisselen of een trein uit het systeem moet kunnen worden genomen ("ontluchten"). Infra voor bijsturen bij perronstremming en grote vertragingen wordt BLAUW.

Stap 5. Toets van varianten

Elke variant bestaat uit combinaties van treinen en reizigers die bij de verschillende verstoringsscenario's kunnen worden gefaciliteerd aan de ene kant en additionele infravoorzieningen aan de andere kant. Als referentie geldt de treindienst die in een bijstuurscenario nog mogelijk blijft als uitsluitend gebruik gemaakt kan worden van de zwarte infra.

De voor- en nadelen van de varianten worden zoveel mogelijk gekwantificeerd.

Belangrijkste elementen daarvan zijn:

- de extra reistijd voor de reizigers (die kleiner is als er meer treinen blijven rijden),
- de kans op storingen (die groter is als het aantal assets toeneemt) en
- de beheerkosten (die groter zijn als het aantal assets toeneemt).

De "baten en kosten" van de varianten zijn berekend op jaarbasis en worden afgezet tegen de referentie (geen extra bijstuurinfra). Er is voor gekozen om de berekening telkens voor een corridor te maken en daarbij de mutanten per variant te becijferen. Het alternatief (telkens een deel van de corridor analyseren en dan de kosten en baten van de trajecten sommeren) leidt tot problemen omdat de trajecten niet disjunct te maken zijn. Een voorbeeld illustreert dit: een wisseloverloop ten behoeve van linkerspoorrijden is pas zinvol als er een aantal kilometers verder een wisseloverloop in de andere richting is. Aan welk traject moeten de baten worden toegerekend?

Daarnaast worden de varianten kwalitatief getoetst op *uitvoerbaarheid* (immers, voor het bijsturen van de treindienst is niet alleen de hoeveelheid beschikbare infra bepalend), *inpasbaarheid* (van de extra infra) en *onderhoudbaarheid* van de gehele lay-out (immers uitgangspunt is dat er voor uitsluitend cyclisch onderhoud geen extra infra worden gespecificeerd).

Hieronder wordt de opbouw van het rekenmodel voor achtereenvolgens "baten van bijstuurinfra", "derving op de baten door storing bijstuurinfra", "jaarkosten van bijstuurinfra" gepresenteerd

Opbouw rekenmodel baten van bijstuurinfra

Stel voor elk stremmingsscenario uit Stap 4 vast wat de jaarlijkse kans is dat deze stremming optreedt plus de gemiddelde duur ervan. De storingskans en storingsduur is daarbij gebaseerd op historische gegevens².

Wijs de reizigers van elke opgeheven IC en SPR toe aan de volgende IC of SPR die nog wel rijdt. Toets daarbij of de capaciteit van de trein voldoende is (drukste spitsuur/-richting). Reizigers die over het gestremde traject moeten reizen, wachten tot de stremming voorbij is, uitgaande van de gemiddelde stremmingsduur. Hou daarbij rekening met vraaguitval door omreizen.

Bereken voor elke reiziger de opgelopen vertraging in dit stremmingsscenario. De opgelopen vertraging is maximaal een uur, vanwege de aanname dat binnen de Randstad met hoogfrequent spoor omreizen binnen 1 uur mogelijk is.

Vermenigvuldig het aldus berekende aantal reizigersvertragingssuren met de eenheidskostprijs voor een uur reizigersvertraging en vermenigvuldig de uitkomst met het aantal keren dat dit stremmingsscenario gemiddeld per jaar optreedt. Het resultaat is de jaarlijkse vertragingkosten bij dit stremmingsscenario.

Doe hetzelfde voor de andere stremmingsscenario's en bereken de totale vertragingkosten.

² Er wordt nadrukkelijk niet geanticipeerd op betere kwaliteit en sneller storingsherstel van de assets. Wel wordt met een gevoeligheidsanalyse nagegaan wat het effect hiervan op de baten zou zijn.

Vergelijk de uitkomst met de vertragingskosten van de referentievariant. De baten voor de betreffende infravariant is het verschil in vertragingskosten tussen de beschouwde infravariant en de referentie.

Opbouw rekenmodel derving op baten door storing bijstuurinfra

Stel voor elk geel en rood wissel, wisseloverloop of andere infravoorziening vast wat de jaarlijkse storingskans en –duur is en wat de gevolgen van die storing zijn (volledige of partiële baanvakstremming).

Bereken de vertragingskosten volgens het bovenstaande “batenmodel”.

Het resultaat is derving op de baten ten gevolge van het aanwezig zijn van de bijstuurinfra en wordt in mindering gebracht op de hierboven berekende baten.

Opbouw rekenmodel jaarkosten bijstuurinfra

Ga na hoeveel gele en rode wissels (standaard; 1:15), kilometers keerspooren, en kilometers linkerspoorbeveiliging de verschillende infravarianten bevatten.

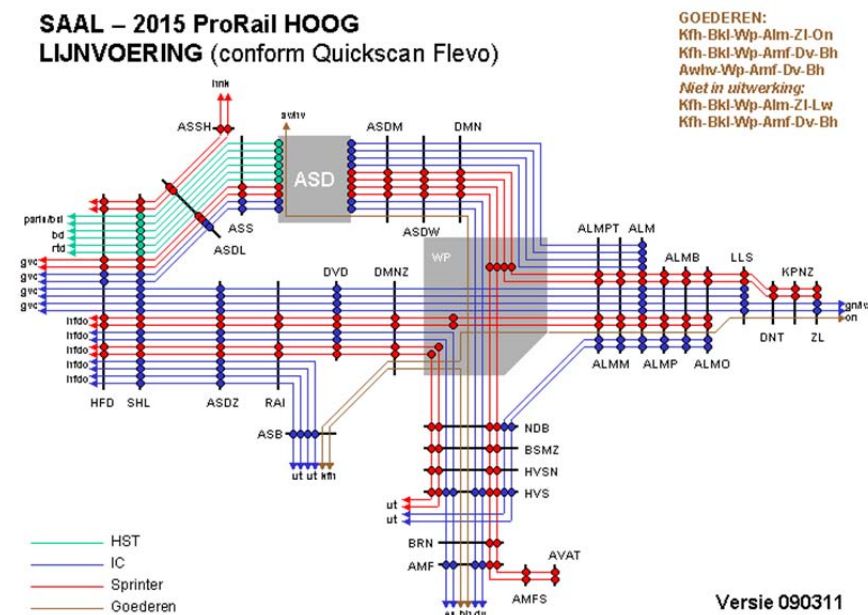
Vermenigvuldig deze aantallen met de eenheidsprijzen voor jaarkosten instandhouding en vernieuwing volgens [1].

Stap 6. Presenteren van resultaten en vertalen naar Customer Requirement Specifications (CRS)

Nadat een van de varianten op basis van de toetsresultaten is gekozen vindt een vertaling plaats naar eisen voor het infraproject, conform de binnen ProRail toegepaste Systems Engineering methodologie [4]. De eisen vormen onderdeel van het totale pakket “vervoergerelateerde CRS”.

4. Toepassing op Zuidtak

De bovenbeschreven aanpak is voor het eerst toegepast op OV SAAL, Cluster C (de Zuidtak).



Figuur 2 Treindienst OV SAAL – elke lijn representeert een uurdienst

Stap 1. Verzamel basisinformatie

Er zullen in 2016 14 treinen (in 2012 12 treinen) per uur per richting rijden over de Zuidtak, zie Figuur 2. Voor de toename van het aantal treinen wordt de Zuidtak verdubbeld naar vier sporen. Voorts zijn zowel de aansluiting van de Utrechtboog als Asd Riekerpolder aansl. ontworpen als een zogenoemde "volledige vork". Zie situatieschets bij Stap 4, hieronder)

Stap 2. Stel ontkoppelpunten vast

De bijstuurvoorzieningen worden geconcentreerd in de (sprinter)ontkoppelpunten. Amsterdam Zuid, met volgens de prognoses ruim 78.000 in- uit- of overstappers per dag in 2020, is een IC ontkoppelpunt. De belendende ontkoppelpunten op de corridor Schiphol - Lelystad zijn Schiphol/Hoofddorp, en Almere. Weesp, waar alleen Sprinters stoppen, is een sprinterontkoppelpunt. Voor de corridor Schiphol/Hoofddorp – Utrecht – Arnhem/Nijmegen is Utrecht het naastliggende ontkoppelpunt. Het vraagstuk voor de benodigde bijstuurvoorzieningen op de Zuidtak Cluster C spitst zich toe op Amsterdam Zuid en omgeving.

Stap 3. Analyseer verstoringsscenario 's

Bijsturen bij volledige baanvakstremmingen

De varianten voor bijstuurvoorzieningen worden bepaald door de kwaliteit die bij baanvakstremmingen nog aan de reizigers kan worden geboden op het niet-gestremde deel.

Referentie: geen bijstuurinfra

De lijnvoering voorziet niet in kerende treinen te Asd Zuid. Met uitsluitend de "zwarte" infra (de referentievariant) is keren van treinen te Asd Zuid niet mogelijk. Dit betekent dat bij een baanvakstremming alle treinen moeten keren op de belendende ontkoppelpunten, resp. niet kunnen starten op hun beginstation.

Variant 1 Vervoerkwaliteit: bij baanvakstremmingen blijven alle treinen rijden tot Asd Zuid. Reizigers die tot of vanaf Asd Zuid reizen merken (theoretisch) niets van de stremming. Immers, voor deze groep reizigers rijden alle treinen volgens dienstregeling. Alle 14 treinen moeten keren op Asd Zuid, wat veel bijstuurvoorzieningen (keersporen, wissels) noodzakelijk maakt.

Variant 2 Vervoercapaciteit: Bij baanvakstremmingen blijven alleen treinen tot Asd Zuid rijden voor de reizigers met herkomst of bestemming Asd Zuid en reizigers die niet binnen het uur kunnen omreizen en dus in Asd Zuid wachten tot de stremming voorbij is. Reizigers van Utrecht naar Schiphol daarentegen kunnen via Amsterdam Centraal omreizen. Berekend moet worden of er met minder treinen worden volstaan dan in de dienstregeling rijden. Een deel van de treinen keert dan op het belendende ontkoppelpunt, of rijdt helemaal niet. Dat betekent dat reizigers van of tot Asd Zuid een lagere frequentie wordt geboden: meer wachten en overstappen. Per saldo kan voor Asd Zuid met minder bijstuurvoorzieningen worden volstaan. In de Bijlage is een voorbeeldberekening uitgewerkt.

Bijsturen bij partiële baanvakstremmingen

Het aantal mogelijke partiële baanvakstremmingen is groot. In de praktijk zijn twee situaties van belang:

1. Één van de vier baanvaksporen gestremd (bijvoorbeeld door een defecte trein): in deze situatie moet de treindienst op het andere spoor in die richting worden afgewikkeld afgewikkeld, wat een overlooptmogelijkheid vraagt.
2. Één buis (2 van de 4 sporen) van de Schipholtunnel gestremdgestremd (bijvoorbeeld omdat een persoon in de tunnel is gesignaleerd): de twee sporen in de beschikbare tunnelbuis worden dan elk voor een richting gebruikt. Dit vereist niet alleen wisselverbindingen maar ook blokbeveiliging voor deze richting (een vorm van linkerspoorbeveiliging).

De kans op andere combinaties van 2 of drie sporen gestremd is te gering om daarvoor additionele infra te specificeren. Mocht die situatie zich toch voordoen, dan wordt dit als een volledige stremming beschouwd.

Als er geen rode infra is, dus geen bijstuurvoorzieningen om een deel van de treindienst overeind te houden bij partiële stremmingen, moet een partiële stremming afgehandeld worden als volledige stremming! Deze theoretische variant is verder niet beschouwd.

Bijsturen in Asd Zuid bij perronspoorstremming of inhalen bij grote vertraging

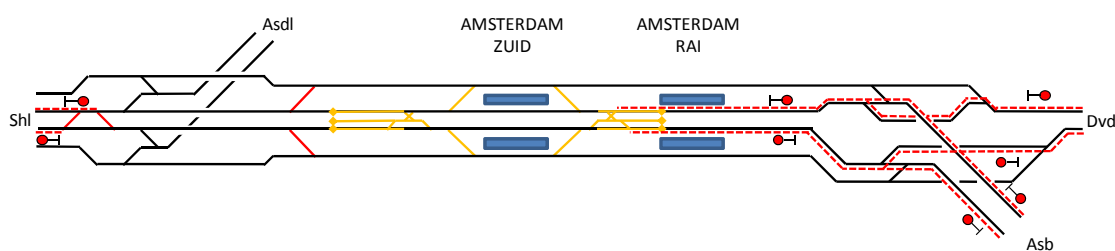
Dit betekent dat voor en achter station Asd Zuid treinen moeten kunnen overlopen van binnenspoor naar buitenspoor v.v. In theorie zou dit leiden tot (maximaal) 16 (“blauwe”) wissels rondom Asd Zuid. De meerwaarde hiervan is beperkt, omdat deze bewegingen op relatief korte afstand van Asd Zuid mogelijk zijn op de zwarte (in Hoofddorp en Dvaw). Omdat het enige onderscheid tussen IC 's en Sprinters een haltering op Asd Rai is, zijn de rijtijdsverschillen op het traject Hfd – Dvaw gering en heeft een inhalen te Asd Zuid nauwelijks meerwaarde. Vanwege de kosten en storingskans van de 16 blauwe wissels en beperkte meerwaarde zijn deze wissels niet rendabel en zijn niet verder bestudeerd.

Stap 4 Formuleer specificaties

Door het zinvol combineren van bovenstaande opties ontstaan de volgende varianten:
Referentie: geen additionele bijstuurvoorzieningen (alleen zwarte infra)

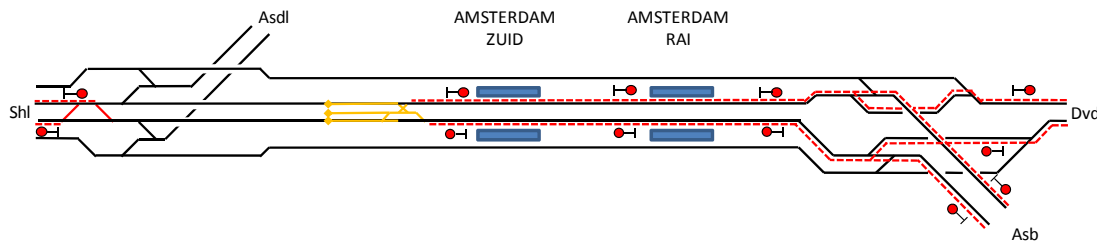


Vervoer kwaliteit: bij volledige stremming blijven alle treinen rijden tot ontkoppelpunt plus voorzieningen voor bijsturen bij partiële stremmingen (een baanvak spoor of één buis Schipholtunnel gestremd). De gestreepte rode lijn met seinsymbolen staat voor linkerspoorbeveiliging.



Vervoer capaciteit: bij volledige stremming rijden voldoende treinen rijden tot

ontkoppelpunt plus voorzieningen voor bijsturen bij partiële stremmingen (een baanvak spoor of één buis Schipholtunnel)



Stap 5 Toets van varianten

Het resultaat van de kwantitatieve toetsing is weergegeven in onderstaande Tabel 1. De resultaten zijn becijferd als totalen voor de gehele corridor Schiphol-Lelystad, zoals in par. 3, stap 5 is beargumenteerd. De varianten vervoer kwaliteit en vervoer capaciteit verschillen onderling alleen in voorzieningen rond Asd Zuid. Dit verklaart het feit dat de verschillen tussen de varianten op het oog klein zijn

	(*€ 1 miljoen per jaar)	Referentie	Vervoer kwaliteit	Vervoer capaciteit
a	Vertragskosten ten gevolge van stremmingen	15.96	7.50	7.67
b	Extra vertragskosten (derving door bijstuurinfra)	0	1.63	1.62
c	Totaal vertragskosten (a+b)	15.96	9.13	9.29
d	Baten bijstuurinfra (ref c – var c)	n.v.t.	6.83	6.67
e	Kosten bijstuurinfra	0	4.26	3.88
f	Baten/kosten (d/e)	n.v.t.	1.60	1.72

Tabel 1 Kwantitatieve vergelijking baten en kosten infravarianten

De varianten zijn kwalitatief getoetst op uitvoerbaarheid, inpasbaarheid en onderhoudbaarheid. Hieruit bleek dat het volgen de vervoer variant keren van 14 treinen op Amsterdam Zuid in de praktijk niet uitvoerbaar is, gezien de grote hoeveelheid personeels- en materieeldiensten die dan in korte tijd moet worden herpland. Een betere ondersteuning van de bijstuurders zal ongetwijfeld een positief effect hebben, maar desondanks wordt het opheffen van treinen in andere stations door de bijstuurorganisatie noodzakelijk geacht. Ook qua inpasbaarheid stuit de variant Vervoer kwaliteit op problemen. Het inpassen van drie tailtracksporen tussen de hoofdsporen is ruimtelijk en budgettair niet mogelijk.

Stap 6. Presenteren van resultaten en vertalen naar Customer Requirement Specifications (CRS)

De resultaten voor besluitvorming zijn samengevat in een tabel met de verschillen tussen de beide varianten. Die bleken alleen betrekking te hebben op een volledige stremming ten oosten van Asd Zuid.

Stremming ten oosten van Asd Zuid	Vervoer kwaliteit (Alles rijdt volgens drgl)	Vervoer capaciteit (Voldoende capaciteit)
Treindienst aanpassing	Geen treinen op gestremde traject: Niet rijden	Geen treinen op gestremde traject. Minder treinen op aansluitende trajecten. Niet rijden

	<ul style="list-style-type: none"> • 4 IC Asdz-Ut • 4 IC Asdz-Alm • 4 SPR Asdz - Wp • 2 IC Asdz-Amf 	<ul style="list-style-type: none"> • 4 IC Shi – Asdz – Ut • 4 IC Asdz-Alm • 2 SPR Hfd – Wp, 2 SPR Hfd-Amf • 2 IC Shi – Asdz - Amf
bijstuurinfra	22 wissels, 2 tailtracks	7 wissels, 1 tailtrack
Gevolgen reizigers	Omreizen via Asd, Ut	Omreizen via Asd, Ut Deel reizigers 15 min vertraging agv overstap
Vervoercapaciteit	voldoende	voldoende
Uitvoerbaarheid bijsturing	niet uitvoerbaar, risico op onbeheersbare treindienst	uitvoerbaar
Robuustheid	+4,4 wisselstoringen/jr	+ 1,4 wisselstoringen/jr Kans op betere volgtijden
Inpasbaarheid infra	Tailtrack Asd Zuid oost niet inpasbaar	Inpasbaar

Tabel 2 Presentatie van de verschillen tussen de varianten

Het resultaat is dat zowel NS als ProRail hun voorkeur uitspraken voor de variant Vervoer kwaliteit. Deze keuze is door het Ministerie overgenomen. Het bekende uiteindelijk een aanzienlijke versobering ten opzichte van de infra lay-out waartoe in een eerder stadium al was besloten.

5. Conclusie

ProRail en NS hebben gezamenlijk een methode ontwikkeld om te komen tot evenwichtige specificaties voor bijstuurvoorzieningen. De methode -een rechtstreeks gevolg van het streven naar een robuuster spoor- wordt momenteel toegepast binnen het Programma Hoogfrequent Spoor. Aan de hand van onder andere het Programma Noord Nederland wordt onderzocht in hoeverre de achterliggende principes ook kunnen worden toegepast op corridors met een laag frequente treindienst, andere reizigersvervoerders, goederenvervoer, en enkelsporige trajecten.

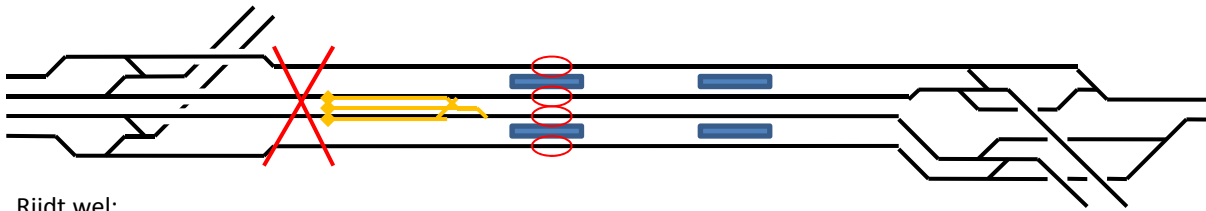
Het is een mythe dat meer infrastructuur altijd beter is voor de reiziger. Ook weinig gebruikte infrastructuur kan storen en kan soms belemmerend zijn voor het optimaal faciliteren van de hoofdfunctie. Door het toepassen van de ontwikkelde methodiek zal infrastructuur die alleen gebruikt wordt in bijstuursituaties minder vaak dan vroeger worden aangelegd. Als de besparingen –zowel in investeringen als in jaarkosten- vervolgens worden gestoken in robuustere assets (ontwerp en onderhoud) zal dit per saldo leiden tot minder storingen en dito overlast voor de reiziger.

Referenties

- [1] NS en ProRail, Robuuster spoorstelsel voor de reiziger, augustus 2011
- [2] Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Evaluatie van infrastructuurprojecten: leidraad voor kosten-batenanalyse – Leidraad OEII, februari 2000
- [3] Lamper, Leidraad voor RAMSHE – LAM studie –, ProRail, december 2010
- [4] ProRail en Rijkswaterstaat, Leidraad voor Systems Engineering binnen de GWW-sector –versie 2.0, 27 november 2009

Bijlage

Voorbeeld berekening baten en kosten van bijstuurvoorzieningen bij een volledige baanvakstremming van het traject Asd Riekerpolder aansl. (Asra) en Asd Zuid



Rijdt wel:

2 IC Gvc-Gn (binnenspoor vanaf Dvaw, aan op 423, keren op onder-TT en van 422 vertrekken)

2 IC Hfdo-Nm (aan op 423, keren op onder-TT en vertrek van 422)

2 Spr Hfdo-Amf

2 IC Hfdo-Es

Op Hfd keren 4 IC Gvc-Lls/Gn via Hfdo

Rijdt niet:

2 IC Gvc-Lls (rijdt niet vanaf Lls)

2 IC Hfdo-Nm (keren op Ut/Mas)

2 Spr Hfdo-Almo

1. Berekening vervoerbaten van bijstuurvoorzieningen

Stap uit rekenmodel baten	Toepassing in voorbeeld
1. Definieer stremmingsscenario (volledig/partieel, tussen 2 (sub)ontkoppelpunten) en stel vast wat de jaarlijkse kans is dat deze stremming optreedt en de gemiddelde duur.	Scenario: Volledige baanvakstremming ten westen van Asd Zuid Kans op optreden stremmingsscenario: 3,9 keer per jaar (tussen 2005 en 2010 2,2 keer per jaar tussen Shl en Asra plus 1,7 keer tussen Asra en Asdz) Gemiddelde stremmingsduur: 2,5 uur (gemiddeld per jaar tussen Hfd en Lls januari 2009 – juni 2010)
2. Ontwikkel voor elke infravariant voor het stremmingsscenario een versperringsmaatregel (dwz een tijdelijke dienstregeling op de nog wel beschikbare infrastructuur)	Als voorbeeld infravariant Z+G2+R; VSM voor treinen van en naar Ut: -De 4 IC Shl-Ut- Ah/Nm rijden (uiteraard) niet tussen Shl en Asd Zuid. -Ten oosten van Asd Zuid kunnen 2x IC naar Ut blijven rijden
3. Wijs de reizigers van de opgeheven trein IC, SPR toe aan de volgende IC/SPR die nog wel rijdt.	Voor elke treinserie wordt in de tabel met reizigersstromen per deeltraject gemarkeerd: -"belasting": alle reizigers die niet meer kunnen reizen omdat de trein is opgeheven en er geen alternatief is – deze reizigers wachten tot de stremming voorbij is ³ ; de gemiddelde wachttijd is daarbij 1,5 uur ⁴ -"in/van" en "uit": reizigers die op een halte hadden willen

³ Deze vertraging wordt afgetopt op 1 uur, omdat mag worden aangenomen dat bij stremmingen op dit traject omreizen sneller gaat dan een uur wachten tot de stremming voorbij is

⁴Als op t=0 de stremming begint moeten deze reizigers 2,5 uur wachten; de reizigers die een half uur later hadden willen reizen moeten 2 uur wachten enz. Gedurende de 2,5 uur van de stremming zijn er aldus 5 groepen reizigers die gemiddeld $(2,5+2+1,5+1+0,5)/5=1,5$ uur moeten wachten. Dit is niet afheankelijk van de frequentie: bin een uursfrequentie is de rekensom $(2,5+1,5+0,5)/4=1,5$

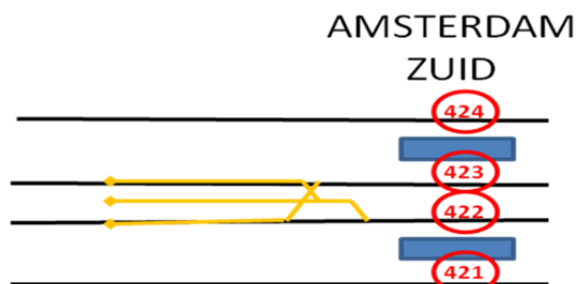
	in- of uitstappen, maar die nu op de volgende trein moeten wachten (deze reizigers wachten de feitelijke wachttijd volgens de dienstregeling)
4. Toets daarbij of de capaciteit van de trein die wel rijdt voldoende is (drukste spitsuur/-richting). Hou daarbij rekening met vraaguitval door omreizen.	Tussen Ut en Asdz reizen op het drukste deeltraject (Ut-Asb) in twee spitsuren, drukste richting 2827 reizigers in de ene halfuursdienst plus 2447 in de andere halfuursdienst. Per trein in het drukste spitsuur zijn dit $2827 * 0.91/2$ plus $2447 * 0.91/2 = 1286$ plus 1113 ⁵ . Dit betekent dat de materieelinzet zal zijn 12 bakken VIRM voor beide halfuursdiensten (capaciteit 1200 reizigers). Bij een stremming ten westen van Asdz zullen de reizigers voor Shl en verder omreizen via Asd Centraal. Alleen de reizigers met bestemming Asdz en Asb zullen dus reizen met de 2 treinen tussen Ut en Asdz die blijven rijden. Dat betekent dat er op het drukste traject gemiddeld voor elk van de beide treinen tezamen 929 plus 897 reizigers naar Asd Zuid en Asb willen reizen. Dit voldoet ruimschoots aan de bezettingsnorm in dit soort situaties (1400 reizigers).
5. Bereken voor elke reiziger "in een stremmingsuur" de opgelopen vertraging. Vertraging is maximaal een uur (aanname: binnen de Randstad is omreizen sneller)	De 4 IC Shl-Ut- Ah/Nm rijden (uiteraard) niet tussen Shl en Asd Zuid. De gemiddeld 212 reizigers per trein, 857 per uur wachten gemiddeld 1,5 uur = 1271 reizigersuren. Twee van deze IC 's rijden ook niet tussen Asd Zuid en Ut 169 instappers te Asd Zuid en 76 instappers per trein per uur te Asb wachten een kwartier op de trein die wel rijdt: $84 + 38$ vertragingsuren. Voor alle reizigers in alle (niet rijdende) treinen worden vergelijkbare berekeningen gemaakt. In totaal bedraagt de reizigersvertraging voor dit stremmingsscenario 10057 uren.
6. Vermenigvuldig met de eenheidsprijs voor een reizigersuurvertraging en verdisconteer de kans op optreden	De gemiddelde duur van een stremming (dus de gemiddelde periode gedurende welke reizigers worden getroffen) is 2,5 uur. Het aantal keren per jaar dat de stremming optreedt is 3,9. Daarmee wordt het aantal vertragingsuren ten gevolge van de volledige baanvakstremming ten westen van Asd Zuid voor infravariant Z+G2+R: $10057 * 2,5 * 3,9 = 98055$ per jaar. reizigersvertragingsuren per jaar. Gemonetariseerd ⁶ : € 1.7 miljoen
7. Doe hetzelfde voor de andere stremmingsscenario's en bereken de totale vertragingkosten.	De totale vertragingkosten bij alle stremmingen tezamen zijn voor deze infravariant: € 7.7 miljoen.
8. Vergelijk de uitkomst met de	De som van alle vertragingkosten voor de referentievariant

⁵ Voor IC 's hanteert NS de volgende berekeningswijze: drukste spitsuur = totaal van 2 spitsuren * 1.08 (ophoging najaar) * 0.65 (factor drukste uur binnen ochtendspits) * 1.30 (factor spreiding over dagen/weken) = totaal van 2 spitsuren * 0.91

⁶ De Value Of Time van een reizigersuur = €7,10; voor het onvoorziene aspect van vertraging geldt een vermenigvuldigingsfactor 2,4;. Dus een gemiddeld reizigersvertragingssuur wordt gewaardeerd op $(2,4 * € 7,10) = €17,04$.

vertragingskosten van de referentie (Z). De baten voor de betreffende infravariant is het verschil in vertragingskosten tussen de beschouwde infravariant en de referentie.	bedraagt €16.0 miljoen, zodat de vervoerbaten van het hebben van bijstuurvoorzieningen uitkomt op € 8.3 miljoen. Let wel, hierbij zijn de dervingen als gevolg van het storen van de bijstuurvoorzieningen zelf niet verdisconteerd.
---	--

2.Derving op baten door storing van bijstuurvoorzieningen



Voorbeeld:

Het wissel van het (gele) keerspoor naar perronspoor 422 is gestoord

<i>Stappen uit rekenmodel</i>	<i>Toepassing in voorbeeld</i>
1. Stel voor elk geel en rood wissel/of wisseloverloop vast wat de jaarlijkse storingskans en –duur is en wat de gevolgen van die storing zijn (volledige of partiële baanvakstremming)	Voorbeeld: wissel van keerspoor naar perronspoor is gestoord Storingskans: 0,2 storingen per jaar (gemiddelde van standaard 1:15 wissels) Storingsduur: gemiddeld 2 uur (idem) Gevolgen: er kunnen geen treinen rijden over spoor 422; SPR (2x per uur) kan niet rijden tussen Hfd en Weesp; IC ShI-Ut-Nm kan slechts 2x per uur rijden in plaats van 4x per uur.
2. Bereken de vertragingskosten volgens het bovenstaande "batenmodel"	De bijbehorende vertragingskosten voor de reizigers die nu op een volgende trein moeten wachten zijn €56.000 per jaar.
3. Het resultaat is extra derving ten gevolge van het aanwezig zijn van de bijstuurinfra en wordt in mindering gebracht op de hierboven berekende baten.	Op dezelfde manier wordt van alle ("gele en rode" bijstuurinfra de vertragingskosten ("derving") becijferd. In totaal voor deze infravariant : €1.0 miljoen voor storingen in de gele infraplus €0.6 miljoen voor de rode infra; totaal €1.6 miljoen

3.Kosten van bijstuurvoorzieningen

<i>Stappen uit rekenmodel</i>	<i>Toepassing in voorbeeld</i>
1. Ga na hoeveel gele en rode wissels (standaard; 1:15), kilometers keerspooren, en kilometers linkerspoorbeveiliging de verschillende infravarianten bevatten.	Op de gehele corridor: 99 zwarte wissels, 36 gele wissels, 33 rode wissels, 107 km linkerspoor beveiliging (waarvan 4 km geel, de rest rood), en 6 keerspooren (tailtracks) van 350 meter lengte.
2. Vermenigvuldig deze aantallen met de eenheidsprijzen voor jaarkosten instandhouding en vernieuwing volgens [1]	Totaal €1.7 miljoen (gele infra) + € 2.2 (rode infra) = €3.9 miljoen per jaar voor instandhouding en vervanging