



Vervoerregio  
Amsterdam

# Regelmaat als maatregel

Sturen op regelmaat in de  
Vervoerregio Amsterdam

Windesheim Flevoland

Stef Windt | Mei 2019



**Vervoerregio Amsterdam**

Jodenbreestraat 25  
Postbus 626  
1000 AP Amsterdam  
020-5273700

**Onderwijsinstelling**

Hogeschool Windesheim Flevoland  
Ruimtelijke Ontwikkeling – Mobiliteit  
Comakership Afstuderen

**Auteur en studentnummer**

Stef Windt  
1090742

**Begeleiders/Assessors**

Marc van Deventer (Vervoerregio Amsterdam)  
Sytze Rienstra (Windesheim Flevoland)  
Marlies Schnackers (Windesheim Flevoland)

**Fotografie**

Arjan Vos  
Marc van Deventer

Mei 2019

# Voorwoord

Voor u ligt het resultaat van het afstudeeronderzoek naar het sturen op regelmaat in het openbaar vervoer in de Vervoerregio Amsterdam. In dit onderzoek heb ik met behulp van verschillende onderzoeksmethoden een beeld kunnen vormen van het concept regelmaatsturing en de voor- en nadelen die hierbij horen. Dit onderzoek is uitgevoerd bij de Vervoerregio Amsterdam in het kader van het afstuderen aan de studie Ruimtelijke Ontwikkeling – Mobiliteit aan hogeschool Windesheim Flevoland. Het onderzoek heeft in de periode van januari 2019 tot en met mei 2019 plaatsgevonden.

Tijdens mijn stageperiode heb ik altijd met veel plezier gewerkt bij de Vervoerregio Amsterdam op het kantoor in het hart van Amsterdam. Via deze weg wil ik Marc van Deventer van Vervoerregio Amsterdam bedanken voor zowel de inhoudelijke als persoonlijke begeleiding tijdens het uitvoeren van mijn onderzoek. Daarnaast bedank ik Sytze Rienstra vanuit Windesheim voor de coaching op inhoud en proces tijdens dit afstudeertraject. Ook bedank ik de rest van het team Beheer Concessies en Contracten van de Vervoerregio voor hun openheid, interesse en input in mijn onderzoek.

Ik wens u veel leesplezier toe,

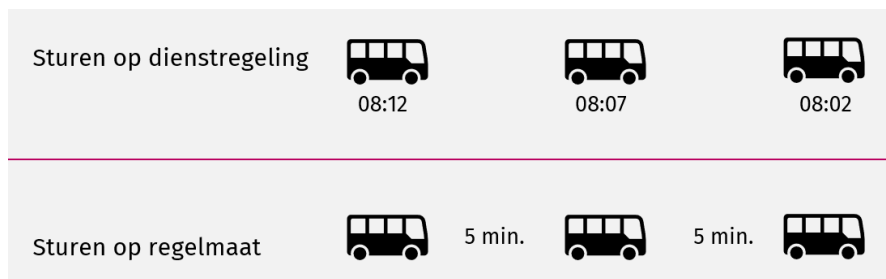
Stef Windt

Amsterdam, 29 mei 2019

# Samenvatting

Vervoerregio Amsterdam wil het openbaar vervoer in en rond Amsterdam versnellen en betrouwbaarder maken. Het sturen op regelmaat kan hieraan bijdragen, maar de effecten hiervan moeten wel eerst duidelijk zijn. Daarom is met behulp van een literatuuronderzoek, dataonderzoek, interviews met experts en een expertsessie het onderwerp regelmaatsturing en de effecten daarvan onderzocht in dit onderzoek. Vervoerregio Amsterdam kan vervolgens bepalen of het sturen op regelmaat wenselijk is.

Het samenklonteren van voertuigen of ook wel 'bus bunching' genoemd zorgt voor onbetrouwbare wachttijden en een onevenredige spreiding van reizigers over bussen. Regelmaatsturing kan dit probleem tegengaan door niet meer te sturen op vaste vertrektijden maar op een gelijk interval tussen opvolgende bussen. In het figuur hieronder is dit verschil weergegeven.



Het sturen op regelmaat brengt vanzelfsprekend ook een aantal effecten met zich mee. Voor de reiziger zijn de gemiddelde kortere wachttijd op de halte en de betere spreiding van reizigers over bussen de belangrijkste positieve effecten. Het overstappen tussen lijnen die op regelmaat rijden en lijnen met punctualiteitssturing kan nog wel voor problemen zorgen. Daarnaast zorgt het sturen op regelmaat ook voor extra onzekerheid voor reizigers omdat de vervoerder geen exacte vertrektijden meer publiceert.

Voor de vervoerder is het belangrijkste effect van regelmaatsturing de andere manier van plannen, omdat bijvoorbeeld geen dienstregeling meer wordt gehandhaafd. Dit is niet positief noch negatief, maar vooral een andere manier van werken, wat zeker aan het begin inspanning vraagt. Daarnaast kan het sturen op regelmaat zorgen voor lagere operationele kosten door een besparing in voertuigen en rijtijd. Voor chauffeurs wordt meer flexibiliteit verwacht en veranderen de werkomstandigheden waardoor zij minder stress ervaren ten opzichte van de huidige situatie.

Voor de Vervoerregio Amsterdam betekent het sturen op regelmaat een andere kijk op het concessiebeheer, door de vervoerder niet meer op punctualiteit af te rekenen maar op regelmaat. Het meten van regelmaat moet daarbij op een manier die zoveel mogelijk de beleving van de reizigers kan representeren.

De regelmaat in het openbaar vervoer in de vervoerregio Amsterdam laat op dit moment nog te wensen over. Op sommige bus- en tramlijnen klonteren ongeveer 10% van de ritten samen en staan reizigers door deze onbetrouwbaarheid gemiddeld 0,5 tot 1,5 minuut langer te wachten dan gepland. Over het algemeen geldt

dat lijnen met veel eigen infrastructuur regelmatig rijden dan lijnen die met het andere verkeer meerijden. Regelmaatsturing kan in beide gevallen voordelen hebben.

Het sturen op regelmaat is op grofweg vier verschillende manieren mogelijk; vertragen, versnellen, eerder keren en door maatregelen te nemen in de infrastructuur. Iedere sturingsoptie heeft zowel voor- als nadelen. De keuze welke sturingsoptie daadwerkelijk wordt toegepast is afhankelijk van de kenmerken van de lijn. Het versnellen waar mogelijk en het beperkt vertragen van voertuigen lijkt hierbij de meest kansrijke optie. Naast deze sturingsopties zijn verschillende varianten van regelmaatsturing mogelijk, zoals het sturen op regelmaat bij alleen verstoringen, regelmaatsturing met een onderliggende dienstregeling en het volledig loslaten van de dienstregeling.

Het toepassen van regelmaatsturing in de Vervoerregio Amsterdam is kansrijk, gezien de te verwachten effecten, de huidige regelmaat en de contractuele mogelijkheden in de concessie Amstelland-Meerlanden. Ook in andere concessies met hoogfrequente lijnen kan regelmaatsturing relevant zijn. Omdat de gevonden effecten theoretisch zijn, is het aan te bevelen om het sturen op regelmaat eerst aan de hand van een simulatie te testen. Het daarna uitvoeren van een proef met regelmaatsturing is de enige manier om de daadwerkelijke effecten van het sturen op regelmaat te onderzoeken. Op basis van deze resultaten kan de Vervoerregio Amsterdam kiezen om regelmaatsturing op meer lijnen toe te passen, zodat op die manier het openbaar vervoer in de Vervoerregio Amsterdam betrouwbaarder, comfortabeler en regelmatig wordt.

# Inhoudsopgave

---

<b>1. Inleiding</b>	<b>7</b>	<b>5. Sturen op regelmaat</b>	<b>51</b>
1.1 Aanleiding	7	5.1 Vormen van regelmaatsturing	52
1.2 Doel en onderzoeksvragen	8	5.2 Sturingsopties	59
1.3 Werkwijze	8	5.3 Conclusie sturingsopties	64
1.4 Afbakening	10	<b>6. Toepassing in de Vervoerregio</b>	<b>65</b>
1.5 Betrouwbaarheid en validiteit	11	6.1 Resultaten expertsessie	67
1.6 Leeswijzer	12	6.2 Concessiebeheer	68
<b>2. Betrouwbaarheid en regelmaat</b>	<b>13</b>	<b>7. Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>71</b>
2.1 Bus bunching	14	7.1 Conclusie	71
2.2 Wat is regelmaat?	15	7.2 Aanbevelingen	73
2.3 Betrokkenen	19	7.3 Discussie	74
<b>3. Effecten regelmaatsturing</b>	<b>21</b>	Literatuurlijst	76
3.1 Vervoerkundige effecten	22	Bijlagen	80
3.2 Effecten op reizigers	28	A. Interviewverslagen	81
3.3 Overige effecten	32	B. Overzicht resultaten dataonderzoek	92
3.4 Conclusie	34	C. Verwerking data	94
<b>4. Regelmaat op dit moment</b>	<b>35</b>	D. Resultaten expertsessie	98
4.1 Meetmethoden regelmaat	35		
4.2 Huidige regelmaat	42		
4.3 Regelmaat op lijn 300	47		



# 1 Inleiding

Het openbaar vervoer in en rond Amsterdam heeft op veel lijnen hoge frequenties en door de toenemende drukte een dalende betrouwbaarheid. Het komt dan ook te vaak voor dat bussen, trams en metro's te dicht op elkaar komen te rijden en een onregelmatige dienstuitvoering ontstaat. Het sturen op regelmaat kan hier mogelijk een oplossing voor bieden, maar de effecten en toepassingsopties zijn nog onbekend. Dit onderzoek moet hier meer duidelijkheid over geven.

## 1.1 Aanleiding

In en rond Amsterdam zijn veel van de lijnen in het openbaar vervoer hoogfrequent. Een nadeel van deze hoogfrequente lijnen is dat voertuigen door de kortere volgtijden bij kleine verstoringen al snel dicht achter elkaar aan rijden en 'treintjes' vormen (Koppiseti et al, 2018). Dit heeft voor reizigers als gevolg dat een onregelmatige dienstregeling ontstaat en het openbaar vervoer minder aantrekkelijk wordt. Ook voor de vervoerder en concessieverlener, in dit geval Vervoerregio Amsterdam, heeft dit nadelige gevolgen zoals het moeten inplannen van ruimere buffertijden en extra voertuigen met bijbehorende extra kosten.

Om te voorkomen dat voertuigen samenklonteren, bestaat het idee om te sturen op regelmaat in plaats van punctualiteit. Op deze manier wordt gestreefd naar een gelijke volgtijd van de voertuigen in plaats van punctueel vertrek volgens dienstregeling. Vervoerregio Amsterdam (2017) zet in op een hogere betrouwbaarheid van het openbaar vervoer en ziet hiervoor regelmaatsturing als een mogelijke oplossing. Het is echter nog niet bekend welke effecten regelmaatsturing heeft. Daarom is in samenwerking met Windesheim Flevoland in het kader van een afstudeertraject dit onderzoek uitgevoerd naar de effecten en wenselijkheid van het sturen op regelmaat.

De vraagstelling van dit onderzoek ligt daarom in het onderzoeken van de effecten van het sturen op regelmaat en welke gevolgen dit voor de concessies heeft. Daarnaast is het eerst van belang om in kaart te brengen hoe het nu gesteld is met de regelmaat. Op basis van deze resultaten kan Vervoerregio Amsterdam bezien of het wenselijk is om regelmaatsturing toe te passen.

## 1.2 Doel en onderzoeksvragen

Het doel van dit afstudeeronderzoek is het verkrijgen van inzicht in de effecten van het sturen op regelmaat in plaats van punctualiteit en hoe dit in concessies in het openbaar vervoer in te passen is. Op basis van deze informatie valt te bepalen of regelmaatsturing kan bijdragen aan het aantrekkelijker maken van het openbaar vervoer. Zo kan Vervoerregio Amsterdam bepalen of het wenselijk is om op bepaalde lijnen op regelmaat te gaan sturen in plaats van punctualiteit. Daarbij wordt ook duidelijk op welke manier valt om te gaan met de effecten die bij regelmaatsturing komen kijken.

Op basis van deze doelstelling is de volgende onderzoeksvraag geformuleerd:

*In hoeverre kan regelmaatsturing in de Vervoerregio Amsterdam bijdragen aan het aantrekkelijker maken van het openbaar vervoer voor de reiziger en de concessieverlener?*

Om deze hoofdvraag te beantwoorden zijn de onderstaande drie deelvragen opgesteld. Deze deelvragen zijn globaal ook de stappen zoals die in de werkwijze staan omschreven.

- *Hoe regelmatig is het openbaar vervoer in de Vervoerregio Amsterdam op het moment volgens verschillende meetmethoden?*
- *Welke verschillende vormen en methoden van regelmaatsturing zijn mogelijk en welke voor- en nadelen hebben deze?*
- *Welke effecten heeft regelmaatsturing in de Vervoerregio op reizigers, de vervoerder en de concessieverlener?*

## 1.3 Werkwijze

In deze paragraaf staat kort de werkwijze tijdens dit onderzoek omschreven. Het onderzoek is opgedeeld in een aantal op elkaar aansluitende stappen, deze zijn weergegeven in onderstaand schema in figuur 1.1. Ter oriëntatie is een veldonderzoek gedaan en een stakeholderanalyse uitgevoerd.



*Figuur 1.1: Schematische weergave werkwijze per stap*



## Effecten regelmaat

Als eerste stap zijn de verschillende effecten van het sturen op regelmaat in kaart gebracht. Hierbij is vooral gekeken naar de 'zachte' effecten. Het bepalen van harde cijfermatige effecten vereist diepgaande simulaties of een daadwerkelijke praktijkproef. Wel zijn de theoretische effecten op bijvoorbeeld rijtijden en roosters benoemd aan de hand van voorbeelden in het buitenland en de daar behaalde resultaten. Voor het bepalen van de meeste effecten is gebruik gemaakt van literatuuronderzoek, interviews (zie bijlage A) en een paar brainstormsessies. In deze brainstormsessies zijn alleen en met anderen mogelijke effecten in kaart gebracht. Deze effecten zijn vervolgens in interviews en met literatuuronderzoek bevestigd of ontkracht. Vervolgens zijn de effecten uitgewerkt tot een duidelijke omschrijving en mogelijke manier om met het effect om te gaan.

## Huidige regelmaat

De tweede stap van dit onderzoek is het bepalen van de huidige regelmaat geweest. Op dat moment wordt immers pas duidelijk hoe groot het probleem van onregelmaat op dit moment is. Om te bepalen hoe het met de regelmaat gesteld huidige is, was het eerst nodig om een aantal meetmethoden te bepalen. Met behulp van literatuuronderzoek en een interview met een expert zijn deze meetmethoden bepaald. Ook zijn de voor- en nadelen van deze indicatoren bepaald aan de hand van het literatuuronderzoek. Vervolgens is met behulp van de gerealiseerde aankomst- en vertrektijden afkomstig van de Nationale Databank Openbaar Vervoer (NDOV) de regelmaat op een achttal bus- en tramlijnen bepaald. Deze zijn geselecteerd op basis van de kenmerken die deze lijnen hebben. Drie meetmethoden afkomstig uit het literatuuronderzoek zijn gebruikt om de regelmaat te meten.

## Sturingsopties

Nadat bekend is hoe het op dit moment is gesteld met de regelmaat, is onderzocht welke verschillende sturingsopties mogelijk zijn. Dit is gedaan door het houden van een aantal interviews met experts op het gebied van regelmaatsturing, gesprekken met vervoerders en medewerkers van de Vervoerregio Amsterdam. Op die manier ontstaat een goed beeld van de verschillende opties die mogelijk zijn om op regelmaat te sturen en hoe de verschillende partijen hierover denken. Naast het houden van interviews is ook veel informatie over verschillende sturingsopties uit literatuuronderzoek afkomstig. Eerdere onderzoeken naar wat de beste manier is om op regelmaat te sturen zijn als bron gebruik om verschillende sturingsmethoden te bepalen. Het resultaat van deze stap is een overzicht van de verschillende vormen en methoden om op regelmaat te sturen inclusief de voor- en nadelen die bij deze sturingsopties horen.

## Toepassing op Vervoerregio Amsterdam

Na het bepalen van de effecten van het sturen op regelmaat en de inventarisatie van de sturingsopties is het zaak om deze informatie toe te passen op de Vervoerregio Amsterdam. In een expertsessie met medewerkers van de Vervoerregio Amsterdam zijn de meningen gepeild en is bekeken welke vormen van regelmaatsturing de voorkeur hebben. Samen met de effecten valt te bepalen hoe wenselijk het sturen op regelmaat is. Daarnaast is tijdens de expertsessie gekeken naar mogelijke hindernissen die het sturen op regelmaat op dit moment nog in de weg zitten. De resultaten van deze expertsessie zijn daarna meegenomen om passende conclusies en aanbevelingen te formuleren.

## 1.4 Afbakening

Dit onderzoek naar de effecten en mogelijkheden van het sturen op regelmaat is vooral gekeken naar het actief bijsturen op een gelijk interval en niet naar infrastructurele maatregelen die kunnen bijdragen aan een betere regelmaat. Bij het bepalen van de effecten van regelmaatsturing is gekeken naar effecten voor de reiziger, vervoerder en de concessieverlener, omdat dit de belangrijkste actoren zijn die te maken hebben met het sturen op regelmaat.

Bij de toepassing op de Vervoerregio Amsterdam is vooral gekeken naar bus en tram in de vervoerregio. Op de kaart in figuur 1.2 zijn de concessiegebieden die vallen onder de Vervoerregio Amsterdam weergegeven. Dit zijn Amsterdam, Zaanstreek, Waterland en Amstelland-Meerlanden. Specifiek is aandacht besteed aan buslijn 300 tussen Haarlem en Amsterdam Bijlmer ArenA omdat op deze lijn vanaf de zomer een proef gaat plaatsvinden met het sturen op regelmaat.



*Figuur 1.2: Concessiegebieden van de Vervoerregio Amsterdam*

## 1.5 Validiteit en betrouwbaarheid

---

Deze paragraaf gaat in op de manieren waarop de betrouwbaarheid en validiteit van dit onderzoek zijn bewaakt tijdens de uitvoering van het onderzoek.

### Betrouwbaarheid

Om de betrouwbaarheid van dit onderzoek te waarborgen is het gebruik van kwalitatief goede bronnen belangrijk. Daarom is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bronnen van vervoerbedrijven zelf en wetenschappelijke onderzoeken. Resultaten uit de interviews zijn waar mogelijk bevestigd aan de hand van de informatie uit het literatuuronderzoek en vice versa. Voor het houden van interviews is aan de hand van de stakeholderanalyse bepaald welk belang deze stakeholder heeft bij het sturen op regelmaat en hoe dit zijn of haar antwoorden kan beïnvloeden. Daarnaast zijn de verslagen van de interviews ter controle aan de geïnterviewden toegestuurd.

De betrouwbaarheid van het dataonderzoek is gewaarborgd door de resultaten te vergelijken met andere bronnen, zoals bijvoorbeeld de punctualiteit op die lijn. Ook zijn de resultaten te vergelijken met steden in het buitenland waar al wel regelmaat wordt gemeten. De betrouwbaarheid van de gebruikte databronnen zelf is hoog, maar de gegevens zijn niet altijd op de seconde nauwkeurig. Tijdens het verwerken en analyseren van de data is rekening gehouden met deze onnauwkeurigheid.

De betrouwbaarheid van dit onderzoek wordt als geheel vooral gewaarborgd door het gebruik van verschillende onderzoeksmethoden en bronnen om deze vervolgens onderling te kunnen vergelijken en toetsen. Op deze manier vullen bronnen elkaar aan en zijn uitspraken gevalideerd.

### Validiteit

Om te zorgen voor een hoge validiteit is het noodzakelijk zeker te zijn dat het daadwerkelijk gaat over regelmaatsturing. Omdat veelal Engelstalige vakliteratuur is gebruikt is hier goed op gelet en is gecontroleerd of de tekst ging over het sturen op regelmaat of alleen een 'regelmatige dienstregeling'. Daarnaast is rekening gehouden met het feit dat resultaten in buitenlandse studies niet altijd in de Nederlandse situatie toepasbaar zijn. Wel kunnen deze buitenlandse voorbeelden een indicatie geven van welke resultaten te verwachten zijn.

Bij de interviews en gesprekken met verschillende stakeholders is van tevoren het interview voorbereid en zijn concrete vragen geformuleerd. Daarnaast is ook hier goed gelet op dat dezelfde definitie van het sturen op regelmaat werd gehanteerd tijdens het gesprek. Om tot achterliggende beweegredenen te komen om ergens wel of niet voor te kiezen is tijdens de interviews gebruik gemaakt van de LSD-methode (Luisteren, Samenvatten, Doorvragen).

De resultaten van dit onderzoek zijn toepasbaar op de situatie in de Vervoerregio Amsterdam, maar ook in andere steden waar hoogfrequente lijnen rijden. Ook in het buitenland waar vergelijkbare regelgeving bestaat zijn resultaten van dit onderzoek ook mogelijk toepasbaar.

## **1.6 Leeswijzer**

---

In hoofdstuk 2 staan de begrippen betrouwbaarheid, bus bunching en regelmaat uitgelegd. Daarnaast staat de stakeholderanalyse weergegeven in dat hoofdstuk. Hoofdstuk 3 gaat vervolgens in op de effecten die regelmaatsturing met zich meebrengt en hoe met deze effecten valt om te gaan, hiermee wordt duidelijk hoe wenselijk het sturen op regelmaat is. Het vierde hoofdstuk gaat over de huidige regelmaat. Hiervoor staan eerst drie meetmethoden uitgewerkt en vervolgens komt de regelmaat op dit moment op acht bus- en tramlijnen aan bod. In hoofdstuk 5 wordt verder ingegaan op de verschillende mogelijkheden om op regelmaat te sturen en welke voor- en nadelen deze manieren hebben. Het zesde hoofdstuk past daarna de eerdere resultaten toe op de Vervoerregio Amsterdam en gaat in op het resultaat van de expertsessie. Tot slot zijn in hoofdstuk 7 de conclusies en aanbevelingen van dit onderzoek te vinden.

In de meeste hoofdstukken zijn een of meerdere kaders opgenomen met achtergrondinformatie over een specifiek onderwerp of casus. In de bijlagen zijn de interviewverslagen, een uitgebreide verantwoording van het dataonderzoek, een overzichtstabel van het dataonderzoek en een verslag van de expertsessie te vinden.

# 2

## Betrouwbaarheid en regelmaat

De Vervoerregio Amsterdam zet met de Investeringsagenda Openbaar Vervoer in op het versnellen en verhogen van de betrouwbaarheid van het openbaar vervoer in en rond Amsterdam. Een hoge betrouwbaarheid is te behalen door te zorgen voor een goede regelmaat; een gelijk interval tussen de voertuigen op een lijn. Reizigers hoeven hierdoor nooit lang te wachten op het volgende voertuig.

De Vervoerregio Amsterdam zet in op het versnellen en verhogen van de betrouwbaarheid van het openbaar vervoer (Vervoerregio, 2017). Betrouwbaarheid in het openbaar vervoer is op verschillende manieren te bepalen; bijvoorbeeld door te kijken naar punctualiteit, het halen van een overstap of de extra reistijd waar een reiziger mee te maken krijgt. Zie voor een definitie van betrouwbaarheid ook het kader op de volgende pagina '*Wat is betrouwbaarheid?*'. Op een onbetrouwbare verbinding kiezen reizigers ervoor om meer tijd te nemen (Ceder, 2007) en daardoor meestal eerder te vertrekken (een bus/tram eerder nemen), waardoor de reistijd langer wordt dan noodzakelijk. Door de betrouwbaarheid te verbeteren zullen reizigers minder snel extra reistijd incalculeren.

Niet alleen is onbetrouwbaar openbaar vervoer onaantrekkelijk voor reizigers, ook voor de vervoerder en de Vervoerregio is onbetrouwbaarheid een probleem, bijvoorbeeld door het moeten inbouwen van extra buffertijd en daarmee de inzet van extra voertuigen. Deze extra tijd en voertuigen zorgen daardoor voor hogere kosten, zonder dat de kwaliteit voor de reiziger verbetert. (Ronghui & Shalini, 2007). Het verhogen van de betrouwbaarheid is op verschillende manieren mogelijk, waar sturing op regelmaat een van is. Bij sturen op regelmaat is niet meer de dienstregeling leidend, maar de volgtijd tussen voertuigen. Op dit moment komt het juist vaak voor dat volgtijden veel langer en korter dan gepland zijn waardoor voertuigen onregelmatig vertrekken.

De informatie in dit hoofdstuk is afkomstig uit literatuuronderzoek. In de eerste paragraaf wordt ingegaan op het probleem 'bus bunching' wat de aanleiding is om op regelmaat te gaan sturen. Vervolgens wordt het concept regelmaatsturing geïntroduceerd, gevolgd door een inventarisatie van de betrokken actoren.

## 2.1 Bus bunching

Op regelmaat sturen heeft alleen zin op hoogfrequente lijnen. Uit onderzoek van Osuna en Newell (1972) blijkt dat reizigers bij hoogfrequente lijnen vaak niet meer naar de dienstregeling kijken, maar op een willekeurig moment naar de halte lopen. Reizigers verwachten dat ze nooit lang hoeven te wachten, omdat de bus vaak genoeg rijdt. De aanname dat reizigers dus op willekeurige momenten op de halte aankomen is de basis van het sturen op regelmaat. Ook het probleem '*bus bunching*' dat door een gebrek aan regelmaat ontstaat is gebaseerd op deze aanname. Hoewel het probleem bus bunching heet, hebben ook railsystemen zoals tram en metro last van bunching.

Bus bunching is het probleem op hoogfrequente buslijnen waarbij meerdere voertuigen van dezelfde lijn dicht achter elkaar rijden. Het probleem van bus bunching ontstaat bij een kleine vertraging (Daganzo, 2009; Van der Werff, 2017). Door deze kleine vertraging staan meer reizigers bij iedere halte, ervan uit gaande dat reizigers op een willekeurig moment aankomen bij de halte. Door de extra reizigers duurt het instappen iets langer dan normaal waardoor de bus meer vertraging oploopt. Bij de volgende haltes herhaalt zich dit waardoor de vertraging steeds verder toeneemt. De volgende bus, die wel op tijd is vertrokken heeft een korte volgtijd op zijn steeds verder vertraagde voorganger en heeft bij iedere halte minder reizigers staan, waardoor deze bus sneller is dan normaal. Op een gegeven moment heeft de vertraagde bus een dusdanige vertraging opgelopen dat de volgende bus direct achter de vertraagde bus zit (Moreira-Matias et al, 2013).

### Wat is betrouwbaarheid?

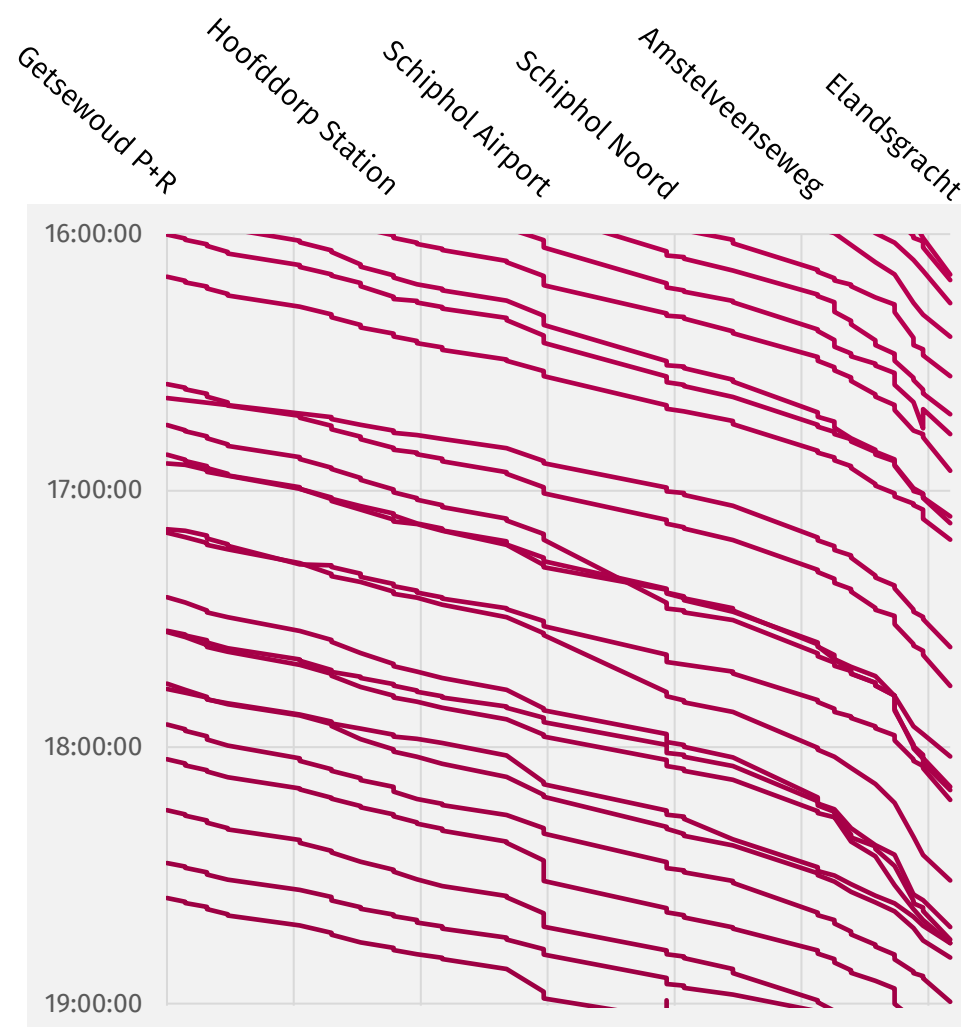
Transport for London heeft uitgebreid onderzoek gedaan naar wat betrouwbaarheid voor reizigers betekent en wat hun beleving van betrouwbaarheid bepaalt. Met dit onderzoek hoopt TfL reizigers beter te begrijpen en een aanzet te doen om betrouwbaarheid op een nieuwe manier te meten, die beter overeenkomt met de beleving van de reizigers. Een betrouwbare service definiëren reizigers als een service waar zij op kunnen bouwen (TfL, 2011).

Het belangrijkste resultaat uit dit onderzoek van Transport for London is dat het idee van betrouwbaarheid vooral uit eigen beleving wordt gevoed. De beleving van de reiziger is in meeste gevallen anders dan de harde cijfers die vervoerbedrijven vaak publiceren. Als de cijfers van vervoerbedrijven te veel afwijken van de beleving van de reiziger zelf daalt het idee van betrouwbaarheid zelfs verder (TfL, 2011). Een andere relevante bevinding uit het onderzoek is dat betrouwbaarheid verder strekt dan alleen het op tijd rijden van metro's, maar dat ook bijvoorbeeld informatie bij verstoringen en een veilig gevoel onder een betrouwbaar product vallen.

Marc Drost (zie bijlage A) van Vervoerregio Amsterdam geeft hetzelfde aan: "We moeten betrouwbaarheid meer vanuit het reizigersperspectief bekijken in plaats van uit de vervoerder. Het meten van punctualiteit zoals we dat nu doen is heel erg systeemdenken, met als gevolg dat de beleving van de reiziger niet overeenkomt met de cijfers over betrouwbaarheid die vervoerders presenteren." Ook voor regelmaatsturing is betrouwbaarheid belangrijk, reizigers moeten echt kunnen vertrouwen op de belofte 'iedere 5-7 minuten een bus'.

De gevolgen hiervan zijn langere wachttijden op haltes en een ongebalanceerde bezetting van de bussen. De vertraagde bus is bij bus bunching vaak erg vol terwijl de bus daar direct achter meestal leeg is (Jaffe, 2012). Voor vervoerders is dit een probleem omdat de bezetting van bussen inefficiënt is en voor reizigers zorgen de volle bussen voor een lager comfort (Simeunovic, 2012). Bus bunching komt meestal voor met twee voertuigen die samenklonteren, maar kan in extreme gevallen ook drie of meer voertuigen samen laten klonteren (Gayah, 2018). Hoe hoogfrequenter een lijn is, hoe eerder bus bunching kan optreden door de korte volgtijden. Bij GVB is een voertuig door de onbetrouwbaarheid voor vol verklaard bij een gemiddelde bezetting van 60%, op die manier kunnen ook de reizigers die door een onregelmatig interval extra op de halte staan mee met het voertuig. Bij een hogere regelmaat kan dat percentage hoger liggen, met daardoor een kleinere materieelbehoefte en dus lagere kosten. Ook voor Vervoerregio Amsterdam is dit gunstig, omdat de kwaliteit van het openbaar vervoer voor de reiziger stijgt, terwijl de kosten afnemen.

Binnen de Vervoerregio Amsterdam komt bus bunching met enige regelmaat voor. Op een enkele lijn rijdt zelfs 10% van de bussen 'gebunched', zo blijkt uit het dataonderzoek in hoofdstuk 3. In figuur 2.1 is een tijd/wegdiagram opgenomen van lijn 397. Hierin is duidelijk te zien hoe bussen samenklonteren en dicht op elkaar rijden. Ook is te zien hoe bussen na de halte Amstelveenseweg langzamer gaan rijden, omdat zij dan de vrije busbaan inwisselen voor de relatief drukke binnenstad van Amsterdam.



**Figuur 2.1:** Tijd/wegdiagram van lijn 397 van Getsewoud naar Amsterdam tussen 16u en 19u. Hoe steiler de lijn, hoe langzamer de bus rijdt.

## Eerdere onderzoeken

Het oplossen van bus bunching is geen gemakkelijke opgave aldus Vogel (2018). Daarom is al eerder onderzoek gedaan naar het sturen op regelmaat. Hierbij is onderzocht hoe regelmaat te verbeteren is en is deze theorie toegepast in een aantal casestudies en pilots. Onderstaande onderzoeken en pilots geven een idee van het onderzoek wat al is uitgevoerd naar regelmaat in het openbaar en welke aspecten ook ander onderzoek vereisen.

1. *Case study lijn 400*. Ellen van der Werff (2017) heeft voor haar masterscriptie onderzocht hoe regelmaatsturing op lijn 400 tussen Leiden en Zoetermeer toe te passen is en welke effecten dit heeft. Uit dit onderzoek komt dat regelmaatsturing bus bunching grotendeels kan oplossen op deze lijn, waar dat bij sturing op punctualiteit niet lukt. Regelmaatsturing heeft volgens haar echter alleen voordelen als regelmaat over de gehele lijn nodig is, bij weinig instappers onderweg is sturing op punctualiteit logischer. Uit het voorbeeld van lijn 400 komt naar voren dat reizigers over het algemeen iets langer in de bus zitten, maar daarentegen minder lang op een bus hoeven te wachten. De totale reistijd bleef daardoor ongeveer gelijk. De resultaten uit dit onderzoek zijn gebaseerd op verschillende simulaties.
2. *Betrouwbaar OV op RandstadRail*. Van Oort & Van Nes (2008) heeft verschillende onderzoeken gedaan naar regelmaat in het openbaar vervoer. In een onderzoek naar het verhogen van de betrouwbaarheid en regelmaat op RandstadRail komt naar voren dat de gemiddelde reistijd is afgenomen en de kans op een zitplaats door de hogere

regelmaat juist is toegenomen. Dit zijn dan ook argumenten om regelmaatsturing verder uit te werken (Van Oort & Van Nes, 2008)

3. *Pilot regelmaatsturing Stockholm*. In 2012 heeft een pilot plaatsgevonden in Stockholm waar op een buslijn is gestuurd op regelmaat. Cats van TU Delft heeft in dit onderzoek en de pilot een rol gespeeld om te onderzoeken hoe de regelmaat zou verbeteren. Ondanks de mindere implementatie is het resultaat van de pilot dat de regelmaat inderdaad is toegenomen op de onderzochte lijnen. De wachttijd op haltes is sterk gedaald en reizigers zijn daardoor over het algemeen sneller op hun bestemming. Daarnaast stelt Cats enkele meetmethoden voor regelmaat voor (Cats, 2013).

De genoemde onderzoeken hebben zich voornamelijk gericht op het onderzoeken en simuleren van sturen op regelmaat en welke effecten dit heeft op de regelmaat van buslijnen. Welke effecten regelmaatsturing heeft op bijvoorbeeld reisinformatie, chauffeurs en reizigers is nog niet bekend. Van der Werff (2017) geeft aan dat nog verder onderzoek nodig is naar de uitvoerings- en contractuele aspecten van regelmaatsturing.



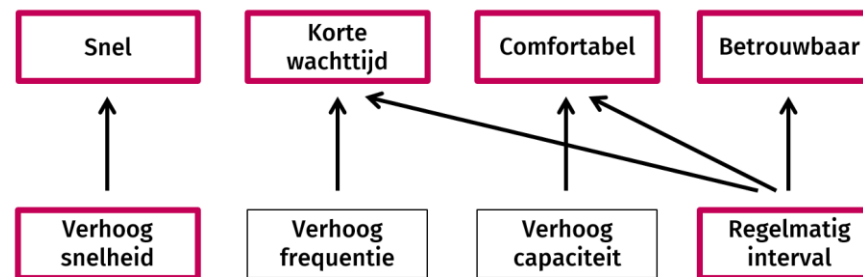
## 2.2 Wat is regelmaat?

Het sturen op regelmaat in het openbaar vervoer verschilt sterk van het sturen op punctualiteit. Bussen rijden immers niet meer volgens een vaste dienstregeling, maar volgens een vaste regelmaat met constante volgtijden. Sturing op regelmaat zorgt hierdoor voor een hoge betrouwbaarheid van de wachttijd op de halte. Voor de meeste reizigers heeft dit een gemiddeld kortere wachttijd tot gevolg omdat reizigers nooit langer dan het geplande interval hoeft te wachten. Dit is gunstig omdat reizigers wachttijd ongeveer twee keer zo zwaar beleven als tijd in het voertuig (Warffemius, 2015). Onderliggend aan een op regelmaat gestuurde lijn ligt in de meeste gevallen nog wel een dienstregeling voor bijvoorbeeld de planning van personeel en materieel.

Bij sturing op punctualiteit wordt alleen gestuurd op het zo punctueel mogelijk uitvoeren van de dienstregeling, ook als dit betekent dat voertuigen hierdoor een korte volgtijd krijgen. Een dienstregeling met gelijke intervallen die volledig punctueel wordt uitgevoerd, heeft vanzelfsprekend ook een hoge regelmaat. In dat geval is sturing op regelmaat niet nodig. In de praktijk is het echter onrealistisch om volledig punctueel te rijden en is altijd een kans op kleine verstoringen of vertragingen onderweg.

Andersom werkt dit anders, een lage punctualiteit hoeft niet vanzelfsprekend ook een lage regelmaat te betekenen. Als alle bussen op een halte met bijvoorbeeld vijf minuten vertraging vertrekken, is de punctualiteit zeer laag, maar is de regelmaat op de halte nog steeds hoog. De volgtijd tussen de voertuigen is immers ongeveer gelijk (Walker, 2010).

Munoz (2015) toont in figuur 2.2 met een conceptueel model aan dat regelmaatsturing een effectieve manier is om de kwaliteit van het openbaar vervoer te verbeteren. Het draagt namelijk niet alleen bij aan een hogere betrouwbaarheid van het openbaar vervoer, maar ook een hoger comfort door een grotere zitplaatskans en gemiddeld een kortere wachttijd. De andere maatregelen die zijn genoemd in de figuur zijn vaak aanzienlijk duurder dan wat het sturen op regelmaat zou kosten. Samen met het versnellen van bussen kan regelmaatsturing zorgen voor een aantrekkelijk product.



*Figuur 2.2: Onderdelen van de reis waar regelmaatsturing invloed op kan hebben (Munoz, 2015)*

## Definitie

Een eenduidige definitie van regelmaatsturing is lastig te formuleren omdat het sturen op regelmaat op verschillende manieren toe te passen is. In hoofdstuk 4 staan deze verschillende vormen beschreven. Desondanks is wel een algemene definitie te geven van het begrip regelmaatsturing:

*Regelmaatsturing is het sturen op zo gelijk mogelijke volgtijden tussen voertuigen.*

Deze definitie wordt tijdens de rest van het onderzoek gehanteerd. Het sturen op regelmaat draait dus vooral om het sturen op een gelijk interval tussen opvolgende voertuigen om op die manier volgens een regelmatig patroon met voertuigen te rijden. Wouter Bakker (bijlage A) van Connexxion pleit daarom ervoor om niet te spreken van 'regelmaatbeheersing' maar van 'intervalbeheersing'; het draait volgens hem immers om het beheersen van het interval om zo tot een goede regelmaat te komen. In praktijk komen beide termen op hetzelfde neer: zorgen voor een zo gelijk mogelijke volgtijd tussen de bussen, een homogeen interval.

Een hoge regelmaat zorgt niet automatisch voor een hogere betrouwbaarheid van het openbaar vervoer. Dit hangt af van de definitie van betrouwbaarheid. Regelmaatsturing kan bijvoorbeeld zorgen voor een heel betrouwbare wachttijd op de halte (nooit meer dan het interval tussen bussen) maar aan de andere kant zorgen voor bijvoorbeeld het missen van aansluitingen en een reistijd die soms korter of langer is dan de andere keer.

Betrouwbaarheid en regelmaat gaan in sommige gevallen hand in hand maar staan soms dus ook tegenover elkaar. Het is daarom van belang om te bepalen of de betrouwbaarheid voor de reiziger daadwerkelijk toeneemt als regelmaatsturing wordt toegepast. Op een lijn die nu al een zeer hoge punctualiteit heeft, zou regelmaatsturing bijvoorbeeld juist voor extra onzekerheid zorgen omdat vertrektijden niet meer vastliggen. In dat geval is de regelmaat meestal ook al goed, omdat de dienstregeling regelmatig is opgebouwd en deze met een hoge punctualiteit wordt uitgevoerd.

Betrouwbaarheid is daarbij ook voor een deel afhankelijk van de verwachting die reizigers hebben. Als een bus door regelmaatsturing niet komt op de tijd die in een eventuele reisplanner of dienstregeling staat gepubliceerd, voelt dit voor de reiziger als onbetrouwbaar, terwijl het interval tussen de bussen wel een hoge betrouwbaarheid heeft op dat moment. Het is daarom van belang om de reiziger goed te informeren over het sturen op regelmaat, zodat hij/zij ook de juiste verwachtingen heeft.

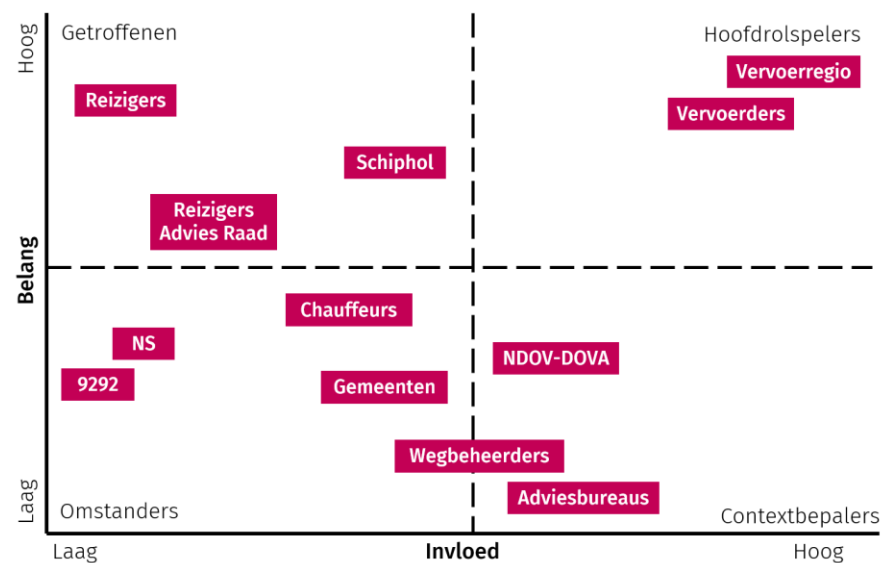
## 2.3 Betrokkenen

Bij het sturen op regelmaat zijn verschillende partijen betrokken, met ieder eigen belangen en zeggenschap over het sturen op regelmaat. De belangrijkste drie partijen zijn (in willekeurige volgorde): Reizigers, vervoerder en in dit geval Vervoerregio Amsterdam als concessiebeheerder. Om een compleet beeld te krijgen van partijen die betrokken zijn bij het sturen op regelmaat in en rond Amsterdam is een stakeholderanalyse uitgevoerd door een krachtenveldanalyse te maken. In figuur 2.3 is deze analyse weergegeven, hierin staat aangegeven hoeveel belang en invloed partijen hebben op het onderwerp regelmaatsturing.

Reizigers hebben een groot belang bij het al dan niet op regelmaat sturen omdat dit invloed heeft op de betrouwbaarheid en snelheid van hun reis. De invloed die reizigers hebben op het invoeren van regelmaatsturing is beperkter en loopt vooral via verschillende adviesorganen zoals de Reizigers Advies Raad en consumentenorganisaties. De vervoerder is een van de hoofdrolspelers als het gaat om het sturen op regelmaat. De vervoerder is immers de partij die regelmaatsturing in praktijk moet brengen en heeft daardoor veel invloed. Het belang van de vervoerder is afhankelijk van de afspraken met de concessieverlener. Daarnaast heeft de vervoerder het belang om een zo aantrekkelijk mogelijk product aan haar reizigers te bieden. Vervoerregio Amsterdam is een samenwerking tussen 15 gemeenten op het gebied van mobiliteit en is opdrachtgever van het openbaar vervoer in deze regio. Vervoerregio Amsterdam heeft als concessieverlener belang bij een zo goed mogelijk openbaar vervoer in haar concessiegebied. Daarbij is het voor de

Vervoerregio van belang dat dit openbaar vervoer betrouwbaar is en regelmaat is een van de manieren om dit te bereiken. Als concessieverlener heeft de Vervoerregio veel invloed op wat de vervoerder (niet) mag en bijvoorbeeld op welke wijze de regelmaat wordt gemonitord. Andere partijen die een rol hebben binnen het sturen op regelmaat zijn gemeenten en Schiphol als wegbeheerders voor het beschikbaar stellen van ruimte op haltes en het instellen van verkeersregelininstallaties. Ook NDOV en bijvoorbeeld 9292 hebben een rol in de communicatie naar reizigers.

In de krachtenveldanalyse in figuur 2.3 valt op dat in alle kwadranten een aantal stakeholders aanwezig zijn. Niet veel partijen hebben een hoge mate van invloed. Vooral reizigers en de vervoerder zijn belanghebbenden, omdat hun reis en operatie door regelmaatsturing veranderd.



Figuur 2.3: Krachtenveldanalyse van het sturen op regelmaat.

Chauffeurs zijn ook een partij met een bepaald belang en een redelijke invloed. Chauffeurs zijn uiteindelijk diegenen die het sturen op regelmaat in de praktijk moeten toepassen en kunnen zorgen voor een goede regelmaat, door te versnellen of vertragen waar dat mogelijk is. Het sturen op regelmaat staat of valt dus bij de chauffeur.

Tot slot is een onderscheid te maken in reizigers die vooruit plannen en graag duidelijkheid willen en reizigers die niet vooruit plannen en spontaan de bus nemen. Reizigers die vooruit plannen om bijvoorbeeld op tijd bij een afspraak te zijn, hebben behoefte aan duidelijkheid in bijvoorbeeld de vorm van exacte vertrektijden. Bij het sturen op regelmaat is dit niet meer mogelijk. Reizigers die spontaan reizen hebben meer baat bij een korte wachttijd en hebben daardoor juist voordeel van het sturen op regelmaat.

## **Conclusie**

Het probleem bus bunching zorgt voor een onregelmatige dienstuitvoering, lager comfort en langere wachttijden op haltes. Hierdoor ervaren reizigers het openbaar vervoer als minder betrouwbaar. Het sturen op regelmaat, sturen op een zo gelijk mogelijk interval tussen de voertuigen, kan een oplossing zijn om onregelmaat te voorkomen. Het is daarvoor wel nodig welke effecten het sturen op regelmaat heeft en hoe het op dit moment met de regelmaat is gesteld. Dit staat in de twee volgende hoofdstukken beschreven. De reiziger, de vervoerder en de concessieverlener zijn de belangrijkste actoren die te maken hebben met het sturen op regelmaat. In het volgende hoofdstuk zijn daarom de effecten van het sturen op regelmaat op die partijen onderzocht.



# 3 Effecten van regelmaatsturing

Het sturen op regelmaat brengt een grote verscheidenheid aan effecten met zich mee. Om een afweging te kunnen maken of het toepassen van regelmaatsturing wenselijk is, moeten deze effecten duidelijk zijn. Ook de veranderingen in de manier van plannen, bijsturen en communiceren die deze effecten teweeg brengen zijn onderzocht. Dit hoofdstuk gaat daarom in op de effecten van regelmaatsturing en hoe hiermee om valt te gaan.

Met het sturen op regelmaat veranderen meerdere aspecten in het openbaar vervoer. De vraag is welke effecten dit zijn en in welke mate deze effecten hinder of juist verbeteringen veroorzaken voor de reiziger, vervoerder en de concessieverlener. Met behulp van deze informatie kan de concessieverlener samen met de vervoerder bepalen of het sturen op regelmaat wenselijk is of niet.

Tijdens brainstormsessies, interviews en een expertsessie zijn de verschillende effecten van het sturen op regelmaat geïnterviewd en in kaart gebracht. Dit is vooral gedaan door gebruik te maken van de 'snowballing' techniek waarbij steeds meer aspecten die met regelmaatsturing te maken (kunnen) hebben zijn gevonden. Vervolgens zijn deze effecten aan de hand van literatuuronderzoek aangescherpt en bevestigd. Voor veel effecten is het lastig om de precieze effecten te berekenen en zijn deze exacte (cijfermatige) effecten veelal ook afhankelijk van waar en op welke wijze het sturen op regelmaat wordt toegepast. Om die reden zijn effecten niet tot in de details doorgerekend. Wel is zoveel mogelijk aangegeven welke effecten theoretisch gezien te verwachten zijn. Zo is bijvoorbeeld wel aangegeven 'de regelmaat neemt toe, maar niet hoeveel die dan toeneemt, omdat dit zonder modellen en simulaties lastig te bepalen is.

In het eerste deel van dit hoofdstuk wordt ingegaan op de vervoerkundige effecten; effecten op de planning en dienstregeling. In de tweede paragraaf komen effecten aan bod die invloed hebben op de reiziger, gevolgd door een paar overige effecten. De impact op de Vervoerregio komt in hoofdstuk 6 aan bod.

## 3.1 Vervoerkundige effecten

In deze paragraaf zijn alle effecten die regelmaatsturing heeft op de dienstregeling en planning die vanuit de vervoerder nodig is om de dagelijkse operatie te vervullen. Omdat het sturen op regelmaat een heel andere operatie vereist dan het huidige systeem met sturing op punctualiteit, heeft regelmaatsturing verschillende vervoerkundige effecten.

### Betrouwbaarheid

Een van de meest voor de hand liggende effecten van het sturen op regelmaat, is een wijziging in de regelmaat van de voertuigen op een lijn. Door op regelmaat te sturen neemt de regelmaat vanzelfsprekend ook toe. Meerdere onderzoeken naar de toepassing van regelmaatsturing tonen dit ook aan (Cats, 2013; Van der Werff, 2017). Vooral extreem lange volgtijden en heel korte volgtijden (bunching) verminderen door het toepassen van regelmaatsturing.

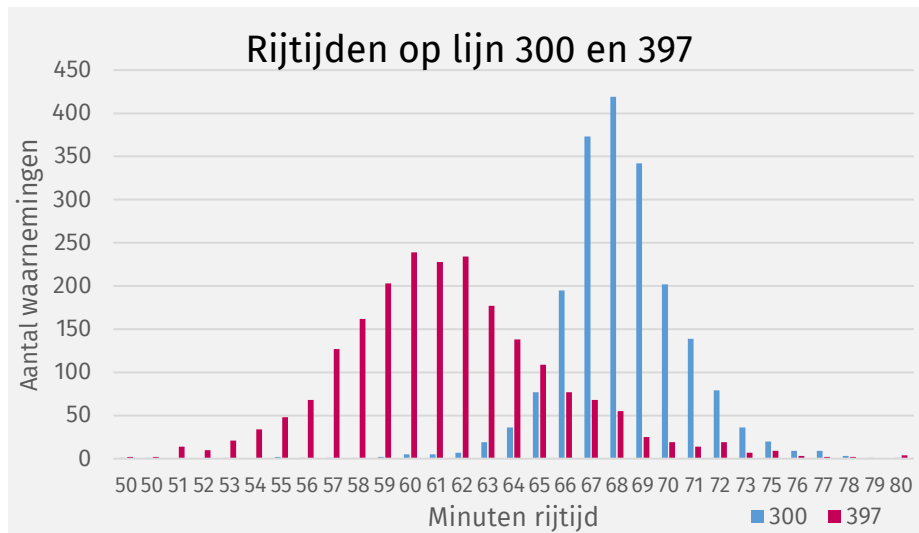
Wel kan het zijn zo zijn dat door het sturen op regelmaat de punctualiteit van een lijn afneemt. Dit is geen probleem op hoogfrequente lijnen, omdat reizigers niet meer naar de dienstregeling kijken. Of de betrouwbaarheid ook toeneemt bij een hogere regelmaat hangt af van hoe betrouwbaarheid wordt gedefinieerd. De belofte van bijvoorbeeld 'iedere 5-7 minuten een bus' wordt in ieder geval wel betrouwbaarder door op regelmaat te sturen.

### Omlooptijd

De omlooptijd, de tijd dat een voertuig erover doet om haar route te rijden en weer terug te komen op zijn beginpunt, kan zowel toenemen als afnemen als gevolg van het sturen op regelmaat. Dit heeft grotendeels dezelfde redenen als behandeld bij het effect op de in-voertuig tijd.

Om het mogelijke effect van het sturen op regelmaat in kaart te brengen is gekeken naar de rijtijden op de lijnen 300 en 397. In figuur 3.1 zijn de rijtijden van de lijnen 300 en 397 weergegeven. Hierin valt op dat de spreiding van rijtijden op lijn 397 aanzienlijk groter is dan op lijn 300. Dit houdt in dat de rijtijden minder betrouwbaar zijn. De betrouwbare rijtijd van lijn 300 heeft waarschijnlijk twee oorzaken, namelijk de vrije infrastructuur en de ruime buffertijden in de dienstregeling. Een voorbeeld hiervan is dat ritten die met 10 minuten vertraging vanaf hun beginpunt in Haarlem beginnen, alsnog op tijd aankomen op het eindpunt van de lijn 300.

In vergelijking met het voorbeeld in Stockholm in figuur 3.2 zijn de rijtijden op lijn 300 nu al betrouwbaarder (minder spreiding) dan in Stockholm na het invoeren van regelmaatsturing. Op lijn 397 is het effect van buffertijden veel minder zichtbaar omdat verstoringen in de binnenstad van Amsterdam zorgen voor uiteenlopende rijtijden. De ene rit arriveert sneller dan gepland en de andere flink later. In het bepalen van omlooptijden en omkeertijden op de eindpunten moet de vervoerder daardoor dus ook rekening houden met meer omkeertijd om op die manier verstoringen op te kunnen vangen.



**Figuur 3.1** Rijtijden op de lijnen 300 en 397 richting Amsterdam. Hoe groter de spreiding is, hoe lager de betrouwbaarheid van de rijtijden.

Op het moment dat regelmaatsturing wordt toegepast krijgen chauffeurs de instructie om zo snel mogelijk door te rijden, tenzij het voor de regelmaat beter is om iets te vertragen. Het wachten op tijdhaltes en buffers in een dienstregeling inbouwen is daarom niet meer nodig. Het is daardoor goed mogelijk dat de rijtijd van begin tot eindpunt, zoals in Stockholm (zie kader op volgende pagina) het geval is, een paar minuten afneemt.

Op lijn 300 zit in de dienstregeling ruime buffertijd, bijvoorbeeld op Schiphol Noord. Een aanzienlijk deel van de voertuigen haalt een rijtijd van 67 minuten, 2 minuten korter dan de geplande rijtijd. Het is daarom aan te nemen dat het bij het sturen op regelmaat het mogelijk wordt om een rijtijd van 67 minuten te realiseren, omdat bussen niet meer hoeven te wachten wanneer zij voorlopen op de dienstregeling. Hierdoor wordt op iedere rit 2 minuten bespaard.

2 minuten x 210 ritten per dag x 300 dagen (i.v.m. lagere frequentie in weekenden) = 126.000 minuten winst = 2.100 dienstregelinguren

Bij een prijs van 80,- euro per dienstregelinguur bespaart dit op jaarbasis 168.000,- euro.

Daarnaast heeft dit invloed op het aantal benodigde omlopen. Door het sturen op regelmaat is ook de benodigde omkeertijd c.q. buffertijd op eindhaltes minder lang. Hierdoor kan bijvoorbeeld de huidige 4 minuten omkeertijd op lijn 300 veranderen naar 3 minuten. Op de totale omlooptijd heeft dit als effect dat deze afneemt van 146 minuten naar 140 minuten.

Nu:  $69 + 4 + 69 + 4 = 146$   
 Regelmaatsturing:  $67 + 3 + 67 + 3 = 140$

146 min. / 5 min. interval = 29,2 benodigde bussen  
 140 min. / 5 min. interval = 28 benodigde bussen

Met een interval van iedere 5 minuten zoals lijn 300 in de spits heeft, zorgt dit ervoor dat in totaal 2 bussen minder nodig zijn om dezelfde frequentie te bieden. Voor de vervoerder levert dit een kostenbesparing op aan bijvoorbeeld rijdend personeel, brandstof en aan onderhoud. Op andere lijnen waar minder buffer in de dienstregeling zit kunnen de resultaten van het sturen op regelmaat anders uitpakken. Ook voor lijn 300 is het verstandig om voor het sturen op regelmaat dit in een simulatie of model te testen of het daadwerkelijk operationele voordelen oplevert. Binnen dit onderzoek was niet voldoende tijd om dit te simuleren.

## Regelmaatsturing in Stockholm

In Stockholm heeft een pilot met regelmaatsturing plaatsgevonden waarin daadwerkelijke regelmaatsturing is uitgetest. In een samenwerking tussen de vervoerder SL, KTH University en de concessieverlener is deze proef opgezet om verschillende sturingsopties van regelmaatsturing te onderzoeken. Belangrijk voorafgaand aan deze proef was de communicatie naar reizigers en chauffeurs om uit te leggen wat de pilot voor hen kan betekenen. Aan reizigers werd uitgelegd waarom de proef werd uitgevoerd en dat dit voor hen minder lang wachten zou betekenen. Aan chauffeurs werd de instructie gegeven om de boordcomputer te volgen en te zorgen voor een zo gelijk mogelijk interval; niet te dicht op elkaar maar ook niet te grote gaten onder het motto 'Mind the gap'.

Chauffeurs krijgen op hun boordcomputer de instructie om in het midden te blijven tussen de voorgaande en achterliggende bus. Door deze methode toe te passen en dus niet altijd te vertragen tot het geplande interval weer wordt gehaald, komt een 'domino-effect' van bussen die elkaar vertragen niet voor. Om te zorgen dat bussen in het midden blijven van hun voorganger en achterligger zien zijn op hun boordcomputer de voor- of achterloop, net zoals dat nu met punctualiteit wordt weergegeven. Chauffeurs kunnen aan de hand hiervan hun snelheid waar mogelijk aanpassen. Een dienstregeling is niet van toepassing. Deze sturingsstrategie bleek uit simulaties de meest effectieve in Stockholm (Cats et al, 2013).

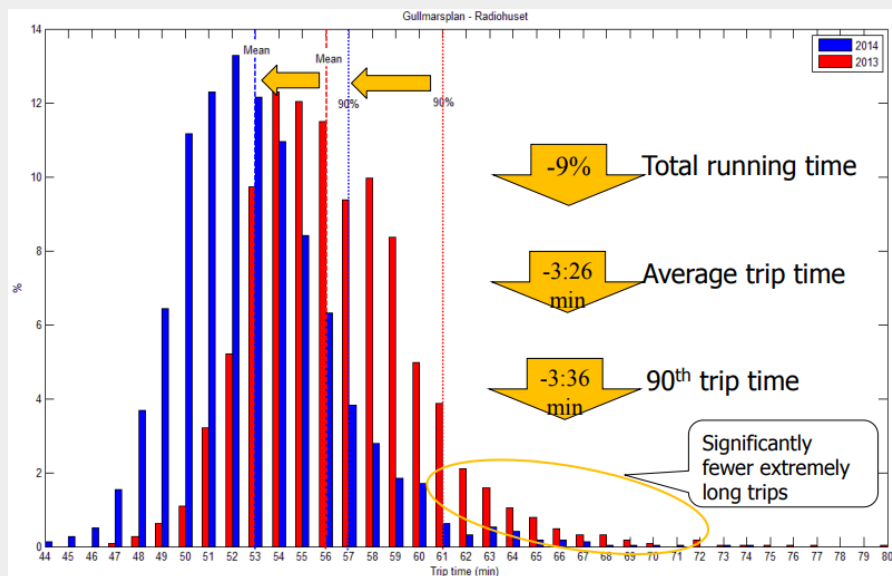
De angst dat rijtijden bij het sturen op regelmaat langer zijn is volgens Oded Cats ongegrond, in het voorbeeld van Stockholm werd de totale rijtijd van begin tot eindpunt juist een paar

minuten korter. Dit komt omdat de buffer die in de oude dienstregeling zat, nu niet meer van toepassing is en chauffeurs de instructie krijgen om zo snel mogelijk te rijden, tenzij bussen samen dreigen te klonteren. Daardoor is niet alleen de rijtijd korter geworden, maar ook betrouwbaarder. De spreiding van de rijtijden werd kleiner na het invoeren van regelmaatsturing. Deze kortere rijtijden en daarmee ook kortere omlooptijden zorgen ervoor dat minder bussen nodig zijn om dezelfde frequentie te bieden. In Stockholm levert dit een besparing van ongeveer 250 duizend euro per jaar op (Cats, 2016). Daarbij komen nog de besparingen in tijd van reizigers die sneller op hun bestemming zijn.

Omdat de rijtijden een hogere betrouwbaarheid hebben sinds het invoeren van het sturen op regelmaat ontstaan geen problemen met diensten van chauffeurs. Het rooster van chauffeurs bestaat uit de instructie om bijvoorbeeld om 08:05 uur te beginnen. De ene keer komt het volgens de regelmaat op dat moment uit om dan direct te vertrekken, een andere keer wacht hij iets langer, maar nooit langer dan het interval tussen bussen. Vanaf dat moment krijgt de chauffeur de instructie om bijvoorbeeld drie keer heen en weer te rijden op die lijn en daarna pauze te houden. Omdat alle chauffeurs in dezelfde regelmaat rijden, is een pauze nooit langer of korter dan voorgeschreven. Wel is het belangrijk om chauffeurs alleen in te plannen op lijnen die op regelmaat rijden, anders kan de punctualiteit op andere lijnen die op dienstregeling rijden verslechteren (Cats, 2019). Chauffeurs zijn door het sturen op regelmaat ook bijna nooit later klaar dan het interval tussen bussen. Dit is niet anders dan de huidige situatie waar chauffeurs ook door vertraging onderweg later klaar kunnen zijn met hun dienst.



De resultaten van de proef in Stockholm waren dusdanig positief dat de vervoerder in overleg met de concessieverlener en vakbonden heeft besloten om regelmaatsturing standaard toe te passen op een viertal hoogfrequente buslijnen (Lijn 1, 2, 3 en 4). Het sturen op regelmaat wordt in Stockholm nu tussen 7:00 en 19:00 uur toegepast (Cats, 2016). Op die momenten wordt aan reizigers gecommuniceerd dat de bus iedere 5-7 minuten vertrekt. In de ochtend en avonden als de frequentie te laag is voor regelmaatsturing rijden de bussen volgens een vaste dienstregeling. De overgang tussen beide systemen levert geen problemen op.



**Figuur 3.2:** Resultaten van de proef regelmaatsturing in Stockholm. De reistijd en spreiding was in 2013 (rood) groter dan in 2014 (blauw) toen de proef werd gehouden.



## Wachttijd op haltes

Door de hogere regelmaat en gelijke verdeling van volgtijden tussen voertuigen neemt de wachttijd op haltes gemiddeld af. Reizigers hoeven gemiddeld minder lang te wachten en bij een hoge regelmaat zelfs nooit langer dan het geplande interval. Als gevolg hiervan neemt de extra wachttijd af. In verschillende simulaties en praktijkproeven blijkt dit ook daadwerkelijk het geval (Van der Werff, 2017). Deze kortere en betrouwbaardere wachttijd op tussengelegen haltes is een van de voordelen van het sturen op regelmaat. Vooral reizigers die onderweg instappen hebben dus profijt van het sturen op regelmaat.

Sommige sturingsopties kunnen daarentegen wel voor juist langere wachttijden zorgen op de haltes, zoals het overslaan van haltes en het eerder keren van bussen. Hierdoor moeten reizigers extra lang wachten en neemt de gemiddelde wachttijd toe, vooral als een halte vaker wordt overgeslagen. Omdat wachttijd twee keer zo zwaar weegt (Daganzo, 2009) in de totale reistijd zoals reizigers die beleven, is het verkorten van de gemiddelde wachttijd een krachtig middel om te zorgen dat het openbaar vervoer een aantrekkelijke reisoptie is en blijft.

Omdat het sturen op regelmaat vooral effect heeft op het verkorten van de gemiddelde wachttijd wordt hier dubbel gewonnen, het wachten voelt immers dubbel zo lang als de tijd in het voertuig. Zelfs als de tijd in het voertuig licht toeneemt, neemt de totale reistijd in de beleving van reizigers iets af omdat het wachten wel korter wordt. Het sturen op regelmaat heeft daarom alleen zin als onderweg veel instappers zijn, omdat anders de doorgaande reizigers mogelijk vertraging oplopen als gevolg van het sturen op regelmaat.

## In-voertuig tijd

Over of de tijd die een reiziger in het voertuig onderweg is toeneemt of afneemt bij het sturen op regelmaat zijn de meningen verdeeld. Een aantal onderzoeken geeft aan dat het sturen op regelmaat kan zorgen voor een kortere rijtijd van voertuigen (Cats, 2017), terwijl andere aangeven dat de rijtijd als gevolg van het opzettelijk vertragen onderweg toeneemt (Van der Werff, 2017).

Omdat het sturen op regelmaat vooral is gebaseerd op het ophouden en vertragen van bussen is in eerste instantie te verwachten dat de tijd in het voertuig langer wordt, omdat bussen op elkaar moeten wachten. Om dit te voorkomen zijn hier verschillende strategieën voor zoals omschreven in paragraaf 5.2. Het sturen op regelmaat hoeft dus niet noodzakelijkerwijs te zorgen voor een langere reistijd. Wanneer wordt gekozen voor het overslaan van haltes neemt de tijd in het voertuig niet toe en niet af, omdat het overslaan van haltes pas wordt toegepast als de bus te ver achter zijn voorganger komt en dus vertraging heeft.

Aan de andere kant is het mogelijk dat de reistijd juist korter wordt omdat buffertijden zoals die nu in de dienstregeling zijn opgenomen niet meer nodig zijn en de rit dus in de meeste gevallen iets sneller wordt. Het effect van regelmaatsturing op de tijd dat reizigers in het voertuig zitten is daarmee vooral afhankelijk van de methode waarop op regelmaat wordt gestuurd en welke sturingsopties de vervoerder inzet. De reistijdwinst voor reizigers is in een maatschappelijke kosten-baten analyse uit te drukken. Daarnaast zorgt een kortere dan wel langere reistijd voor respectievelijk meer of minder reizigers dankzij reistijdelasticiteit. Een 1 minuut kortere reistijd kan zorgen voor 0,5% extra reizigers en vice versa (van der Blij, 2017).

## Planning chauffeurs

De planning en roostering van chauffeurs en ander rijdend personeel verandert wanneer regelmaatsturing wordt toegepast. In de huidige situatie is het mogelijk om aan de hand van de dienstregeling een rooster voor een chauffeur op te stellen waarin precies de begin- en eindtijden staan aangegeven. Bij regelmaatsturing is dit niet meer mogelijk, omdat van tevoren niet precies aan te geven is wanneer een bus het beste kan vertrekken voor een goede regelmaat.

Desondanks is het wel mogelijk om de chauffeurs duidelijkheid te bieden en tegelijkertijd te zorgen voor een goede regelmaat. Uit het onderzoek van Cats (2014) blijkt dat de rijtijden betrouwbaarder zijn bij regelmaatsturing en daardoor is het ook nog steeds mogelijk bij regelmaatsturing om een betrouwbaar dienstrooster op te stellen. De begintijd is in het geval van regelmaatsturing de tijd dat de chauffeur bij de garage of het beginpunt moet zijn. Afhankelijk van de regelmaat op dat moment kan het zijn dat de chauffeur dan direct kan vertrekken, of even moet wachten, maar nooit langer dan het geplande interval. Vervolgens krijgt een chauffeur te horen dat hij bijvoorbeeld drie keer heen en weer moet rijden op die lijn en vervolgens met pauze kan. De eindtijd van een dienst werkt hetzelfde als de begintijd, het kan zijn dat een chauffeur iets eerder of later klaar is, maar nooit later dan het geplande interval.

Interlining, het uitwisselen van chauffeurs tussen verschillende lijnen is bij het sturen op regelmaat niet mogelijk met lijnen die op punctualiteit rijden omdat dit tot grote vertragingen in beide systemen kan leiden. Daarnaast is het belangrijk om aan chauffeurs de marges in hun begin- en eindtijd te communiceren en uit te leggen waarom deze zo zijn ingepland.

## Planning materieel

Als de omlooptijd wijzigt, wijzigt vanzelf ook de planning van het materieel. Zoals in het voorbeeld met de omlooptijd is berekend dat op lijn 300 tijdens de spits twee bussen minder nodig zijn om dezelfde frequentie te bieden. De materieelbehoefte neemt dus in sommige gevallen af, maar kan door het sturen op regelmaat ook toenemen, bijvoorbeeld in dienstregelingen waar op dit moment weinig ruimte in zit. Naast een ander aantal bussen kan ook het formaat voertuigen bij regelmaatsturing wijzigen. Op dit moment plannen vervoerders buffercapaciteit in om extra reizigers door onregelmaat ook mee te kunnen nemen. Doordat reizigers zich beter verspreiden over de voertuigen ontstaan geen extreem drukke ritten meer en hoeft een bus minder capaciteit te hebben, of kan hetzelfde aantal reizigers met minder voertuigen worden vervoerd. Dit kan een besparing opleveren in de aanschaf van bussen.

Voor het materieel geldt hetzelfde als personeel; dat interlining niet mogelijk is omdat anders vertragingen op andere lijnen onregelmaat kunnen veroorzaken op de op regelmaat gestuurde lijn en omgekeerd. Een ander aspect wat de planning van voertuigen in combinatie met regelmaat kan bemoeilijken is het rijden met elektrische bussen die na een bepaalde tijd terug naar de garage moeten om te laden. Door de betrouwbare rijtijden is dit probleem net zoals de pauzes van chauffeurs goed op te lossen.

## 3.2 Effecten op reizigers

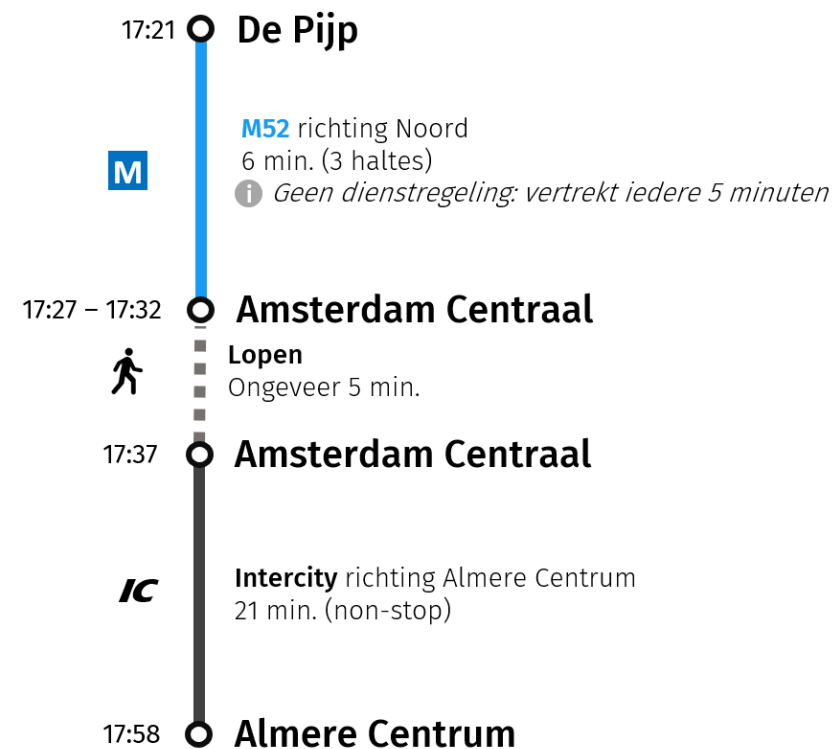
Het sturen op regelmaat heeft effecten op de planning en dienstregeling en daardoor dus ook de reiziger. Reizigers kunnen baat hebben bij het sturen op regelmaat door bijvoorbeeld gemiddeld korter op de halte te staan, maar kunnen door de onzekerheid bij het sturen op regelmaat ook hinder ondervinden. Daarom is het belangrijk om goed met reizigers te communiceren, zodat zij weten waar ze aan toe zijn.

### Reisinformatie

Hoe de reisinformatie aan de reiziger wordt gecommuniceerd veranderd bij het sturen op regelmaat, omdat een dienstregeling met exacte vertrektijden voor de reiziger niet meer bestaat. Daarom is het nodig om op een andere manier de reisinformatie aan reizigers te communiceren, bijvoorbeeld door een ander reisadvies en vertrektijden op de halte.

In figuur 3.3 hiernaast is een voorbeeld weergegeven hoe een reisadvies eruit kan zien als op een lijn regelmaatsturing wordt toegepast. Hierbij is een verschil gemaakt tussen het vooruitplannen van een reis, bijvoorbeeld om morgen te vertrekken, of een reis die direct wordt gemaakt en dus gebruik kan maken van actuele reisinformatie. Reizigers die een dag eerder hun reis plannen willen bijvoorbeeld van tevoren weten hoe laat zij moeten vertrekken om ergens op tijd aan te komen. Hierbij moet de reisplanner bij regelmaatsturing een marge geven waarin een rit aankomt. Reizigers die direct willen vertrekken kunnen de actuele reisinformatie krijgen en zien daardoor precies hoe laat hun bus zal vertrekken.

De Pijp naar Almere Centrum  
17:21 – 17:58 (37 min.)



Figuur 3.3: Voorbeeld van reisinformatie bij het sturen op regelmaat.

Reisinformatie op de halte wijzigt ook bij het sturen op regelmaat. Waar nu nog op haltes een vertrekstaat hangt met daarop de exacte vertrektijden, kan dat bij regelmaatsturing niet meer. Dan is het belangrijk om te communiceren om de hoeveel minuten een bus vertrekt, bijvoorbeeld zoals is weergegeven in figuur 3.4 waar Connexxion een aanzet heeft gedaan in de reisinformatie voor het rijden op regelmaat. Soortgelijke diagrammen met vertrekinformatie passen verschillende buitenlandse vervoerders ook toe (Parast, 2012). Op de website van vervoerders is het ook mogelijk om alleen het interval te publiceren en niet meer gebruik te maken van exacte vertrektijden. Naast het interval is het ook voor reizigers goed om te weten wat de reistijd is naar haltes, zodat zij zelf een inschatting kunnen maken wanneer ze op de halte moeten staan (Nourish, 2012). In diagrammen zoals in figuur 3.4 is weergegeven is het wel belangrijk om de vertrektijd van de eerste en laatste rit weer te geven, zodat reizigers altijd weten wat hun eerste en laatste reisoptie is.

De informatie op de DRIS op de halte hoeft niet te wijzigen, die kan realtime vertrektijden tonen zoals de regelmaat op dat moment is. De technische infrastructuur achter deze informatie vereist wel aanpassingen, omdat het niet meer nodig om aan te geven dat een bus 'oponthoud' heeft. Het NDOV zal in samenwerking met de vervoerders en bijvoorbeeld 9292 moeten kijken welke mogelijkheden beschikbaar zijn om een lijn zonder dienstregeling alsnog goed te kunnen tonen op haltes, in apps en in reisplanners.

Amsterdam Bijlmer Arena

Deze lijn zijn toegankelijk voor reiziger met rolstoel, rollator of kinderwagen

R·NET

Actuele info vertrektijd? Scan QR of SMS: Halte[spatie] 55000053 naar 3669 (€0.25 p.o.b.) Geldig vanaf: 09-12-2018 HLM-10-18

maandag t/m vrijdag	zaterdag	zon- en feestdagen
4 46	4 46	4 46
5 Rijdt elke 10 minuten	5 Rijdt elke 10 minuten	5 Rijdt elke 10 minuten
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9 Rijdt elke 5-8 minuten	9	9
10	10	10
11	11	11 Rijdt elke 7-10 minuten
12	12 Rijdt elke 7-10 minuten	12
13	13	13
14	14	14
15	15	15
16	16	16
17	17	17
18 Rijdt elke 6-10 minuten	18	18
19	19	19 Rijdt elke 10 minuten
20 Rijdt elke 10 minuten	20 Rijdt elke 10 minuten	20
21	21	21
22	22	22
23	23	23
0 13 28 43	0	0

info  
ijdt!

Deze tabel geeft een indicatie van de vertrektijden vanaf deze halte. Kijk voor actuele vertrektijden op het digitale paneel bij deze halte, ga naar [connexxion.nl](http://connexxion.nl) of download de handige Connexxion app.

For actual departure times please take a look at

Figuur 3.4: Reisinformatie op de halte van lijn 300 waarin de dienstregeling als interval wordt gecommuniceerd.

## Rituitval

Door op regelmaat te sturen kan in een aantal situaties de rituitval toenemen voor reizigers. Bijvoorbeeld het overslaan van haltes of het eerder keren zorgt ervoor dat een rit voor reizigers op die specifieke halte vervalst. Reizigers ervaren immers dezelfde last van een bus die voorbijrijdt als van een bus die helemaal niet rijdt, namelijk moeten wachten op de volgende bus en daardoor extra reistijd. Wanneer de vervoerder ervoor kiest om een halte of een deel van het traject over te slaan ten gunste van de regelmaat is het van belang dat aan reizigers wordt gecommuniceerd waarom die halte niet wordt overgeslagen en wat de volgende reisoctie is voor die reiziger.

Wanneer niet wordt gekozen voor het overslaan van haltes of eerder keren wijzigt het aantal uitgevallen ritten in principe niet. Wel is het mogelijk om ritten die uitvallen minder te laten opvallen door iets te schuiven met het interval van de ritten voor en na de uitgevallen rit. Door dit succesvol toe te passen merken reizigers het uitvallen van ritten amper op. Dit mag echter niet leiden tot een hogere rituitval dan voor het invoeren van regelmaatsturing. Het monitoren op rituitval blijft daarom belangrijk.

## Drukke in de bus

Het sturen op regelmaat heeft als doel om te zorgen voor een gelijk interval. Uitgaande van de aanname dat reizigers op willekeurige momenten op de halte aankomen, zorgt dit ook voor een betere spreiding van reizigers over de voertuigen. Een aantal pilots en simulaties toont ook aan dat de spreiding van reizigers over de voertuigen verbetert en het aantal volle bussen afneemt aldus Cats (zie bijlage A).



*Figuur 3.5: Verspreiding van drukte over de bussen bij een onregelmatige en bij een regelmatige uitvoering.*

Door deze betere spreiding over de voertuigen hebben meer reizigers een kans op een zitplaats en daardoor op een comfortabele reis. Dit hogere comfort zorgt op zijn beurt weer voor een hogere tevredenheid van reizigers. In figuur 3.5 is weergegeven hoe de drukte nu door onregelmaat ongelijk over de voertuigen wordt verdeeld en hoe dit bij regelmaatsturing opgelost wordt. In niet alle gevallen leidt het sturen op regelmaat tot een betere spreiding over de voertuigen. Op stations kan de aankomst van een volle trein bijvoorbeeld zorgen voor extra drukte in een specifieke rit. Dit is hetzelfde als de huidige situatie waar dit ook voorkomt.

## Overstappen

Het overstappen tussen verschillende lijnen verandert ook voor reizigers in systemen met regelmaatsturing. Vooral bij het overstappen van een op regelmaat gestuurde lijn naar een systeem waar niet op regelmaat wordt gestuurd ontstaat een probleem. Volgens Cats (bijlage A) is dit ook een van de lastigste problemen van het sturen op regelmaat en is hier nog geen goede oplossing voor. In figuur 3.6 is weergegeven welke opties aan overstappen mogelijk zijn en waar het probleem ontstaat.

		Van	
		Regelmaatsturing	Punctualiteit
Naar	Regelmaat	Korte wachttijden	Korte wachttijden
	Punctualiteit	Gemiste aansluitingen	Geplande aansluitingen

*Figuur 3.6: Overstapschema met overstappen van en naar lijnen met regelmaat- en punctualiteitsturing (Vuchic, 2005).*

Omdat voertuigen bij regelmaatsturing niet meer op een vaste tijd vertrekken en aankomen op hun eindpunt kan het zijn dat de ene keer een aansluiting op bijvoorbeeld een trein wel wordt gehaald en de andere keer niet. Dit kan leiden tot het advies aan reizigers om altijd een bus eerder te nemen, om zo zeker ervan te zijn dat zij de overstap halen. Dit is onwenselijk, omdat reizigers dan extra tijd moeten incalculeren voor dezelfde reis. Het wachten op regelmaat gestuurde bussen voor overstappers is aan de andere kant ook niet wenselijk omdat dit de lijnen die op punctualiteit rijden kan vertragen.

Overstappen naar een lijn die op regelmaat rijdt is nooit een probleem dankzij de korte wachttijden die reizigers hebben (Parast, 2009). Wel is de overstaptijd hier minder betrouwbaar dan in het huidige systeem, omdat bij regelmaatsturing de ene keer een overstap een minuut kan zijn, en de andere keer een volledig interval. De gemiddelde wachttijd blijft echter kort, regelmaatsturing wordt namelijk alleen op hoogfrequente lijnen toegepast. Ook overstappen van een lijn die op punctualiteit rijdt naar eenzelfde lijn zorgt voor geen problemen omdat hier meestal geplande en soms zelfs gegarandeerde aansluitingen zijn.

## Klanttevredenheid

Het sturen op regelmaat heeft door de effecten op reizigers indirect ook effect op de tevredenheid van deze reizigers. De beleving die reizigers hebben van de betrouwbaarheid en het comfort tijdens hun reis bepalen een deel van hun tevredenheid. Van Hagen (2014) geeft aan dat betrouwbaarheid een vereiste is willen reizigers überhaupt een reis overwegen te maken. Het sturen op regelmaat zorgt voor een betrouwbaardere wachttijd op de halte. Hierdoor wordt voldaan aan de verwachting van de reiziger dat zij kunnen rekenen op de belofte iedere 5-7 minuten een bus.

Wat beleving betreft kan het sturen op regelmaat dubbele effecten hebben. Aan de ene kant zorgt het voor een kortere gemiddelde wachttijd en betere spreiding in de bussen en dus ook een betere beleving. Maar aan de andere kant kan het sturen op regelmaat ook zorgen voor een ergernis bij reizigers, zoals wanneer een bus een halte overslaat of wanneer deze langzamer rijdt dan noodzakelijk. Wanneer een reiziger te vaak te maken krijgt met voertuigen die haltes over slaan of langzaam rijdende voertuigen heeft dit een negatief effect op de tevredenheid van deze reizigers.

Tot slot is het belangrijk om te benoemen dat sommige groepen reizigers de onzekerheid van het sturen op regelmaat niet zullen waarderen. Reizigers die bijvoorbeeld een overstap moeten halen of slechts incidenteel met het openbaar vervoer reizen willen weten waar zij aan toe zijn en hoe laat een bus of tram precies vertrekt. Het sturen op regelmaat zorgt voor onzekerheid voor deze reizigers omdat van tevoren alleen bekend is dat de bus iedere x minuten rijdt en niet wanneer deze precies vertrekt. Deze onduidelijkheid kan in het ergste geval deze reizigers ervan weerhouden om gebruik te maken van het openbaar vervoer.

## 3.3 Overige effecten

Naast de effecten op de dienstregeling, planningen en de effecten die betrekking hebben op reizigers, is nog een aantal overige effecten die bij regelmaatsturing komen kijken gevonden. Deze zijn hieronder beschreven.

### Werkomstandigheden chauffeurs

Het sturen op regelmaat heeft niet alleen effecten op reizigers en dienstregelingen, maar ook vanzelfsprekend op rijdend personeel. Van chauffeurs wordt een flexibelere instelling verwacht omdat hun begin- en eindtijden iets kunnen afwijken van de planning. Chauffeurs moeten ook rekening houden dat zij tijdens een dienst alleen op lijnen rijden waar op regelmaat wordt gestuurd, omdat interlining niet mogelijk is volgens Cats (2019). Daarnaast is het van belang dat de chauffeurs goed in de gaten houden wat de volgtijd is tussen de voorliggende bus en de bus achter hen, door geregeld op de boordcomputer te kijken en hun snelheid hierop aan te passen.

Door het sturen op regelmaat neemt het stressniveau van chauffeurs af (Hlotova et al, 2014). Dit komt doordat chauffeurs niet meer afhankelijk zijn van de dienstregeling en stress krijgen op het moment dat zij 'te laat' zijn. Bij het sturen op regelmaat is het vooral zaak voor de chauffeur om de volgtijd met de voorliggende en achterliggende bus in de gaten te houden en hier zijn eigen snelheid op aan te passen. Chauffeurs gaven aan in het onderzoek van Hlotova et al in 2014 dat het rijden op regelmaat meer als teamwork voelt dan het rijden volgens een dienstregeling. Minder stress bij de chauffeurs kan zorgen dat zij prettiger rijden en met meer plezier hun werk doen en dit ook uitstralen naar de reiziger.

### Ruimtegebruik

Het rijden op regelmaat kan volgens sommige partijen een positieve invloed hebben op het ruimtegebruik, waardoor voor dezelfde buslijn minder ruimte op haltes nodig is. De gedachte hierachter is dat het samenklonteren van bussen minder tot niet meer voorkomt bij het sturen op regelmaat en de inrichting van haltes hier dus geen rekening meer mee hoeft te houden. Bijvoorbeeld bufferhaltes op begin en eindpunten zijn niet nodig bij het sturen op regelmaat. Wel halteren sommige bussen langer op haltes waardoor dit juist problemen kan veroorzaken als daar ook nog andere lijnen stoppen. Vooral als een bus langer aan het halteren is en de bus daarachter van een andere lijn juist tijd moet inhalen zorgt dit voor problemen. Hierdoor kan het juist wenselijk zijn om extra ruimte te maken op haltes zodat bussen bijvoorbeeld kunnen passeren.

Op ander wegverkeer heeft het sturen op regelmaat ook weinig effecten. Alleen als bussen langer blijven halteren op haltes zonder haltehaven hinderen zij ander verkeer langer dan noodzakelijk. Dit is echter relatief makkelijk op te lossen door op deze specifieke haltes nooit langer te halteren dan noodzakelijk. Afhankelijk van de toepassing van het sturen op regelmaat kan het voorkomen dat bussen vaker prioriteit krijgen op kruispunten en ander verkeer daardoor langer moet wachten.



## Waarom sturen we nog niet op regelmaat?

Op basis van eerdere onderzoeken naar regelmaatsturing lijkt het sturen op regelmaat meer voor- dan nadelen te hebben. Toch wordt regelmaatsturing in Nederland nog helemaal niet en in het buitenland beperkt toegepast; waarom?

Het sturen op regelmaat heeft vanzelfsprekend niet alleen maar voordelen. Een voorbeeld van de nadelen is dat reizigers niet meer op exacte tijden de bus kunnen nemen maar altijd een bepaald marge moeten aanhouden. Ook overstappen naar laagfrequente lijnen kan nog een probleem zijn. Deze en andere nadelen zijn echter niet de belangrijkste redenen volgens Oded Cats (2019) dat regelmaatsturing nog niet vaker wordt toegepast.

De belangrijkste reden dat regelmaatsturing nog niet op grotere schaal wordt toegepast is de conservatieve houding van zowel vervoerders als overheden. Beide partijen zeggen dat het huidige systeem redelijk goed werkt en het invoeren van een nieuwe manier van sturen veel moeite en kosten met zich meebrengen, zonder de garantie dat dit ook daadwerkelijk wat oplevert aldus Cats (2019). Daarnaast zijn ook de contractuele afspraken tussen de vervoerder en de concessieverlener een probleem en reden voor beide partijen om niet als eerste over te stappen op een nieuw systeem. Cats benoemt ook dat het invoeren van regelmaatsturing politiek niet bepaald 'sexy' is in vergelijking met bijvoorbeeld het openen van een nieuwe tramlijn. Dit, samen met het idee dat regelmaatsturing weinig effect heeft zorgt ervoor dat zowel de vervoerder als de concessieverlener terughoudend zijn met het invoeren van regelmaatsturing.

## Zwartrijders

Uit onderzoek van Lizana et al in 2014 blijkt dat het aantal zwartrijders afneemt wanneer regelmaatsturing wordt toegepast. In een pilot in Santiago nam het aantal zwartrijders onverwacht af nadat regelmaatsturing werd toegepast (Lizana et al, 2014).

Het afnemende aantal zwartrijders heeft twee oorzaken die samenhangen met het sturen op regelmaat. Als eerste zijn reizigers beter over bussen verspreid en komen dus minder drukke bussen voor. Uit het onderzoek van Guarda et al in 2016 komt zwartrijden vooral voor in bussen met een hoge bezetting omdat in deze bussen de sociale controle minder groot is. Regelmaatsturing zorgt voor minder bussen die druk zijn en daardoor ook voor een minder aantrekkelijke plek om zwart te rijden. Een tweede reden voor minder zwartrijden kan zijn dat door het sturen op regelmaat de betrouwbaarheid toeneemt en hierdoor de kwaliteit van de busdienst ook toeneemt. Dit kan als gevolg hebben dat reizigers eerder bereid zijn om hiervoor te betalen (Guarda et al, 2016 p67).

Een afname in het aantal zwartrijders als gevolg van het sturen op regelmaat kan voor extra inkomsten zorgen voor de vervoerder die dit kan inzetten om bijvoorbeeld beter bij te sturen.

## **3.4 Conclusie**

Dat regelmaatsturing effecten met zich meebrengt is duidelijk. Van een andere manier van reisinformatie communiceren tot het aantal zwartrijders; een breed scala aan effecten valt te verwachten wanneer op regelmaat wordt gereden in plaats van op punctualiteit. Weinig van de effecten die zijn gevonden is negatief, waarbij de negatieve effecten afhankelijk zijn van de gekozen sturingsopties. Een ander deel van de effecten is noch positief noch negatief en heeft vooral een andere manier van werken, plannen of communiceren tot gevolg. Dit is niet per definitie beter of slechter dan in de huidige situatie. Daarnaast is nog een aantal positieve effecten bij het sturen op regelmaat te vinden, waarvan de hogere betrouwbaarheid de belangrijkste is.

Hoe de effecten precies uitpakken is lastig te bepalen, dit verschilt namelijk afhankelijk van de gekozen sturingsopties en nog belangrijker de kenmerken van de lijn waar regelmaatsturing op wordt toegepast. In de gevonden effecten zijn nog wel een aantal uitdagingen die een oplossing vergen, zoals bijvoorbeeld het communiceren naar reizigers en het inplannen van personeel en materieel. Met voorbeelden uit het buitenland zoals Stockholm zijn deze problemen wel goed op te lossen. Voordat het sturen op regelmaat wordt toegepast is het relevant om te weten hoe het op dit moment met de regelmaat is gesteld en of het sturen op regelmaat dus nodig is. Het volgende hoofdstuk gaat hier verder op in.



# 4 Regelmaat op dit moment

Om te bepalen of regelmaatsturing in en rond Amsterdam wenselijk en nodig is, moet eerst duidelijk zijn hoe het op dit moment is gesteld met de regelmaat. Om de regelmaat op dit moment te bepalen is eerst een indicator nodig die de regelmaat kan meten op een objectieve en duidelijke manier. Daarbij is het belangrijk dat de meetmethode de regelmaat weergeeft zoals reizigers die ook ervaren.

In dit hoofdstuk staan in de eerste paragraaf de meest gebruikte meetmethoden voor regelmaat beschreven en is aangegeven welke voor- en nadelen deze methoden hebben. Deze meetmethoden zijn bepaald met behulp van literatuuronderzoek. Vervolgens is op basis van deze meetmethoden de regelmaat op dit moment op acht bus- en tramlijnen met behulp van een dataonderzoek bepaald. De resultaten hiervan staan in de tweede en derde paragraaf.

## 4.1 Meetmethoden regelmaat

Bij regelmaatsturing is het niet meer mogelijk om op de traditionele manier de betrouwbaarheid van de uitvoering van de dienstregeling te meten. Omdat bussen niet meer volgens een vaste dienstregeling rijden, is het meten van punctualiteit geen optie meer. Vanuit het concessiebeheer blijft het echter wenselijk om te kunnen monitoren hoe betrouwbaar en regelmatig de dienstverlening van de vervoerder is wanneer regelmaatsturing wordt toegepast. Het is daarom nodig om een nieuwe meetmethode en indicator te bepalen voor het meten van regelmaat in het openbaar vervoer.

Bij het kiezen van een meetmethode of *key performance indicator (KPI)* over betrouwbaarheid in het openbaar vervoer is het belangrijk om rekening te houden met hoe reizigers de dienstuitvoering beleven. Het is daarom van belang om een indicator en meetmethode te gebruiken die zo goed mogelijk de dienstuitvoering, zoals die door reizigers wordt beleefd, kan weergeven (Barabino et al, 2013). Een indicator moet verder makkelijk te begrijpen zijn, objectief zijn en vergelijkbaar zijn tussen lijnen onderling (Trompet, 2010).

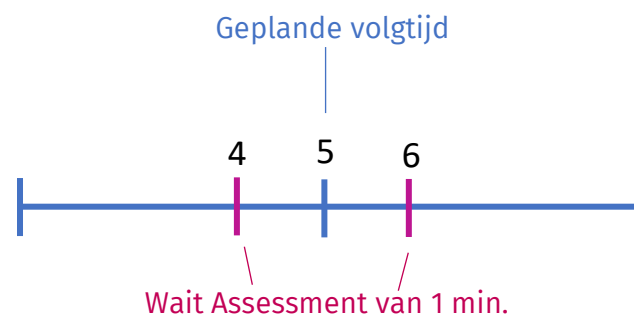
Regelmaat in het openbaar vervoer is op verschillende manieren te meten en te kwantificeren. Iedere meetmethode heeft zijn eigen voor- en nadelen (Ma et al, 2013). Regelmaat is op grofweg vijf verschillende manieren te meten:

- Headway regularity index: gebaseerd op de verschillen in volgtijden en sterk in het bepalen van bus bunching, maar door de complexe berekening lastig te communiceren.
- Headway Ratio: de gerealiseerde volgtijd gedeeld door de geplande volgtijd. Vereist echter een volledig gelijk interval en is daarom niet toe te passen.
- Wait Assessment: percentage ritten waarvan de gerealiseerde volgtijd minder dan x minuten afwijkt van de geplande volgtijd.
- Excess Waiting Time: toont de extra wachttijd die reizigers ervaren door onregelmatige intervallen.
- Standaarddeviatie van volgtijden of een genormaliseerde versie hiervan laat zien hoeveel de volgtijden van elkaar afwijken.

Bovenstaande meetmethoden zijn gemaakt om regelmaat te meten op hoogfrequente lijnen. De headway regularity index en headway ratio zijn in praktijk lastig toe te passen (Trompet, 2010) en zijn daarom niet verder uitgewerkt. Deze methoden vergen een volledig gelijk interval om juiste resultaten weer te geven. Hierdoor is het niet mogelijk te meten op lijnen die om en om een volgtijd van 7 en 8 minuten hebben. Hieronder staan de andere drie meetmethoden Wait Assessment, Excess Waiting Time en de standaarddeviatie verder uitgelegd. Aan de hand van deze drie meetmethoden is in het vervolg van dit hoofdstuk de regelmaat op acht lijnen in en rond Amsterdam bepaald.

## Wait Assessment

Een van de meetmethoden om regelmaat te meten is de Wait Assessment. Deze methode bepaalt de mate van regelmaat aan de hand van het percentage ritten waar de daadwerkelijke volgtijd niet meer dan een bepaalde afwijking heeft ten opzichte van de geplande volgtijd. De Wait Assessment is op twee manieren toe te passen; op basis van een absolute norm (minuten) en op basis van een relatieve (procentuele) norm. Het resultaat van Wait Assessment is een percentage van de ritten of voertuigen wat binnen de gestelde norm valt. Hoe hoger dit percentage is, hoe hoger de regelmaat op de lijn is.



*Figuur 4.1: Wait assessment met een gepland interval van 5 min.*

Wait Assessment wordt in het buitenland door de meeste vervoerbedrijven of overheden gebruikt waar regelmaatsturing wordt toegepast. Meestal wordt hier een norm van 2 a 3 minuten afwijking van de geplande volgtijd gehanteerd (Trompet, 2010). In figuur 4.1 staat een voorbeeld weergegeven van een Wait Assessment met een norm van 2 minuten. De methode Wait Assessment is ook de meetmethode die de Vervoerregio in het Programma van Eisen heeft opgenomen in de concessie Amstelland-Meerlanden:

*“Onder een goede regelmaat verstaat de Stadsregio dat de tijd tussen twee opeenvolgende Ritten van (een bundel van) Buslijnen vanaf hun Beginpunt, Knooppunten en Overstaphaltes:*

- *bij een frequentie van 8 Ritten per uur tussen de 6,5 en 8,5 minuten bedraagt,*
- *bij een frequentie van 10 Ritten per uur tussen de 5 en 7 minuten bedraagt,*
- *bij een frequentie van 12 Ritten per uur tussen de 4 en 6 minuten bedraagt,*
- *et cetera” (Stadsregio Amsterdam, 2016a blz. 41)*

Een bus mag in dit geval volgens de Vervoerregio dus niet meer dan 1 minuut afwijken van de geplande volgtijd. Dit is een voorbeeld van Wait Assessment met absolute waarden, bij een lagere frequentie wordt de toegestane afwijking namelijk niet groter. Deze meetmethode is ook de methode die in het Model Informatieprofiel Openbaar Vervoer (MIPOV) staat opgenomen om regelmaat te bepalen (Van der Blij & Muller, 2007). Op dit moment meet de Vervoerregio overigens nog geen regelmaat.

Een nadeel van deze methode is dat het bepalen van de norm, zowel de absolute als de relatieve norm, subjectief is. Het aanpassen van deze norm kan een groot effect hebben op het uiteindelijke percentage van de ritten die voldoen aan de norm en daarmee ook op de eerste indruk hoe goed of slecht de regelmaat is. Een ander nadeel is dat deze meetmethode geen verschil maakt tussen een kleine afwijking in de volgtijd en een grote afwijking (Transit Center, 2016). Een voertuig is in deze methode immers alleen “regelmatig” of “onregelmatig”. Hoe groot de volgtijd is wordt niet meegenomen, terwijl voor de reiziger een grote volgtijd vervelender is dan een kleine afwijking in de volgtijd.

Regelmaat meten op basis van de Wait Assessment heeft ook voordelen. De berekeningen zijn erg simpel en duidelijk, het enige wat wordt berekend is het percentage voertuigen wat binnen en buiten de vastgestelde norm valt (Trompet, 2010). Daarbij is dit percentage gemakkelijk te communiceren en te interpreteren omdat bij het huidige meten van punctualiteit het resultaat ook in percentages wordt uitgedrukt.

#### **Wait Assessment samengevat**

- + Duidelijk te interpreteren en communiceren
- + Gemakkelijke berekening
- Subjectieve bepaling van norm (1, 2 of 3 minuten)
- Neemt lange volgtijden niet mee

## Excess Waiting Time

De meetmethode Excess Waiting Time (EWT) drukt de extra wachttijd uit die reizigers ervaren door een onregelmatige uitvoering van een bus- of tramdienst. In Londen wordt Excess Waiting Time op alle hoogfrequente buslijnen toegepast, zie hiervoor het kader hiernaast. Hoe hoger de EWT is, hoe langer reizigers gemiddeld op een voertuig moeten wachten. EWT wordt berekend door de geplande wachttijd van de daadwerkelijke wachttijd af te trekken (Trapeze, 2018):

$$EWT = \text{Daadwerkelijke wachttijd} - \text{geplande wachttijd}$$

De geplande wachttijd is altijd het geplande interval tussen twee voertuigen gedeeld door twee. In het geval van bijvoorbeeld 10 bussen per uur is het interval tussen de bussen 6 minuten en daardoor de gemiddelde geplande wachttijd 3 minuten. EWT gaat uit van het principe dat reizigers bij hoogfrequente lijnen op willekeurige momenten bij de halte arriveren omdat de wachttijd nooit lang zal zijn (Transport for London, z.d.). Reiziger die in dit voorbeeld net de bus missen als ze aankomen op de halte hebben een wachttijd van 6 minuten. Andere reizigers kunnen direct instappen en hebben daardoor dus geen wachttijd. Gemiddeld genomen wacht een reiziger dus in dit voorbeeld 3 minuten.

In praktijk lukt het echter niet altijd om steeds precies een volgtijd van 6 minuten te realiseren. Om die reden wordt de daadwerkelijke gemiddelde wachttijd berekend. Bij het berekenen van de daadwerkelijke gemiddelde wachttijd is het uitgangspunt dat iedere minuut een reiziger op de halte arriveert. Bij een volgtijd van 10 in plaats van 6 minuten wachten dus 10 reizigers gemiddeld 5 minuten en de bus die daarop volgt met een volgtijd van

## Excess Waiting Time in Londen

De regelmaatindicator Excess Waiting Time (EWT) wordt op grote schaal toegepast in Londen. Transport for Londen monitort op alle hoogfrequente buslijnen de betrouwbaarheid gedefinieerd als regelmaat. Iedere bus die overdag vaker dan 5x/uur rijdt wordt gezien als hoogfrequent en dus wordt hier de EWT gemeten. Volgens Transport for London geldt bij deze en hogere frequenties dat reizigers zonder naar de dienstregeling te kijken naar de halte gaan ('turn up and go') (Transport for London, 2015). Het doel van het meten van regelmaat in plaats van punctualiteit is dat bussen gelijk verdeeld zijn over de lijn en het interval tussen bussen gelijk is.

Op basis van de resultaten van Excess Waiting Time monitort Transport for London de vervoerders en krijgen zij hiervoor een bonus of malus. Iedere 0,1 minuut EWT boven de norm levert de vervoerder een bonus van 1,5% van de contractwaarde op, iedere 0,1 minuut onder de norm kost de vervoerder een malus van 1% van de contractwaarde. De norm wordt per lijn bepaald aan de hand van de karakteristieken van de lijn, zoals lengte, vrije infrastructuur en aantal haltes. Naast het meten van EWT kijkt Transport for London ook naar het percentage zogeheten 'long gaps'. Dit is de kans dat reizigers tweemaal zo lang moeten wachten als het geplande interval op dat moment (Transport for London, 2015).

Op het toepassen van EWT in Londen is ook kritiek: Omwonenden en verkeersveiligheidsorganisaties zijn bang dat buschauffeurs harder gaan rijden om zo beter volgens regelmaat te rijden (Kearney, 2015). Hierdoor zou de verkeersveiligheid afnemen volgens omwonenden.

bijvoorbeeld 2 minuten wachten twee reizigers met een gemiddelde wachttijd van 1 minuut. In totaal wachten 12 reizigers in dit voorbeeld dus 52 minuten. Onderstaand staat deze berekening weergegeven.



Op bus 2 wachten 10 reizigers gemiddeld 5 minuten, dus  $10 * 5 = 50$  min.  
Op bus 3 wachten 2 reizigers gemiddeld 1 minuut, dus  $2 * 1 = 2$  min.

In totaal wachten dus 12 reizigers in totaal  $50 + 2 = 52$  min.  
De daadwerkelijke gemiddelde wachttijd is daarom  $52 / 12 = 4,3$  min.

De extra wachttijd is dus  $4,3 - 3$  geplande wachttijd = 1,3 minuten.  
Reizigers wachten in dit geval dus 1,3 minuut langer dan gepland, als gevolg van een onregelmatige dienstuitvoering.

Hoe lager de EWT is, hoe regelmatig de voertuigen rijden en hoe regelmatig dit ook door reizigers wordt ervaren. Het meten van regelmaat aan de hand van Excess Waiting Time heeft als voordeel dat de ervaring van de reizigers zoveel mogelijk wordt meegenomen in de berekening (Van Oort, 2014). Lange wachttijden tellen immers voor meer reizigers als zwaarder mee (Trompet, 2010). Nu wordt uitgegaan van 1 reiziger per minuut, maar indien data beschikbaar is, is het ook mogelijk om de daadwerkelijke reizigersaantallen te gebruiken (Transit Center, 2016). Hierdoor ontstaat een beeld wat nog dichterbij de daadwerkelijke beleving van reizigers komt. Verdere voordelen van EWT zijn dat extreme volgtijden impact hebben op de extra wachttijd. Tot slot is het

resultaat van de berekening gemakkelijk te communiceren omdat dit in minuten wordt uitgedrukt. De resultaten kunnen voor reizigers wel lastiger te interpreteren zijn, omdat niet direct duidelijk is wat een EWT van 0,5 inhoudt. EWT heeft als nadeel dat voor betrouwbare resultaten genoeg metingen beschikbaar moeten zijn.

### Excess Waiting Time samengevat

- + Representeert de beleving van reizigers
- + Uitgedrukt in minuten en daardoor een menselijke maat
- Heeft veel metingen nodig voor betrouwbare resultaten
- Niet makkelijk te interpreteren

### Standaarddeviatie

Het bepalen van de regelmaat kan ook door de standaarddeviatie van de volgtijden uit te rekenen. Het resultaat van deze berekening is een absolute waarde in minuten als standaarddeviatie. Het berekenen van de standaarddeviatie gaat uit van een normaalverdeling van de volgtijden. Een standaarddeviatie van 2 minuten geeft daarom aan dat ongeveer 68% van de daadwerkelijke volgtijden binnen +/- 2 minuten ligt ten opzichte van de geplande volgtijd. Om deze standaarddeviatie te vergelijken met lijnen met een andere frequentie, is het nodig om de relatieve standaarddeviatie te berekenen. In andere onderzoeken wordt dit ook wel de *Headway Coefficient of Variation (CoV)* genoemd (Henderson, 1991). Deze relatieve standaarddeviatie is in een percentage uitgedrukt, wat aangeeft hoeveel procent de volgtijd afwijkt van de gemiddelde (en dus geplande) volgtijd.

Een van de voordelen van het meten van regelmaat op basis van de standaarddeviatie is dat het resultaat wordt uitgedrukt in minuten en dus goed te interpreteren is. Een ander voordeel is dat het berekenen van de (relatieve) standaarddeviatie objectief is en de uitkomst niet wordt beïnvloed door subjectieve normen in de berekening zoals bij Wait Assessment het geval is.

Een nadeel is dat het voor veel reizigers lastig is om te begrijpen wat een standaarddeviatie van bijvoorbeeld 2 minuten voor hun reis betekent. Een nadeel van het gebruiken van de standaarddeviatie is dat extreme volgtijden door bijvoorbeeld verstoringen zorgen voor een hogere standaarddeviatie. Dit is aan een kant goed, omdat op deze manier grote verstoringen in de indicator terug te zien zijn, maar het is de vraag of de maat niet te hoog uitvalt voor het doel (Trompet, 2010). Daarnaast is het niet vanzelfsprekend om van een standaardverdeling uit te gaan en zal het in de praktijk niet altijd zo zijn dat de volgtijden normaal zijn verdeeld. Hierdoor is het nog lastiger om uit te drukken wat een standaarddeviatie van bijvoorbeeld 2 minuten inhoudt. Een andere manier om de spreiding aan te geven kan het gebruik van een percentiel van de volgtijden zijn.

### **Standaarddeviatie samengevat**

+ Objectief

+ Menselijke maat, namelijk minuten

- Lastig te interpreteren

- Gevoelig voor extreme waarden

## **Vergelijking**

In vergelijking met elkaar verschillen de drie meetmethoden van regelmaat op sommige vlakken van elkaar, maar hebben de meetmethoden ook overeenkomsten. Een voordeel van EWT is dat het resultaat altijd in minuten wordt uitgedrukt. De andere twee meetmethoden hebben dit niet. Kijkend naar de objectiviteit van de meetmethoden dan is alleen Wait Assessment subjectief omdat hier een subjectief bepaalde norm wordt gehanteerd. Excess Waiting Time is de enige indicator die de beleving van de reiziger representeert. De andere indicatoren meten regelmaat op basis van de prestaties van de voertuigen en daardoor niet direct zoals reizigers het ervaren.

Alle meetmethoden zijn te gebruiken om te vergelijken met andere lijnen. Het gemak om de drie meetmethoden te communiceren verschilt waarbij Excess Waiting Time het meest duidelijk is. Vervolgens is Wait Assessment redelijk duidelijk te communiceren. Standaarddeviatie is daarentegen lastig te communiceren en interpreteren. Een nadeel van de Wait Assessment ten opzichte van de andere meetmethoden is dat deze lange volgtijden niet bestraft, waar de andere twee dat wel doen. In onderstaande tabel staan de drie meetmethoden vergeleken en samengevat aan de hand van verschillende criteria die belangrijk zijn voor een goede meetmethode. Deze criteria zijn afkomstig uit interviews met experts (bijlage A) en literatuuronderzoek. Aan de hand van deze criteria komt het meten van regelmaat volgens Excess Waiting Time als beste meetmethode naar voren omdat deze objectief is, de reizigersbeleving kan representeren en redelijk goed te communiceren is.



	Wait Assessment	Excess Waiting Time	Standaard-deviatie
Uitgedrukt in	Percentage binnen norm	Minuten extra wachttijd	Minuten of percentage
Objectiviteit	Subjectief	Objectief	Objectief
Reizigers georiënteerd	Weinig	Volledig	Weinig
Vergelijkbaar met andere lijnen	Ja	Ja	Alleen bij relatieve standaard-deviatie
Gemak om te communiceren	Gemiddeld	Goed	Laag
Bestraft extreme volgtijden	Nee	Ja	Ja

*Figuur 4.2: Vergelijking verschillende meetmethoden*

Een probleem wat bij alle regelmaatindicatoren geldt is dat deze niet in staat zijn om de betrouwbaarheid te bepalen van een laagfrequente lijn. Omgekeerd is het meten van punctualiteit op hoogfrequente lijnen ook niet altijd de meest logische manier. Geen indicator kan op zowel hoog- als laagfrequente lijnen de betrouwbaarheid meten. Het is echter in sommige situaties wel wenselijk om één indicator te hebben, omdat op die manier alle soorten lijnen onderling te vergelijken zijn.

### **Omgaan met wisselende frequenties**

Een probleem bij de meetmethoden Wait Assessment en standaarddeviatie is dat deze niet om kunnen gaan met wisselende geplande volgtijden. Een voorbeeld hiervan is de verschillende frequentie tijdens de spits en daluren. Excess Waiting Time berekend eerst een geplande wachttijd en heeft geen last van dit probleem. Bij de huidige monitoring op punctualiteit komt dit

probleem niet naar voren, omdat hier de frequentie niet relevant is. Van der Blij (2007) geeft daarnaast aan dat: "Voorkomen moet worden dat een lijn(deel) bijvoorbeeld overdag als regelmaat en 's avonds als punctualiteit moet worden gemeten". Dit zorgt voor onduidelijke monitoring.

Om met dit probleem om te gaan is het mogelijk om de regelmaat te meten tijdens perioden dat de frequentie niet wijzigt, bijvoorbeeld door alleen tijdens de ochtend- en middagspits te meten. Op deze manier is het wel mogelijk om de regelmaat op een betrouwbare manier te bepalen. Kleine afwijkingen in de geplande volgtijd, bijvoorbeeld bij een geplande volgtijd van om en om 7 en 8 minuten, zijn geen probleem omdat de meetmethoden vooral grote afwijkingen in de regelmaat zoeken.

## 4.2 Huidige regelmaat

Om te bepalen welke effecten het sturen op regelmaat heeft en of regelmaatsturing wenselijk is, is het eerst van belang om te bepalen hoe (on)regelmatig het openbaar vervoer in en rond Amsterdam op dit moment is. Om die reden is een dataonderzoek uitgevoerd naar de huidige regelmaat op acht verschillende bus- en tramlijnen, gemeten volgens de drie meetmethoden zoals in de vorige paragraaf besproken. Dit zijn de meetmethoden Excess Waiting Time, Wait Assessment en standaarddeviatie. In onderstaande tabel staan deze acht lijnen weergegeven met de kenmerken van die lijn.

Vervoerder	Lijn	Reden gekozen
GVB	Tram 19	Langste tramlijn en lage punctualiteit
GVB	Bus 21	Lange en drukke buslijn met lage punctualiteit
GVB	Tram 26	Bijna volledig vrije trambaan en hoogste frequentie met 15x/u
Connexxion	Bus 300	Grotendeels vrije busbaan en pilot regelmaatsturing
Connexxion	Bus 347/357	Busbundel die samen een hoogfrequente lijn vormt. Bijna geen eigen infrastructuur
Connexxion	Bus 356	Zelfde begin en eindpunt als 300, maar andere route, vooral snelweg
Connexxion	Bus 397	Gedeeltelijk vrije infra, gedeeltelijk door druk centrum A'dam. Lange en drukke buslijn

*Figuur 4.3: Gekozen lijnen met kenmerken*

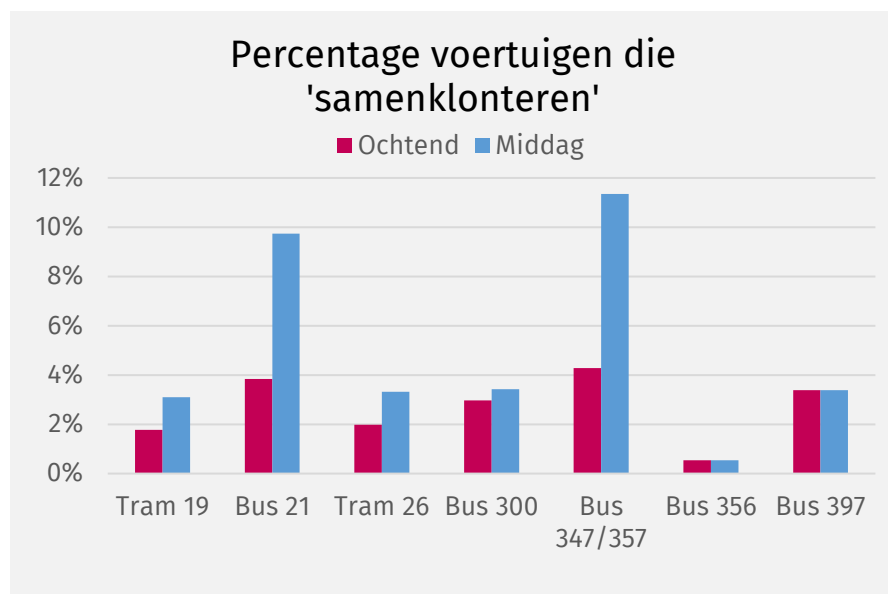
De data die voor dit onderzoek is gebruikt is afkomstig van het NDOV (Nationale Databank Openbaar Vervoergegevens), waarin per rit de gerealiseerde vertrek- en aankomsttijden op iedere halte zijn opgeslagen. Voor dit dataonderzoek zijn gegevens van de hele maand november 2018 gebruikt. Voor iedere lijn is per richting in de ochtend- en middagspits de regelmaat op een halte in het midden van de lijn berekend. Bij het verwerken van de data is het uitgangspunt de beleving vanuit de reiziger geweest. In het geval van rituitval is bijvoorbeeld de volgtijd bepaald met de eerstvolgende rit die heeft gereden. Na een volledige verwerking en filtering van de juiste gegevens is de regelmaat berekend volgens de drie meetmethoden zoals in paragraaf 4.1 staat uitgewerkt. Een uitgebreide verantwoording van de data en verwerking van de data is te vinden in bijlage C. In bijlage B staan alle resultaten van dit dataonderzoek in tabellen weergegeven.

### Bus bunching

Een onregelmatige busdienst heeft voor een groot deel te maken met bus bunching. De eerste berekening is daarom het bepalen van het aantal samengeklonterde bussen geweest. Hiervoor is berekend hoeveel keer een volgtijd van minder dan 90 seconden voorkwam. Bij een volgtijd van minder dan 90 seconden rijden bussen in de praktijk namelijk zo goed als achter elkaar (Ceder, 2007) aan en zien reizigers op de halte meestal de volgende bus al aankomen. In figuur 4.4 is weergegeven hoeveel bussen procentueel samengeklonterd zijn waargenomen per lijn. Vooral buslijn 21 tussen Amsterdam Centraal en Geuzenveld valt hierin op, waar tijdens de middagspits ongeveer 10% van de bussen te dicht op elkaar rijden, dit komt waarschijnlijk door de route die deze buslijn volgt door een deel van het drukke centrum van Amsterdam. Ook de lijnbundel 347/357 vormt (vooral in de middag)

vaak 'treintjes', dit komt op deze lijn vermoedelijk door het gebrek aan eigen infrastructuur en dat het hier om een bundel van twee buslijnen gaat en een goede regelmaat behouden dus nog lastiger is. Buslijnen met weinig eigen infrastructuur lijken dus een lagere regelmaat te hebben dan bus/tramlijnen die wel eigen infrastructuur hebben.

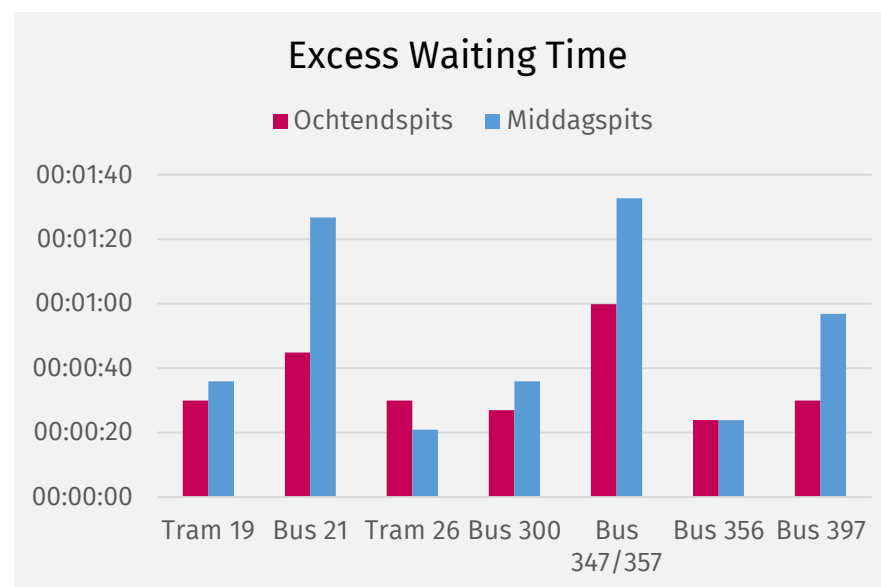
Op de rest van de lijnen ligt dit percentage tussen de 0 en 5 procent. Het aantal keer en percentage dat bus bunching voor komt kan verderop de lijn anders zijn.



**Figuur 4.4:** Percentage waargenomen volgtijden onder de 90 seconden weergegeven per lijn in de ochtend- en middagspits.

### Excess Waiting Time

De extra wachttijd voor reizigers als gevolg van een onregelmatige busdienst is voor de verschillende lijnen weergegeven in figuur 4.5. In vergelijking met Londen, waar EWT op alle hoogfrequente buslijnen wordt toegepast, scoren de meeste onderzochte buslijnen in de Vervoerregio Amsterdam goed. In Londen ligt de EWT gemiddeld rond de 1 minuut, waar de onderzochte lijnen in en rond Amsterdam in de meeste gevallen een halve minuut extra wachttijd hebben.



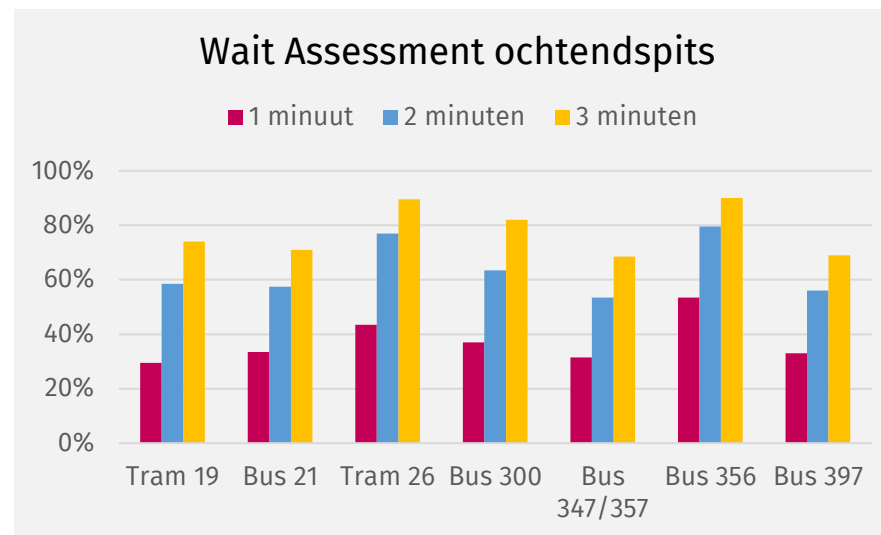
**Figuur 4.5:** Excess Waiting Time per lijn in de ochtend- en middagspits.

De lijnen 21, 347/357 en 397 vallen vooral op door de hogere EWT. Omdat het aantal samengeklonterde bussen op lijn 21 hoog ligt, is de Excess Waiting Time hier ook hoger. Op lijn 347/357 is de hogere EWT te wijten aan het feit dat dit een bundel van lijnen is en deze bundel weinig vrije infrastructuur heeft. Daarnaast is de punctualiteit van deze lijnbundel laag en is daardoor ook de regelmaat minder, met bijbehorende scores.

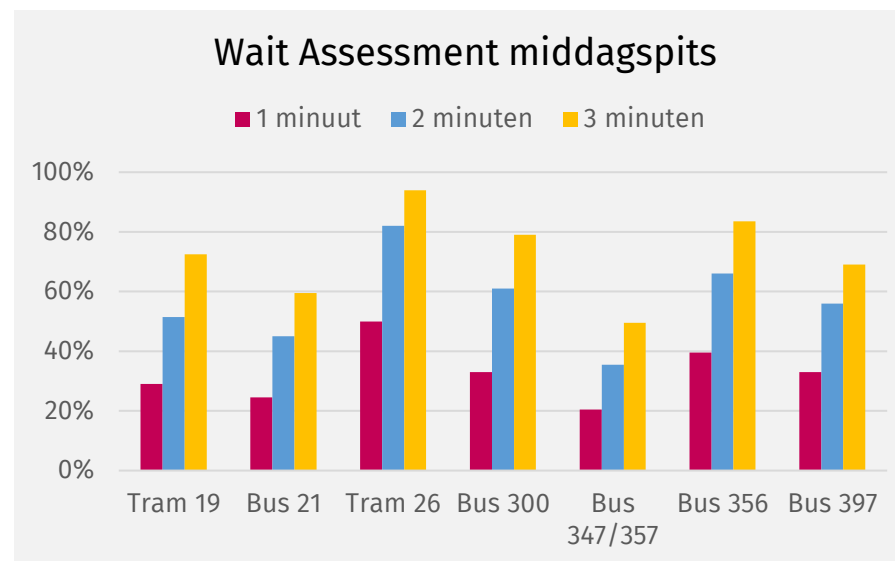
Lijn 397 heeft ook een hogere Excess Waiting Time en dan vooral in de middag richting Nieuw-Vennep. Dit is te verklaren omdat lijn 397 een stuk door het relatief drukke centrum van Amsterdam rijdt waar door de drukte geregeld vertragingen voorkomen. De andere lijnen scoren beter als het gaat om Excess Waiting Time. Opvallend is hierbij lijn 26 die met een zeer hoge frequentie van 15x/uur toch de laagste EWT weet te realiseren. De frequentie lijkt dus weinig invloed te hebben op de regelmaat, lijnen met zeer hoge frequenties scoren zowel goed (lijn 26) als relatief slecht (lijn 21).

### Wait Assessment

De meetmethode Wait Assessment drukt de regelmaat uit in het percentage gemeten volgtijden dat binnen 1, 2 of 3 minuten van de geplande volgtijd ligt. In figuur 4.6 en 4.7 is de Wait Assessment weergegeven voor de acht onderzochte lijnen. Bij een perfecte regelmaat zouden bij een Wait Assessment van 1 minuut alles al op 100% moeten staan. Direct valt op dat een Wait Assessment van 1 minuut een strenge eis lijkt en de percentages volgtijden binnen de toegestane volgtijd hier dus ook veelal aan de lage kant liggen.



Figuur 4.6: Wait Assessment per lijn tijdens de ochtendspits



Figuur 4.7: Wait Assessment per lijn tijdens de middagspits



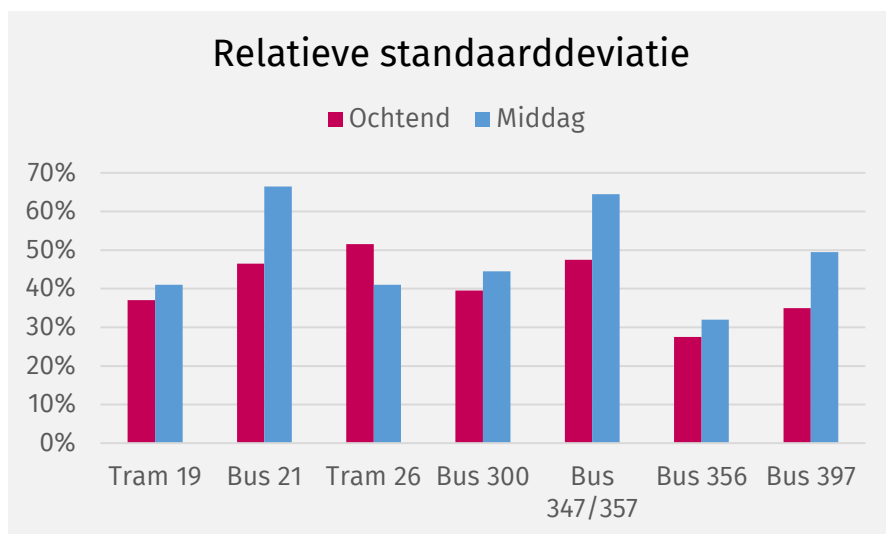
De Wait Assessment van 1 minuut is ook de meetmethode en regelmaatindicator die de Vervoerregio in het Programma van Eisen voor de concessie Amstelland Meerlanden heeft opgenomen. Het is echter niet vastgelegd welk percentage bussen aan deze norm moet voldoen. In het buitenland ligt dit percentage rond 80% bij een afwijking van 2 minuten (Trompet, 2010).

Lijn 26 scoort net zoals bij EWT hoog, dit komt waarschijnlijk door de bijna volledig vrije infrastructuur die deze lijn heeft. Ook lijn 356 scoort zowel in de ochtend- als middagspits goed en heeft in de ochtendspits het hoogste percentage (57%) ritten binnen 1 minuut van de geplande volgtijd. De lijnen 21 en 347/357 behalen wederom een lagere score, waarbij slechts iets meer dan 50% van de bussen binnen 3 minuten van de geplande volgtijd rijdt. Vooral in de middagspits zijn de verschillen tussen de lijnen zichtbaar, in de ochtendspits zijn de verschillen tussen lijnen onderling kleiner. Desondanks scoren de lijnen die in de ochtendspits laag scoren, ook in de middagspits laag en blijft dus hetzelfde patroon te zien, maar dan met iets duidelijkere verschillen. Bij Wait Assessment zijn de verschillen onderling groter en daardoor duidelijker dan bij EWT.

### Standaarddeviatie

De derde meetmethode die is gebruikt om de regelmaat te bepalen is de standaarddeviatie van de gemeten volgtijden. Hoe groter deze standaarddeviatie, hoe groter de spreiding aan volgtijden en dus hoe lager de regelmaat is. Omdat de standaarddeviatie lastig te vergelijken is tussen lijnen met andere frequenties is de standaarddeviatie omgerekend naar de relatieve standaarddeviatie. Een relatieve standaardafwijking van 50% houdt in dat de standaardafwijking de helft van de geplande volgtijd is. In figuur 4.8 staan de relatieve standaardafwijkingen weergegeven van de

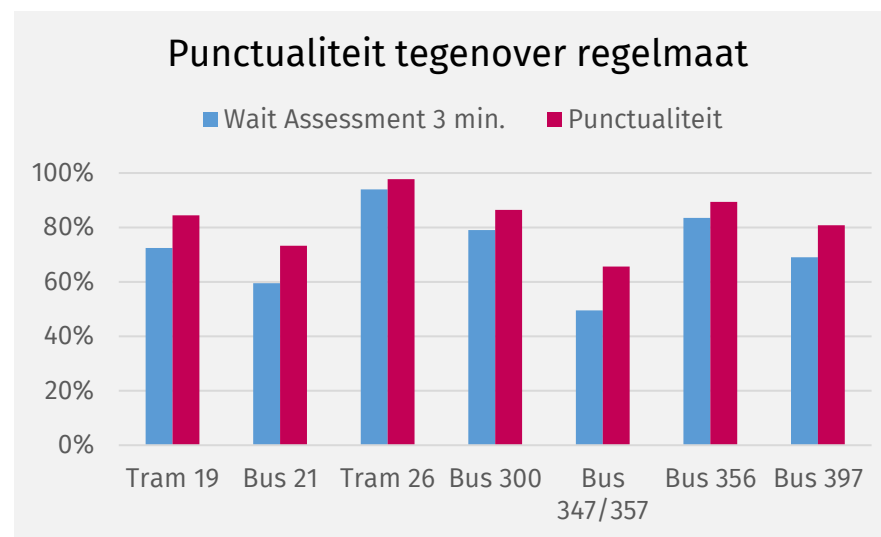
verschillende lijnen. Hierin valt net als bij de andere meetmethoden op dat lijn 21, 347/357 en 397 een hoge relatieve standaarddeviatie hebben en dus een lage regelmaat. De standaarddeviatie laat over het algemeen hetzelfde beeld zien als de andere meetmethoden maar de verschillen onderling zijn minder sterk. Dit komt omdat bijvoorbeeld de absolute regelmaat op lijn 26 redelijk hoog is, maar door de hoge frequentie dit relatief net zo onregelmatig is als andere lijnen. Bij een zeer hoge frequentie is immers meer regelmaat wenselijk dan bij een iets lagere frequentie. Een bus die bij een gepland interval van 7,5 minuten een minuut afwijkt is minder problematisch dan een bus die een minuut afwijkt bij een gepland interval van bijvoorbeeld 4 minuten. De relatieve standaarddeviatie houdt hier daarom rekening mee.



**Figuur 4.8:** Relatieve standaarddeviatie per lijn tijdens de ochtend- en middagspits. Hoe hoger de relatieve standaarddeviatie, hoe lager de regelmaat.

## Punctualiteit

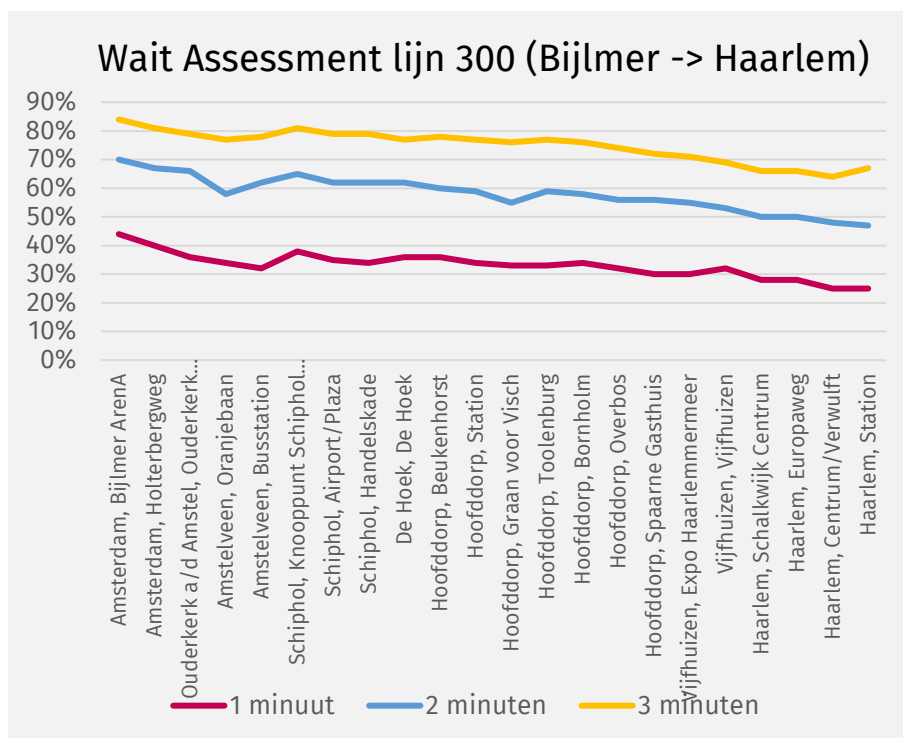
Wanneer de regelmaat wordt vergeleken met de punctualiteit zoals in figuur 4.9, valt direct op dat hoe hoger de regelmaat, hoe hoger de punctualiteit. Dit komt overeen met het idee dat een hogere punctualiteit, ook vanzelf een hogere regelmaat inhoudt. Omdat op dit moment alleen op punctualiteit wordt gestuurd blijft dit principe in stand. Op het moment dat op regelmaat wordt gestuurd kan het voorkomen dat een lijn een lage punctualiteit kent, maar wel een hoge regelmaat. Als bijvoorbeeld alle bussen 5 minuten later zijn dan gepland, is de punctualiteit zeer laag, maar de regelmaat wel perfect.



**Figuur 4.9:** Regelmaat ten opzichte van de huidige punctualiteit.

## 4.3 Regelmaat op lijn 300

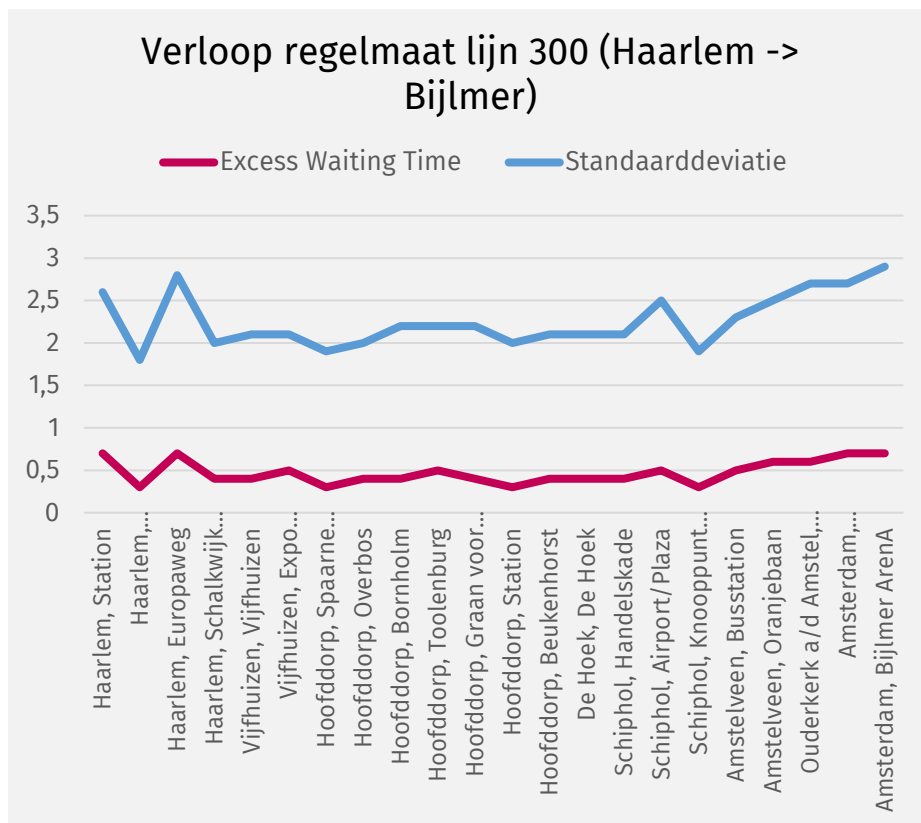
Voor buslijn 300 (Haarlem – Hoofddorp – Schiphol – Bijlmer Arena) is de regelmaat op iedere halte bepaald voor beide richtingen. Hiervoor is de regelmaat tijdens de middagspits gebruikt. Lijn 300 is verder geanalyseerd omdat op deze lijn een proef gaat plaatsvinden met regelmaatbeheersing en daarom een gedetailleerder inzicht in de huidige regelmaat hieraan kan bijdragen. In onderstaande figuren staan de resultaten hiervan.



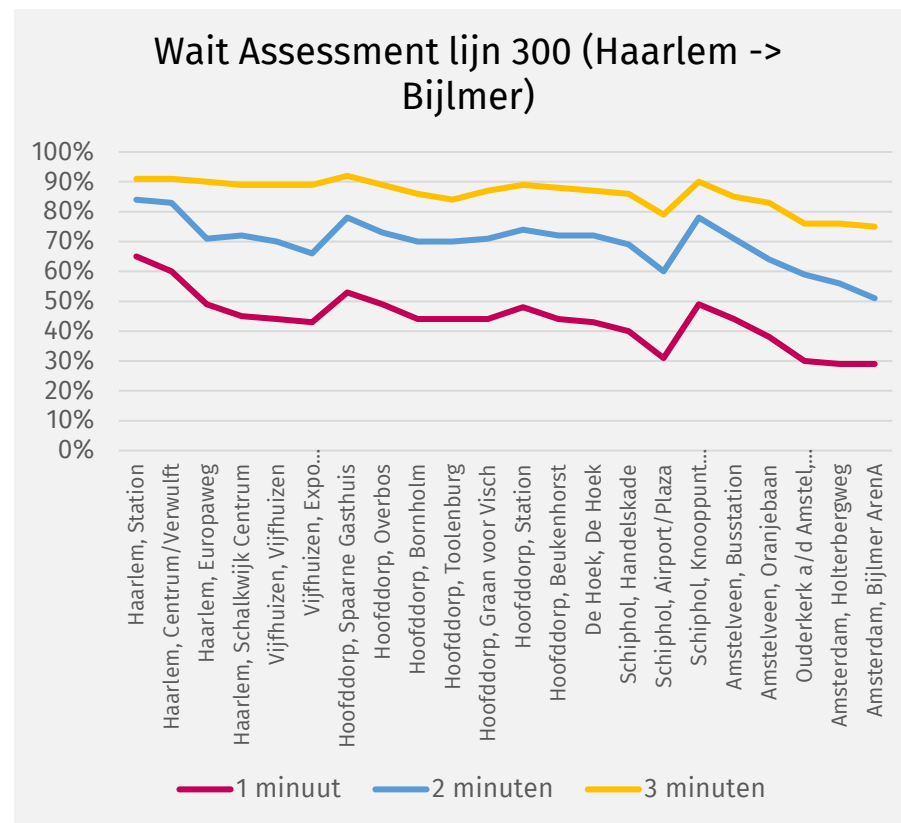
**Figuur 4.10:** Wait Assessment per halte op lijn 300 richting Haarlem tijdens de middagspits.

Wat opvalt is dat de regelmaat afneemt naar verloop van de lijn. Bij de beginpunten in beide richtingen is de regelmaat het hoogste, waarvan ritten die in Haarlem starten een hogere regelmaat hebben. Naarmate bussen verder op het traject zijn neemt de regelmaat af, zoals te zien is in de figuren. Bij het beginpunt is het gemakkelijker voor de vervoerder om op tijd (en dus regelmatig) te vertrekken. Onderweg is het lastiger om dit in stand te houden door verstoringen onderweg. Daarnaast heeft lijn 300 grotendeels vrije infrastructuur, behalve de eerste en laatste kilometers van de lijn. Hierdoor zijn deze delen storingsgevoeliger en daardoor ook eerder onregelmatig, deze onregelmaat blijft vervolgens op de vrije infrastructuur aanwezig omdat niet op regelmaat wordt gestuurd.

Verder blijkt uit de grafieken dat de halte Knooppunt Schiphol Noord als een soort buffer fungeert, waardoor de regelmaat na deze halte weer verbetert. Ook Spaarne Gasthuis en Hoofddorp Station laten dit in kleinere mate zien. Uit de data blijkt ook dat bussen hier soms langer wachten en op die manier weer punctueel en regelmatig vertrekken. Vooral in figuur 4.12 is duidelijk te zien dat het percentage bussen dat binnen 1, 2 en 3 minuten afwijking van de geplande volgtijd valt met ongeveer 20 procentpunt toeneemt na Knooppunt Schiphol Noord. De extra wachttijd en de standaarddeviatie neemt daar licht af in figuur 4.11. Figuur 4.11 en 4.12 lijken veel van elkaar te verschillen maar tonen eigenlijk hetzelfde beeld. Daar waar de Wait Assessment in figuur 4.12 daalt, neemt de EWT en standaardafwijking in figuur 4.11 toe en omgekeerd.



**Figuur 4.11:** Excess Waiting Time en standaarddeviatie op lijn 300 in de richting van Amsterdam Bijlmer Arena tijdens de middagspits.



**Figuur 4.12:** Wait Assessment per halte op lijn 300 richting Amsterdam Bijlmer Arena tijdens de middagspits.

Lijn 300 is in de richting van Haarlem gemiddeld genomen minder regelmatig dan de richting Bijlmer Arena. Dit is ook terug te zien in het aantal bussen dat samenklontert (minder dan 90 seconden volgtijd) wat in deze richting hoger ligt dan in de richting Bijlmer Arena. Op de halte Schalkwijk Centrum is het aantal samengeklonterde bussen het hoogste in de richting van Haarlem, met ongeveer 11 procent. Het grootste deel van de lijn in de



richting Haarlem ligt dit percentage lager op ongeveer 5 procent samengeklonterde bussen. In de tegengestelde richting komt het samenklonteren van bussen veel minder voor.

	Ma	Di	Wo	Do	Vr	Za	Zo
07:00 - 07:59	0,304	0,484	0,408	0,413	0,538	0,159	0,082
08:00 - 08:59	0,815	0,547	0,674	0,504	0,503	0,372	0,153
09:00 - 09:59	0,243	0,379	0,2	0,504	0,536	0,281	0,026
10:00 - 10:59	0,132	0,213	0,541	0,558	0,224	0,711	0,147
11:00 - 11:59	0,524	0,465	0,504	0,127	0,324	0,801	0,519
12:00 - 12:59	0,243	0,345	0,622	0,716	0,218	0,817	0,511
13:00 - 13:59	0,49	0,427	0,714	0,654	0,276	0,667	0,753
14:00 - 14:59	0,667	0,596	0,39	0,407	0,525	0,941	0,918
15:00 - 15:59	0,582	0,306	0,438	0,404	0,606	0,665	0,199
16:00 - 16:59	0,368	0,688	0,372	0,641	0,334	0,377	0,587
17:00 - 17:59	0,804	0,242	0,371	0,438	0,576	0,439	0,858
18:00 - 18:59	0,302	0,589	0,886	0,669	1,047	0,182	0,305

*Figuur 4.13: Excess Waiting Time op verschillende momenten van de dag en week, gemeten op Schiphol Plaza richting Bijlmer Arena*

In tabel 4.13 staat de Excess Waiting Time weergegeven op verschillende momenten van de dag en week. Hierin valt vooral op dat onregelmatige momenten niet volgens een vast patroon terugkeren maar op willekeurige momenten voorkomen. Ook in het weekend, met uitzondering van de zondagochtend, komt onregelmatigheid voor. Lijn 300 heeft op het grootste deel van het traject geen last van ander verkeer en dit kan een verklaring zijn waarom de onregelmaat zich niet alleen in de spits voordoet.

## Conclusie huidige regelmaat

De regelmaat van de lijnen op dit moment is per lijn verschillend. Het algemene beeld is dat de meeste lijnen redelijk regelmatig rijden, maar dat nog wel verbetering mogelijk is. Wel verschillen lijnen soms nog veel van elkaar. De redelijke regelmaat valt ook een deel te wijten aan het feit dat vervoerders op het moment van meten niet op regelmaat maar op punctualiteit stuurden. Het samenklonteren van bussen komt weinig voor, behalve op lijn 21 en 397. Over het algemeen valt te concluderen dat daar waar lijnen veel eigen infrastructuur hebben, de regelmaat hoger is dan op lijnen die de infrastructuur delen met ander verkeer. De punctualiteitscijfers laten in vergelijking met de cijfers over regelmaat overeenkomsten zien. Daar waar de punctualiteit laag is, is de regelmaat ook laag. Op de meeste lijnen kan de regelmaat nog toenemen en biedt regelmaatsturing mogelijk een oplossing.

Voor alle meetmethoden geldt dat het nog niet bekend is welke norm van toepassing moet zijn. Hiervoor is het mogelijk om voorbeelden uit het buitenland over te nemen of zelf een norm te bepalen op basis van de data. De meetmethode Wait Assessment met 1 minuut afwijking van de geplande volgtijd zoals de Vervoerregio hanteert in Amstelland-Meerlanden lijkt erg streng, maar ook hier is geen norm bekend.

Wat betreft de meetmethoden is het goed om te zien dat de verschillende indicatoren ongeveer dezelfde resultaten laten zien. Waar de extra wachttijd en standaarddeviatie hoger zijn, scoort de Wait Assessment bijvoorbeeld lager en omgekeerd. Dit laat zien dat de meetmethoden valide zijn. Wat wel opvalt is dat bij het kijken naar Excess Waiting Time op de meeste lijnen geen groot probleem lijkt te bestaan, terwijl bij Wait Assessment de percentages wel laag

liggen en daardoor een probleem lijken. Een afwijking van 1 minuut ten opzichte van de geplande volgtijd kan snel voor komen. Wait Assessment van 2 of 3 minuten lijkt daarom meer voor de hand te liggen. Omdat Excess Waiting Time als enige meetmethode volledig vanuit de reiziger de regelmaat bekijkt, objectief is en goed te communiceren is met reizigers, heeft het de voorkeur om deze meetmethode te gebruiken bij het meten van regelmaat.

# 5

## Methoden regelmaatsturing

Uit het dataonderzoek in het vorige hoofdstuk blijkt dat de regelmaat nog voor verbetering vatbaar is. Om de regelmaat te verbeteren kan regelmaatsturing mogelijk een oplossing zijn. Het sturen op regelmaat kan in verschillende vormen en volgens verschillende sturingsopties, ieder met eigen kenmerken, vereisten en voor- en nadelen. Dit hoofdstuk gaat daarom in op deze verschillende vormen van het sturen op regelmaat.

In dit hoofdstuk staan als eerste de verschillende vormen van regelmaatsturing omschreven, gevolgd door de verschillende sturingsopties en een korte beschrijving van de verschillende strategieën die bij deze sturingsopties horen. Deze verschillende vormen van regelmaatsturing, sturingsopties en toepassingsstrategieën zijn gebaseerd op literatuuronderzoek en interviews met experts (zie bijlage A).

Regelmaatsturing is op verschillende manieren toe te passen, waarbij het verschil tussen deze manieren vooral ligt in de mate van regelmaatsturing. Iedere vorm van regelmaatsturing heeft daaronder eigen sturingsopties om de regelmaat te waarborgen. Voor deze sturingsopties zijn verschillende strategieën omschreven in literatuur over hoe deze sturingsopties zijn toe te passen. Dit gaat bijvoorbeeld over op welke manier het beste om valt te gaan met het laten uitvallen of vertragen van voertuigen.

Op basis van de resultaten uit het literatuuronderzoek en interviews is de piramide in figuur 5.1 opgesteld. Hierin zijn de drie verschillende lagen die te maken hebben met regelmaatsturing gevisualiseerd. De bovenste laag is het strategische niveau waarin wordt bepaald in welke mate op regelmaat wordt gestuurd, bijvoorbeeld volledig of alleen bij verstoringen. De laag hieronder zijn de sturingsopties die beschikbaar zijn om te zorgen voor een goede regelmaat, dit is het tactisch niveau. Onderaan de piramide staan de verschillende strategieën hoe de vervoerder de sturingsopties toe kan passen, dit is dan ook het operationele niveau.

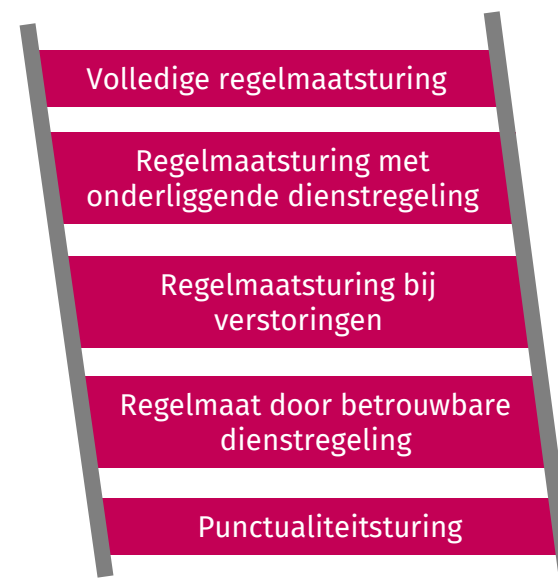
“Het sturen op regelmaat is een methode om de betrouwbaarheid voor reizigers te vergroten en kleine verstoringen op te lossen, regelmaatsturing is geen doel op zich” (Van Oort, 2005). Vervoerders moeten alleen op regelmaat sturen als dit voordelen oplevert voor de reizigers, vervoerder en concessieverlener. Het sturen op regelmaat kan wel een doel zijn als het achterliggende doel is om de betrouwbaarheid van wachttijden op haltes te verbeteren.



*Figuur 5.1: Verschillende abstractieniveaus van regelmaatsturing*

## 5.1 Vormen van regelmaatsturing

Regelmaatsturing is in verschillende vormen en maten toe te passen. In onderstaand schema staan deze verschillende vormen van regelmaatsturing weergegeven, met onderaan sturing op punctualiteit zoals de huidige situatie is en bovenaan volledige regelmaatsturing zonder dienstregeling. Een hogere plaats op de ladder is niet per se beter, wel geldt dat hoe hoger de positie op de ladder, hoe hoger de mate van regelmaatsturing. Deze ladder is opgesteld op basis van de resultaten uit literatuuronderzoek en interviews met experts.



*Figuur 5.2: Ladder met de verschillende vormen van regelmaatsturing. Hoe hoger de plaats op de ladder, hoe hoger de mate van regelmaatsturing.*

## Punctualiteitsturing

Sturing op punctualiteit is het systeem zoals dat nu in het openbaar vervoer in Nederland wordt toegepast. Ritten vertrekken volgens een vaste vertrektijd van iedere halte en rijden zo punctueel mogelijk. Op die manier is het de bedoeling dat bussen, trams en metro's betrouwbaar zijn. Om te zorgen dat dit mogelijk is bouwen vervoerders vaak op knooppunten een kleine buffer in om mogelijke vertragingen weer in te lopen. Uitgaande van een dienstregeling met gelijke intervallen, ontstaat bij een hoge punctualiteit ook vanzelf een hoge mate van regelmaat.

Door met exacte vertrektijden te werken is het voor vervoerders mogelijk om personeel en materieel zo efficiënt mogelijk in te plannen en daardoor de exploitatiekosten laag te houden. Daarnaast weten reizigers in het geval van sturing op punctualiteit waar zij aan toe zijn en weten precies hoe laat hun bus vertrekt vanaf hun halte. Door realtime reisinformatie is tegenwoordig ook bij vertraging de actuele vertrektijd direct duidelijk. Dit is samen met de efficiënte roostering een voordeel van het volgen van een dienstregeling. Toch is het rijden volgens een dienstregeling niet altijd wenselijk en heeft dit systeem ook nadelen. Het rijden volgens een vaste dienstregeling draagt bij aan het fenomeen bus bunching zoals omschreven in paragraaf 2.1. Dit heeft als gevolg dat reizigers gemiddeld langer moeten wachten op een bus en de spreiding van reizigers over bussen minder gelijkmatig is.

Voor het meten van de betrouwbaarheid in een systeem met sturing op punctualiteit is de huidige meetmethode het meest voor de hand liggend. Dit houdt in dat een percentage bussen die op tijd hebben gereden wordt bepaald. Dit is wel heel systeemdenkend, een bus rijdt op tijd of doet dat niet in de

huidige situatie, terwijl voor reizigers grote vertragingen vervelender zijn. Daarnaast kan stipt op tijd vertrekken zoals dat nu gebeurt juist ervoor zorgen dat reizigers een aansluiting missen en daardoor nog langer moeten wachten. Een meer op reizigers gerichte betrouwbaarheidsindicator zou daarom een verbetering aan dit systeem zijn.

### Punctualiteitssturing samengevat

- Huidige systeem
- Niet altijd wenselijk
- Bij hoge punctualiteit ook hoge regelmaat

+ Efficiënte roostering mogelijk

+ Duidelijk te communiceren naar reizigers

- Draagt bij aan bus bunching

- Redeneert vanuit het systeem in plaats van reizigers

## Regelmaat door betrouwbare dienstregeling

Deze vorm van sturen op regelmaat heeft een betrouwbare dienstregeling als basis. Door deze dienstregeling moet het mogelijk zijn om tot een goede regelmaat te komen. Als een dienstregeling met gelijke intervallen tussen de vertrektijden goed en punctueel wordt uitgevoerd ontstaat vanzelf een hoge regelmaat is hierbij de gedachte.

Door de dienstregeling iets ruimer op te zetten is deze beter uit te voeren en is zo een hogere punctualiteit mogelijk. Dit heeft als nadeel dat reizigers van halte tot halte langer onderweg zijn voor dezelfde reis. Daarbij zorgt dit ook voor extra kosten voor de vervoerder. Naast de dienstregeling ruimer maken zijn ook andere maatregelen mogelijk om de dienstregeling betrouwbaarder te kunnen uitvoeren. Dit zijn vooral maatregelen die zich richten op doorstroming en het homogeniseren van rij- en halteertijden. Voorbeelden hiervan zijn het gebruik van busbanen, een open instapbeleid om het in- en uitstappen te versnellen, kaartverkoop op de halte en prioriteit bij verkeerslichten. Bus Rapid Transit systemen zijn een voorbeeld hiervan, hoe regelmaatsturing daar wordt toegepast is te lezen in het kader op de volgende pagina. De eerdergenoemde maatregelen zijn dus vooral fysieke maatregelen die zorgen dat de rijtijd en halteertijd van voertuigen betrouwbaarder wordt. Deze maatregelen hebben vaak als voordeel dat niet alleen de betrouwbaarheid verbeterd, maar ook de doorstroming beter wordt. Dit kan compenseren voor de ruimere dienstregeling.

Een nadeel van op deze manier op regelmaat sturen is dat dit geen daadwerkelijke sturing op regelmaat is, maar meer een verkapt manier van sturen op een hoge punctualiteit. Het

verschil met de eerste vorm van regelmaatsturing is dan ook klein. Het verschil zit vooral in de fysieke maatregelen die hierbij horen en de communicatie naar reizigers dat het om een regelmatige in plaats van punctuele dienstregeling gaat. Daarnaast is het niet altijd mogelijk de veelal fysieke maatregelen die de betrouwbaarheid moeten verhogen toe te passen. Het is bijvoorbeeld niet altijd mogelijk om een busstrook aan te leggen of prioriteit te organiseren voor openbaar vervoer bij kruispunten.

Bij deze vorm van regelmaatsturing is het mogelijk om beide betrouwbaarheidsindicatoren te gebruiken, zowel het meten van punctualiteit als het meten van regelmaat, omdat in dit systeem beide hoog zouden moeten zijn.

### Regelmaat door betrouwbare dienstregeling samengevat

- Sturing op punctualiteit
- Gepland perfect regelmatige dienstregeling
- Vooral fysieke maatregelen

- + Niet alleen betere regelmaat, maar ook doorstroming
- + Operatie en planning blijft hetzelfde
- Geen daadwerkelijke regelmaatsturing
- Fysieke maatregelen niet altijd mogelijk

## Bus Rapid Transit

Sturen op regelmaat en Bus Rapid Transit (BRT) systemen lijken een logische combinatie. Op de meestal vrije busbanen in BRT-systemen en met hoge frequenties is het sturen op regelmaat een logische optie die relatief makkelijk uit te voeren is. Desondanks wordt ook in BRT-systemen zelden regelmaatsturing toegepast. Ook hier is een onderliggende dienstregeling nodig om personeel en materieel aan te sturen.

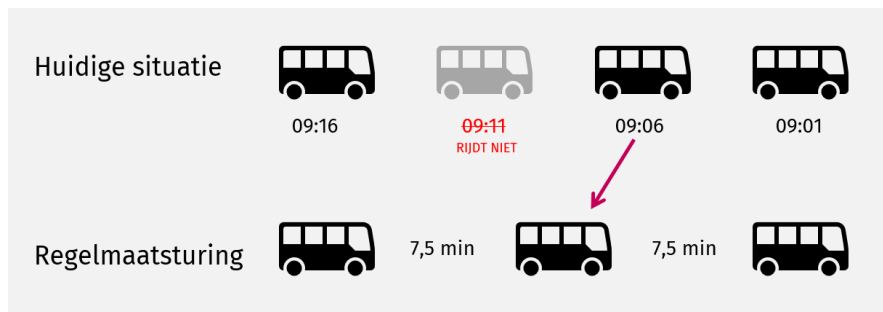
Een optie van op regelmaat sturen die wel vaker wordt toegepast is een soort hybride optie tussen regelmaat en punctualiteit. In dit geval wordt wel een dienstregeling gepubliceerd, alleen zijn de vertrektijden overal indicatief. Vervoerders krijgen dan ook geen boete voor het te vroeg of te laat van een halte vertrekken. Reizigers wordt aanbevolen om op tijd op de halte te arriveren (Takagi, 2010).

Vanuit een operationeel standpunt verschillen sturing op punctualiteit en sturing op regelmaat in BRT-systemen weinig van elkaar (Takagi, 2010). Volgens Oded Cats (bijlage A) heeft dit te maken met het feit dat in BRT-systemen minder winst te behalen valt wanneer op regelmaat wordt gestuurd. BRT-systemen staan bekend om hun relatief hoge snelheid en vaak ook hoge frequentie. Door de beschikbaarheid van vrije infrastructuur zorgt dit al voor een hogere betrouwbaarheid en regelmaat in vergelijking met een 'reguliere' stadsbus. De regelmaat neemt daardoor meestal al toe door een systeem te upgraden naar een BRT-systeem (Ingvardson en Jensen, 2012). Aan de andere kant is het op volledig vrije infrastructuur makkelijker om te sturen op regelmaat door bijvoorbeeld langer op een halte te wachten volgens Cats.

## Regelmaatsturing bij verstoringen

De derde vorm van regelmaatsturing op de ladder in figuur 5.2 is het sturen op regelmaat bij verstoringen. Tijdens een normale situatie wordt in dit geval volgens een vaste dienstregeling gereden. Op het moment dat een verstoring zich voordoet op een lijn of in het netwerk wordt omgeschakeld naar sturing op regelmaat om de effecten van de verstoring zoveel mogelijk te beperken. Het kan hierbij gaan om kleine verstoringen zoals uitval van een enkele rit, maar ook grootschalige verstoringen waarbij meerdere ritten uitvallen. Het uitgangspunt is hierbij om zelfs tijdens de verstoring volgens zo gelijk mogelijke intervallen te vertrekken zodat reizigers nooit lang hoeven te wachten. Op het moment dat de verstoring voorbij is, is het zaak om zo snel mogelijk weer terug te keren naar de reguliere dienstregeling.

Door op regelmaat te sturen bij verstoringen ontstaat een betere spreiding van voertuigen en daardoor ook een betere spreiding van reizigers over de voertuigen. Als dit goed lukt is het mogelijk om te zorgen dat reizigers een uitgevallen rit bijna niet opmerken. In figuur 5.3 is een voorbeeld weergegeven waarin een rit uitvalt en hoe dit vervolgens wordt opgevangen door te sturen op regelmaat. In dit voorbeeld wordt slechts één bus in de dienstregeling opgeschoven om een betere regelmaat te realiseren, maar dit kan altijd met meerdere bussen om zo de volgtijden verder uit te spreiden.



**Figuur 5.3:** Sturing op regelmaat bij verstoringen. De bus van 09:11 valt uit, waardoor een gat in de dienstregeling ontstaat. Om dit op te vullen wordt de voorgaande bus iets vertraagd om zo alsnog regelmatig te rijden.

Het sturen op regelmaat bij verstoringen vereist wel een actieve bijsturing en kan meer van de bijsturing vragen dan in de huidige situatie. Dit komt omdat de verkeersleiding meerdere ritten om een verstoring moet aanpassen in plaats van alleen de rit die bijvoorbeeld uitvalt. Dit maakt het oplossen van grotere verstoringen aanzienlijk complexer, vooral als meerdere lijnen hierbij zijn betrokken. Daarnaast kan dit sturen ervoor zorgen dat de volgorde en de omlopen van voertuigen en personeel niet meer kloppen, iets wat nog lang kan doorwerken in het systeem.

Een nadeel van deze methode is dat het afrekenen van vervoerders op punctualiteit niet mogelijk is, anders zouden vervoerders alsnog blijven sturen op zo hoog mogelijke punctualiteit bij verstoringen in plaats van regelmaat. Het is daarom nodig om een betrouwbaarheidsindicator te gebruiken die wel regelmaat kan meten, maar ook bij punctualiteitsturing geen problemen kent. Excess Waiting Time ligt hierbij het meest voor de hand omdat deze het beste kan omgaan met beide systemen.

### Regelmaatsturing bij verstoringen samengevat

- In normale situatie sturing op dienstregeling
- Verstoringen en uitval beter opvangen
- Actieve bijsturing

+ Zorgt bij verstoringen en uitval voor betere regelmaat

+ Alleen aanpassingen nodig bij bijsturing

- Maakt oplossen van verstoringen complexer

- Afrekenen op punctualiteit niet mogelijk



## Regelmaatsturing met onderliggende dienstregeling

Regelmaatsturing met een onderliggende dienstregeling is de op een na hoogste vorm van regelmaatsturing zoals deze op de ladder in figuur 5.2 is gedefinieerd. Deze vorm van regelmaatsturing is een combinatie van de systemen van dienstregelingen en die van regelmaatsturing. Het belangrijkste voordeel hiervan is dat de onderliggende dienstregeling houvast biedt. Uiteindelijk is het ook de bedoeling dat deze dienstregeling zo goed mogelijk wordt uitgevoerd en daardoor vanzelf al een hoge mate van regelmaat ontstaat.

Deze manier van op regelmaat sturen vereist een nieuwe manier van bijsturen en vooraf plannen van voertuigen en personeel omdat een bepaalde flexibiliteit nodig is. Omdat wel een onderliggende dienstregeling aanwezig is, is het gemakkelijker om personeel en materieel in te plannen dan in een systeem waarbij helemaal geen dienstregeling aanwezig is. Een nadeel wat hierbij ontstaat is dat deze dienstregeling en roosters beperkend kunnen werken en niet volledige flexibiliteit mogelijk is om de regelmaat te verbeteren.

Ondanks het feit dat in dit geval een dienstregeling aanwezig is, blijft het sturen op regelmaat de prioriteit. Afwijken van de dienstregeling om tot een goede regelmaat te komen is dan ook geen probleem voor zover dat kan. De dienstregeling geldt vooral als leidraad bij bijvoorbeeld beginpunten en het inplannen van chauffeurs inclusief pauzes, waarna regelmaatsturing het vervolgens overneemt om voertuigen onderweg op gelijke afstand van elkaar te houden.

In deze vorm van regelmaatsturing kan de vervoerder kiezen om vertrektijden of opvolgtijden te communiceren aan reizigers. In het geval dat de vervoerder geplande vertrektijden toont is het van belang om de reiziger te informeren dat de vertrektijden een indicatie zijn en de daadwerkelijke vertrektijd door regelmaatsturing kan afwijken. Omdat bij deze mate van regelmaatsturing de regelmaat de overhand heeft is het vanzelfsprekend dat de betrouwbaarheidsindicator ook op regelmaat is gebaseerd. Excess Waiting Time zoals in paragraaf 4.1 is benoemd is hiervan een goed voorbeeld.

### Regelmaatsturing met dienstregeling samengevat

- Regelmaatsturing, maar onderliggende dienstregeling
- Roostering personeel en materieel mogelijk
- Combinatie van twee werelden

+ Zorgt voor hogere regelmaat

+ Dienstregeling zorgt voor houvast

- Dienstregeling en roosters kunnen beperkend werken

- Vereist nieuwe manier van bijsturen en plannen

## Volledige regelmaatsturing

Bij volledige regelmaatsturing wordt enkel en alleen gereden volgens een regelmatig patroon met gelijke volgtijden zonder dat hier een dienstregeling bij hoort. Het is niet mogelijk om helemaal geen planning te hebben. Het moet bijvoorbeeld bekend zijn hoeveel voertuigen nodig zijn om een bepaalde frequentie te bieden, chauffeurs in te plannen en wat de rijtijd tussen haltes is. Dit is echter niet vergelijkbaar met een huidige dienstregeling.

Het volledig sturen op regelmaat heeft als doel om voertuigen zo goed mogelijk te spreiden over een lijn en daardoor ook het aantal reizigers zo goed mogelijk over de voertuigen te spreiden. In de communicatie naar reizigers wordt in deze vorm van regelmaatsturing alleen gecommuniceerd dat een metro, tram of bus iedere x minuten rijdt en niet meer volgens vaste vertrektijden. Het volledig op regelmaat sturen maakt ook de belofte "iedere x minuten een bus" het meeste waar. In volledig automatische systemen is het ook mogelijk om de volgtijd aan te passen aan de drukte op dat moment. Op drukke momenten neemt de volgtijd dan bijvoorbeeld af.

Deze vorm van regelmaatsturing is in praktijk alleen mogelijk in volledig automatische (metro)systemen zonder bestuurder, of systemen waarin een flexibele roostering van personeel en materieel mogelijk is. Zelfrijdende voertuigen kunnen hierbij helpen, zie het kader. Door regelmaatsturing is het niet precies in te plannen hoe lang een rit of omloop duurt. Hierdoor is het lastiger om een rooster te maken voor het personeel en materieel. Dit maakt dat deze vorm van regelmaatsturing in de praktijk nog lastig in te voeren is. Wel zorgt volledige regelmaatsturing theoretisch gezien voor de hoogst haalbare regelmaat (Daganzo, 2009).

### Volledige regelmaatsturing samengevat

- Helemaal geen dienstregeling
- Vooral automatische (metro)systemen
- Meeste flexibiliteit in bijsturing

+ Theoretisch hoogst mogelijke regelmaat

+ Echt 'iedere x minuten een voertuig'

- Reisplanners vereisen dienstregeling

- In praktijk nog lastig, zeker in systemen met ander verkeer

## Zelfrijdende voertuigen

Regelmaatsturing heeft geen effect op de voertuigen, maar omgekeerd gaat dit effect wel op. Door andere soorten bussen of voertuigen in te zetten kan de betrouwbaarheid en regelmaat op een lijn toenemen. Denk hierbij aan bijvoorbeeld bussen met extra deuren en bijvoorbeeld extra in/uitcheck apparaten om het in- en uitstappen te versnellen. Ook een ruime inrichting van het voertuig kan zorgen dat reizigers sneller in en uit kunnen stappen (West, 2011).

Voertuigen die echter meer effect hebben op het sturen op regelmaat zijn zelfrijdende voertuigen. In bijvoorbeeld volledig automatische metrosystemen is het sturen op regelmaat makkelijker, omdat deze precies de instructies opvolgen van een centrale verkeersleiding en niet afhankelijk zijn van roosters en pauzes. Hierdoor kunnen de voertuigen constant blijven rijden en ontstaan door het bijsturen geen problemen met het rooster van chauffeurs. Dit is een van de grootste voordelen van zelfrijdende voertuigen in het openbaar vervoer. Daarnaast is een groot voordeel dat alle voertuigen hetzelfde rijden en daardoor dezelfde rijtijd hebben tussen haltes.

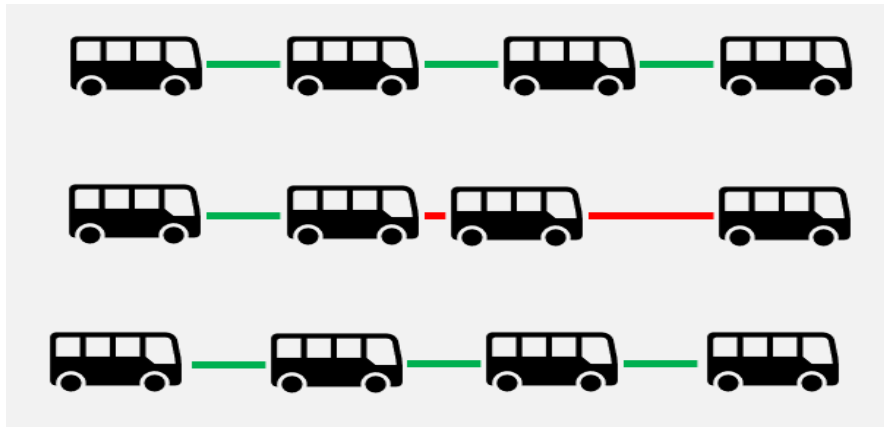
Het toepassen van regelmaatsturing in automatische metrosystemen is relatief gemakkelijk te realiseren. Het is daarentegen wel de vraag of dit nodig is, omdat deze systemen meestal ook al zeer punctueel (en dus regelmatig) rijden. Op korte termijn is het echter niet realistisch dat ook volledig zelfrijdende bussen gaan rondrijden. Hierdoor blijven de effecten van zelfrijdende voertuigen op de regelmaat op het moment nog iets voor in de toekomst.

## 5.2 Sturingsopties

Iedere verschillende vorm van regelmaatsturing zoals in vorige paragraaf besproken heeft een aantal verschillende sturingsopties tot zijn beschikking om tot een betere regelmaat te komen. Deze zijn in grofweg vijf opties in te delen; vertragen, versnellen, haltes overslaan, ritten annuleren en extra ritten. Deze vijf opties staan in deze paragraaf beschreven samen met de mogelijke toepassingsstrategieën van deze opties. Dit zijn de onderste twee lagen in de piramide zoals in figuur 5.1 staat weergegeven.

### Vertragen/ophouden

De eerste sturingsoptie is het expres vertragen of ophouden van bussen om op die manier de regelmaat weer te verbeteren. Dit is ook de sturingsoptie waar het meeste onderzoek naar is gedaan, omdat deze optie een hoge haalbaarheid heeft. Door bussen expres op te houden is het mogelijk om de gewenste volgtijd weer te bereiken. Door vooral bussen die te dicht achter hun voorganger rijden op te houden lukt het om weer volgens een vaste regelmaat te rijden. Gevolg hiervan is dat de bussen hierachter ook iets moeten vertragen om zo dezelfde volgtijd te behouden. In figuur 5.4 is dit concept weergegeven.



**Figuur 5.4:** Ophouden van bussen om tot een betere regelmaat te komen. In de onderste situatie rijden alle bussen weer met dezelfde volgtijd, maar allemaal iets later.

Het ophouden van voertuigen heeft als gevolg dat reizigers over het algemeen langer in het voertuig onderweg zijn aldus Van der Werff (2017). Hierdoor is het mogelijk dat de totale rijtijd van een rit toeneemt en daardoor extra voertuigen nodig zijn om dezelfde frequentie te bieden. Om te zorgen dat voertuigen niet extreem veel ophouden en vertragen is het mogelijk om een bepaalde toepassingsstrategie in te voeren waarin staat welke voertuigen, waar en hoe lang deze mogen ophouden. Deze zogeheten *holding strategies* zijn de onderste laag van de piramide in figuur 5.1 en geven aan op welke manieren het vertragen en ophouden van bussen toe te passen is. Op deze manier is te voorkomen dat voertuigen extreem lang wachten op hun voorganger of wachten op haltes waar dit niet wenselijk is, bijvoorbeeld net voor overstappunten en op haltes waar het overige verkeer hierdoor wordt gehinderd. Het vertragen en versnellen van bussen wordt toegepast in Santiago waar een aantal bussen rijdt op regelmaat, zie hiervoor het kader hiernaast.

## Regelmaatsturing in Santiago, Chili

Sinds 2012 wordt in Santiago de regelmaat van hoogfrequente bussen gemeten en zijn hier boetes aan gekoppeld. Op het moment dat de volgtijd tussen bussen op de drie meetpunten (meestal het beginpunt, midden en eindpunt) te hoog is ontvangt de vervoerder een boete. Met het vereisen van een regelmaat wil de lokale overheid de betrouwbaarheid van de bussen verhogen en het tegengaan van het dalende aantal reizigers (Lizana et al, 2014).

Om te zorgen dat bussen goed volgens regelmaat rijden krijgen chauffeurs tijdens een proef op hun boordcomputer te zien wat de volgtijd is met de voorgaande en achterliggende bus. Daarnaast wordt een advies gegeven om te versnellen, vertragen of te wachten. In figuur 5.5 is dit weergegeven. De resultaten van de proef laten zien dat de regelmaat door dit toe te passen inderdaad toeneemt. Wel is aandacht nodig om chauffeurs goed uit te leggen welke instructies zij moeten volgen.

Roosters van chauffeurs zijn in Santiago volgens Wouter Bakker (bijlage A) flexibeler, om op die manier om te kunnen gaan met de mogelijke vervroeging of vertraging die uit de regelmaatbeheersing naar voren komt. Dit is mogelijk omdat lokale wetgeving minder streng is als het gaat om werk- en rijtijden dan in Nederland. Daarnaast hebben de meeste lijnen in onder andere Santiago speciale ‘dispatchers’ die zorgen dat bijvoorbeeld iedere 5 minuten een bus vertrek vanaf het beginpunt. Deze dispatchers zien er op die manier ook op toe dat regelmatig bussen vertrekken.

Waar de verschillende toepassingsstrategieën veelal van elkaar verschillen is op welke haltes wordt opgehouden en hoeveel tijd ophouden maximaal mogelijk is. Een aantal wetenschappelijke onderzoeken hebben specifiek onderzoek gedaan naar deze verschillende 'holding strategies' en welke strategieën de beste effecten hebben op de regelmaat en reistijd (Cats et al, 2012). Het vertragen van bussen blijkt uit deze onderzoeken het beste te werken door steeds in het midden qua volgtijd te blijven tussen de voorliggende en achterliggende bus (Cats, 2016). Een andere methode die effectief blijkt te zijn is het wachten tot maximaal 80% van de geplande volgtijd. Hierdoor wordt voorkomen dat bussen op elkaar gaan wachten en daardoor elkaar blijven vertragen.

## Versnellen

Naast bussen ophouden en vertragen is het ook mogelijk om bussen te versnellen om op die manier tot een goede regelmaat te komen. Deze sturingsoptie is lastiger toe te passen omdat het niet gemakkelijk is om een bus sneller te laten rijden dan gepland. Dit in tegenstelling tot het ophouden van voertuigen wat in theorie wel altijd mogelijk is. Toch is het in een aantal gevallen mogelijk om een voertuig met een te lange volgtijd op zijn voorganger te laten versnellen. Op bijvoorbeeld busbanen is het mogelijk om iets harder te rijden dan opgenomen in de dienstregeling en hierdoor iets aan tijd in te halen. Op routes met ander verkeer en bij grotere vertragingen is dit echter lastiger en geen oplossing.

Een andere mogelijkheid om te versnellen is het prioriteren van bussen met een te hoge volgtijd bij verkeerslichten. Zo is het mogelijk om tijd in te halen en weer volgens regelmaat te rijden. Over het algemeen krijgt openbaar vervoer op kruispunten met verkeerslichten al prioriteit, maar het is wel mogelijk om bussen die achterlopen een verhoogde prioriteit te geven en bussen die juist een te korte volgtijd hebben iets langer te laten wachten (Gardner et al, 2009). Hiervoor is het wel noodzakelijk dat verkeerslichten weten welke bus prioriteit verdiend en welke minder. Met de komst van de iVRI groeien de mogelijkheden om dit soort toepassingen in te voeren bij verkeerslichten. Het zou echter ook logisch zijn om openbaar vervoer bij deze verkeerslichten altijd absolute prioriteit te geven om zo altijd een goede doorstroming te realiseren. In dat geval is versnellen geen optie meer en zijn andere sturingsopties nodig.



*Figuur 5.5: Schermafbeeldingen van boordcomputers met regelmaatsturing: perfecte regelmaat, versnellen, vertragen en wachten op de halte (Lizana et al, 2014).*

## Haltes overslaan

Om te versnellen is het naast bovengenoemde maatregelen ook mogelijk om haltes over te slaan en op die manier weer regelmatig te rijden. Omdat bij het overslaan van een halte de halteertijd ook wordt overgeslagen haalt een voertuig op die manier iets aan tijd in. Daarnaast zorgt het ervoor dat de bus niet drukker wordt en daardoor nog meer vertraging oploopt.

Het overslaan van haltes heeft wel consequenties voor zowel reizigers in de bus als op de halte. Reizigers in de bus kunnen in dat geval niet op de halte uitstappen en moeten hierdoor terugreizen. Daarom wordt meestal alleen een halte overgeslagen als niemand uit wil stappen. Reizigers op de halte zien de bus voorbijrijden en moeten wachten tot de volgende bus. Het toepassen van deze maatregel moet slechts in beperkte mate gebeuren. Het mag niet zo zijn dat steeds dezelfde halte wordt overgeslagen omdat hier bijvoorbeeld weinig reizigers staan.

Haltes overslaan kan op verschillende manieren; haltes voorbijrijden of een deel van de route afsnijden en daardoor een of meerdere haltes overslaan. Het verschil hierin is dat in het eerste scenario de bus een halte passeert maar daar (ook al staan daar reizigers) niet stopt. In het tweede scenario snijdt de bus een deel van de route af en mist daardoor een paar haltes. In dat laatste geval zien de reizigers op de overgeslagen helemaal geen bus en zullen zij aannemen dat de bus niet heeft gereden. In het eerste scenario merken reizigers wel dat de bus voorbijkomt en niet stopt en zorgt dit voor frustratie dan wanneer de bus helemaal niet langskomt. Naast deze twee manieren van haltes overslaan bestaat ook de mogelijkheid 'expressing', waarin een bus non-stop naar het eindpunt van de lijn rijdt en op die manier

weer op tijd aan de volgende rit kan beginnen. In dit geval krijgen reizigers in de bus te horen dat direct naar het eindpunt wordt doorgereden en reizigers voor tussengelegen haltes op de volgende bus moeten overstappen.

Connexxion past deze manier van regelmaatsturing in sommige situaties op lijn 300 toe om zo bussen die te ver achter hun voorganger zitten iets te laten inhalen. Wouter Bakker van Connexxion geeft aan dat Connexxion hier dan ook de nodige klachten over krijgt. Vervoerders passen het overslaan van haltes ook toe bij volle bussen zoals in figuur 5.6. In dat geval is het overslaan van haltes beter aan reizigers uit te leggen. GVB geeft op haar site aan ook in sommige gevallen haltes over te slaan als voertuigen te dicht op elkaar rijden. Hierbij geeft het GVB als uitleg dat dit een maatregel is die vervelend is voor reizigers op de halte, maar wel kan zorgen voor een betrouwbare dienstregeling (GVB, z.d.). Ook NS slaat in enkele gevallen (0,02% van de halteringen) stations over om verstoringen te verhelpen (NS, 2015). Ook zij geven aan dat het een extreme maatregel is die alleen wordt toegepast als het echt niet anders kan.

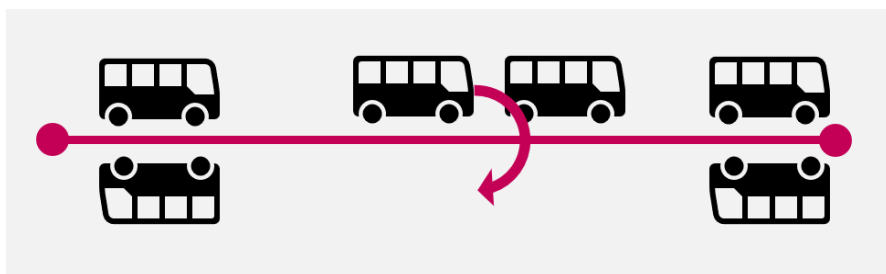


*Figuur 5.6: Een volle bus zoals aangegeven op de bestemmingsaanwijzer.*

## Annuleren van ritten

Een andere set aan maatregelen om weer volgens een goede regelmaat te rijden is het (gedeeltelijk) annuleren van ritten. Door ritten uit te laten vallen die bijvoorbeeld dicht achter elkaar rijden is het mogelijk om deze vrijgekomen bus in te zetten op een ander deel van de lijn waar een grote volgtijd zo wordt opgevuld. In praktijk is dit echter lastiger te realiseren omdat het heel intensieve bijsturing vereist.

Op dit moment wordt wel de bijsturingsoptie toegepast om ritten gedeeltelijk te annuleren door deze bijvoorbeeld eerder te laten keren. Op die manier kan het voertuig weer op tijd aan de volgende rit in de tegengestelde richting beginnen. Het gedeeltelijk annuleren van ritten door eerder te keren is vooral nuttig om lange volgtijden in de tegengestelde richting in te vullen. In figuur 5.7 hieronder is dit weergegeven.



*Figuur 5.7: Eerder keren om zo de regelmaat te herstellen*

Het annuleren van ritten heeft altijd als gevolg dat voor reizigers een reismogelijkheid vervalt en dus langere wachttijden ontstaan. Daarnaast heeft het deels annuleren van ritten ook complicaties binnen de operatie van een vervoerder, bijvoorbeeld omdat materieel en personeel niet meer in de juiste volgorde rijdt.

Daarnaast wordt de vervoerder ook afgerekend op rituitval. Het overslaan van haltes en daarmee op kleine schaal het annuleren van ritten lijkt dan een betere oplossing.

## Extra ritten

Om tot een betere regelmaat te komen is het ook mogelijk om bij lange volgtijden extra ritten in te zetten om deze grote gaten in de dienstregeling op te vullen. Op die manier kunnen vervoerders lange wachttijden voorkomen. In de Nederlandse praktijk is het echter lastig om op korte termijn een rit in te voegen in de dienstregeling, bijvoorbeeld omdat materieel en personeel beschikbaar moet zijn. In sommige situaties in het buitenland wordt deze sturingsoptie wel toegepast omdat de planning van personeel en materieel flexibeler is en dit wel toestaat.

## Aanpassingen aan infrastructuur en materieel

Naast de eerder omschreven realtime sturingsopties is het ook mogelijk om de regelmaat te verbeteren door maatregelen te nemen die zorgen voor een betrouwbare dienstregeling. Dit zijn vooral maatregelen die permanent van aard zijn en niet zijn gebaseerd op het bijsturen van de situatie op dat moment. Voorbeelden van dit soort maatregelen zijn het versnellen van het in- en uitstapproces door een open instapbeleid, de aanleg van busbanen en het geven van prioriteit bij verkeerslichten. Deze conditionele prioriteit waarbij bussen met een lange volgtijd meer prioriteit krijgen dan bussen met een korte volgtijd kan zorgen voor een betere regelmaat, zonder dat dit voor reizigers als sturingsmaatregel opvalt (Gardner et al, 2009).

De eerdergenoemde infrastructurele maatregelen zijn de bekende maatregelen voor doorstroming en het verhogen van de betrouwbaarheid. Deze en vergelijkbare maatregelen zijn ook onderdeel van de aanpak om te sturen op regelmaat door een betrouwbare en regelmatige dienstregeling. Omdat dit soort maatregelen bijdragen aan een hogere betrouwbaarheid, rijden voertuigen ook beter volgens dienstregeling en ontstaat daardoor een hogere regelmaat. De middelste vorm van regelmaatsturing op de ladder in figuur 5.2 is op dit principe gebaseerd.

Dit onderzoek richt zich echter meer op de sturingsopties die op het niveau van de dagelijkse operatie plaatsvinden en minder op maatregelen om de regelmaat, doorstroming en betrouwbaarheid in het algemeen te verbeteren. Desondanks is het wel belangrijk om op de hoogte te zijn van deze categorie maatregelen.

## **5.3 Conclusie sturingsopties**

---

Regelmaatsturing is een ruim begrip, is op verschillende manieren toe te passen en kent verschillende vormen. Om tot die regelmaat te komen zijn verschillende sturingsopties mogelijk met iedere eigen voor- en nadelen. Het toepassen van deze sturingsopties kan volgens verschillende toepassingsstrategieën, wederom met zowel voor- als nadelen. Het toepassen van iedere vorm van regelmaatsturing vereist aanpassingen in de manier van plannen en in de dagelijkse operatie en is daarom niet een makkelijke wijziging. Het sturen op regelmaat wordt meer en meer mogelijk door de toenemende hoeveelheid realtime data die beschikbaar is, bijvoorbeeld over locaties van bussen. Maar ook de actuele drukte in de bus kan uiteindelijk een rol gaan spelen bij het afwegen van sturingsopties.

Een hoge mate van regelmaatsturing is niet per definitie beter dan een lage mate van regelmaatsturing. Dit is vooral per situatie verschillend en sterk afhankelijk van de effecten van mogelijke regelmaatsturing. In het volgende hoofdstuk wordt daarom ingegaan op de toepassing van het sturen op regelmaat in de Vervoerregio Amsterdam.





# 6

## Toepassing in de Vervoerregio

Uit de eerdere hoofdstukken blijkt dat de regelmaat in en rond Amsterdam nog te wensen over laat en tegelijkertijd het sturen op regelmaat een goede optie vormt om de regelmaat en daarmee ook de betrouwbaarheid van het openbaar vervoer in de Vervoerregio Amsterdam te verbeteren. De volgende stap is daarom het daadwerkelijk toepassen van regelmaatsturing.

Dit hoofdstuk geeft een eerste aanzet om het sturen op regelmaat in de Vervoerregio Amsterdam succesvol toe te passen. Daarbij wordt gekeken naar hoe haalbaar het toepassen van het sturen op regelmaat is, gezien de effecten die zijn gevonden in hoofdstuk 5 en hoe nodig het toepassen van regelmaatsturing is gegeven de resultaten van het dataonderzoek in hoofdstuk 3. Met behulp van een expertsessie met medewerkers van de Vervoerregio is bepaald hoe zij tegen regelmaatsturing aankijken. De resultaten van deze sessie zijn samen met de resultaten uit de eerdere hoofdstukken gebruikt om deze toepassing te formuleren.

Het rijden op regelmaat heeft alleen zin als de voordelen opwegen tegen de nadelen. Het grootste voordeel van het sturen op regelmaat is de hogere betrouwbaarheid in de wachttijd en daardoor ook gemiddeld een kortere wachttijd. Daar staat wel onzekerheid voor de reiziger tegenover door het ontbreken van een dienstregeling. Alleen als de kortere totale reistijd door het sturen op regelmaat opweegt tegen het ontbreken van een exacte dienstregeling is het de moeite waard om op regelmaat te gaan rijden (Parast, 2012). Het sturen op regelmaat is alleen zinvol op hoogfrequente lijnen, omdat hier de wachttijden kort genoeg zijn. In de Vervoerregio Amsterdam betekent dit dat vooral in de concessies Amsterdam en Amstelland-Meerlanden het sturen op regelmaat relevant kan zijn. In de andere concessies rijden weinig hoogfrequente lijnen.

Omdat per lijn en situatie de effecten van regelmaatsturing verschillend zijn is het niet mogelijk om te zeggen dat regelmaatsturing in de hele vervoerregio van toepassing moet zijn. Het is daarom van belang om per lijn te bekijken of de voordelen van het sturen op regelmaat groter zijn dan de nadelen. Dit is

mogelijk door bijvoorbeeld simulaties uit te voeren en vervolgens de effecten van het sturen op regelmaat te bepalen. Ook is het mogelijk een exacte berekening te maken van de effecten van regelmaat, zoals in hoofdstuk 3 grofweg voor lijn 300 is gedaan. Op basis van een verdere simulatie per lijn kan de vervoerder samen met de Vervoerregio Amsterdam bepalen of het toepassen van regelmaatsturing wenselijk is.

Het toepassen van regelmaatsturing wordt steeds beter mogelijk door de toenemende hoeveelheid realtime data over bijvoorbeeld locaties van voertuigen. Zonder deze gegevens zou het sturen op regelmaat veel lastiger te realiseren zijn, omdat de daadwerkelijke volgtijden niet bekend zijn. Een verdere uitbreiding is het gebruik van de actuele drukte in de bus om daarmee afwegingen te maken hoe de regelmaat het beste te herstellen is (Chen et al, 2012).

Het toepassen van regelmaatsturing specifiek in de Vervoerregio Amsterdam is kansrijk omdat veel lijnen een hoge frequentie hebben en daarbij ook in een aantal gevallen te maken krijgen met veel externe verstoringen. Juist in dat soort gevallen is het belangrijk om een goede regelmaat te handhaven zodat reizigers nooit lang op de halte hoeven te wachten. Daarnaast is in het bestek van de concessie Amstelland-Meerlanden opgenomen dat het mogelijk is om in overleg tussen de vervoerder en de concessieverlener over te gaan op regelmaatsturing (Stadsregio Amsterdam, 2016a).

Mede op basis van deze contractuele mogelijkheden, de bieding die Connexxion bij de aanbesteding heeft gedaan en de wens van Schiphol wordt de komende zomer een proef met regelmaatsturing uitgevoerd. Zie hiervoor het kader hiernaast.

## **Praktijkproef regelmaatsturing lijn 300**

Op lijn 300 tussen Amsterdam Bijlmer ArenA, Schiphol en Haarlem gaat dit jaar een pilot plaatsvinden met regelmaatsturing. Tijdens deze pilot test Connexxion een aantal sturingsopties voor het sturen op regelmaat. Deze lijn is gekozen omdat deze verschillende kenmerken heeft, zoals trajecten in een binnenstad, op een snelweg en trajecten met eigen infrastructuur. Vervoerregio Amsterdam is bij deze pilot betrokken als concessieverlener.

Schiphol betaalt de kosten van de pilot, omdat zij geïnteresseerd is in het sturen op regelmaat en wil weten of dit een oplossing kan vormen voor de drukte op Schiphol Plaza. Databedrijf Lynxx voert het onderzoek rondom de pilot uit en zorgt voor de monitoring en data-analyse voor en tijdens de proefperiode. Daarnaast zorgen zij voor een algoritme om te bepalen wanneer bussen moeten vertragen of versnellen.

De planning op het moment van schrijven is dat Lynxx begin juni een plan oplevert hoe de pilot vorm kan krijgen. Daarna is het aan Connexxion om de pilot daadwerkelijk in praktijk te brengen. Tijdens de pilot is het de bedoeling dat in alle bussen een smartphone wordt geïnstalleerd bij de chauffeur die aangeeft of hij/zij moet versnellen of vertragen om volgens een goede regelmaat te rijden. Dit is namelijk nog niet mogelijk in de huidige boordcomputers.

## **6.1 Resultaten expertsessie**

Om te bepalen hoe wenselijk het sturen op regelmaat in de Vervoerregio Amsterdam is en welke voorkeuren hierin bestaan is een expertsessie gehouden met een aantal medewerkers van de Vervoerregio Amsterdam. Tijdens deze workshop zijn als eerste de resultaten uit het dataonderzoek gepresenteerd en zijn de verschillende sturingsopties uitgelegd. Vervolgens is aan de deelnemers gevraagd een mening te vormen over het rijden op regelmaat en welke hindernissen zij nog zien voordat het sturen op regelmaat daadwerkelijk in de praktijk wordt toegepast. Een uitgebreid verslag van de resultaten van deze expertsessie zijn te vinden in bijlage D. Hieronder staan de belangrijkste resultaten benoemd.

### **Deel 1: Toepassing van sturingsopties en regelmaat**

Het eerste wat tijdens de sessie werd genoemd is dat het sturen op regelmaat alleen bij hoogfrequente lijnen mogelijk is, iets wat ook al eerder in dit rapport is genoemd. Ook werd aangegeven dat het niet wenselijk is om op regelmaat te sturen als de hoge frequentie alleen in de spits is, omdat dan het sturen op regelmaat juist voor meer verwarring zorgt.

Het sturen op regelmaat bij alleen verstoringen zou juist voor meer problemen zorgen in de voertuigenplanning en is daarom niet wenselijk volgens de deelnemers. Daarnaast moet het bij het sturen op regelmaat en met name het toepassen van sturingsopties steeds de afweging zijn bij welke keuze zo min mogelijk reizigersvertraging ontstaat. Het overslaan van haltes kan bijvoorbeeld makkelijker op uiteinden van een lijn, waar minder reizigers zijn.

### **Deel 2: Hindernissen**

In het tweede deel van de expertsessie is gevraagd naar de hindernissen die de deelnemers zien en welke problemen dus nog een oplossing nodig hebben voordat regelmaatsturing wordt toegepast. Het monitoren van regelmaat en omgaan met lagere frequenties in daluren en weekenden kwamen hier als eerste naar boven.

Een ander belangrijk punt wat werd genoemd is het communiceren naar zowel chauffeurs als reizigers wat de proef inhoudt, wat dat voor hen gaat betekenen en waarom het sturen op regelmaat wordt toegepast.

Voor het invoeren van regelmaatsturing moet de Vervoerregio Amsterdam daarnaast eerst nog een aantal keuzes maken die betrekking hebben op de uitvoering van het sturen op regelmaat. De belangrijkste vraagstukken zijn:

- Bij een bundel lijnen sturen op regelmaat van de lijnen samen, of een goede regelmaat op iedere lijn afzonderlijk?
- Is het overslaan van haltes om de regelmaat te verbeteren een optie?
- Op welke lijnen passen we het sturen op regelmaat toe?

Deze en andere vragen die bij het sturen op regelmaat opkomen zijn soms ook politieke vragen. Is het bijvoorbeeld überhaupt wenselijk om haltes over te slaan om de regelmaat te verbeteren? Ook de keuze van het sturen op regelmaat op een bundel van lijnen ten opzichte van individuele lijnen is een keuze welke reizigers prioriteit krijgen en daardoor het meeste profiteren van het sturen op regelmaat.

## 6.2 Concessiebeheer

Het rijden op regelmaat heeft ook effecten op het concessiebeheer dat de Vervoerregio Amsterdam uitvoert. Vooral op het gebied van de monitoring van de prestaties van de vervoerder verandert wat. Daarom zijn nieuwe afspraken tussen de betreffende vervoerder en de Vervoerregio Amsterdam nodig op basis waarvan het presteren van de vervoerder wordt getoetst. Ook moeten de concessieverlener en de vervoerder samen afspreken welke sturingsopties mogelijk zijn om tot een goede regelmaat te komen en hoe dit aan reizigers wordt gecommuniceerd.

Het sturen op regelmaat heeft ook een impact op de manier waarop de vervoerder wordt betaald, op basis van dienstregelingen, of op basis van dienstregelingkilometers. Beide opties blijven mogelijk, maar het maken van duidelijke afspraken is wel belangrijk. Bij het sturen op regelmaat is immers geen dienstregeling meer beschikbaar waarin vaste tijden staan opgenomen, dus zijn ook het aantal dienstregelingen niet meer te controleren. Om alsnog per dienstregelingsuur af te rekenen is het mogelijk om met de vervoerder af te spreken wat de rijtijd per rit op een lijn is, bijvoorbeeld op basis van het gemiddelde. Een betere optie is om per dienstregelingkilometer af te rekenen. Dit is te berekenen door het aantal geplande ritten te vermenigvuldigen met de lengte van de lijn in kilometers.

### Monitoring

Een belangrijk deel van het concessiebeheer is de monitoring van de vervoerder op prestaties zoals betrouwbaarheid en tevredenheid van reizigers. Wanneer op regelmaat wordt gestuurd

verandert de indicator voor betrouwbaarheid van punctualiteit naar regelmaat. Daarom is een andere monitoring nodig, met bijbehorende nieuwe normen. Zonder de monitoring aan te passen zal de vervoerder altijd streven naar een hoge punctualiteit en dus niet actief op regelmaat sturen.

In het huidige programma van eisen voor de concessie Amstelland-Meerlanden is de meetmethode Wait assessment opgenomen, met een maximale afwijking van 1 minuut van de geplande volgtijd (Stadsregio Amsterdam, 2016a). Deze methode wordt in het buitenland ook toegepast maar dan met een maximale afwijking van 2 minuten (Cats, 2014). Een andere methode die dicht bij de beleving van de reizigers komt is de Excess Waiting Time zoals die in Londen wordt gebruikt en verdient daarom ook de voorkeur voor toepassing in de Vervoerregio Amsterdam. Bij het vaststellen welke normen toepasbaar zijn met een nieuwe regelmaat indicator is het goed om te kijken naar de huidige prestaties en vergelijkbare monitoring in het buitenland. Daarna valt te bepalen of bijvoorbeeld een Excess Waiting Time van 1 minuut een goede prestatie is of dat dit juist ondermaats is.

Naast het monitoren van de betrouwbaarheid van de vervoerder is het ook van belang om als Vervoerregio te monitoren hoe de vervoerder communiceert aan de reizigers en of zij het sturen op regelmaat begrijpen en hoe zij reageren op mogelijke sturingsopties. Vooral tijdens de beginfase of een pilot zoals in het geval van lijn 300 is dit belangrijk omdat reizigers dan nog niet bekend zijn met het sturen op regelmaat. De beleving van de reizigers meten kan bijvoorbeeld door enquêtes te houden en te kijken naar de jaarlijkse ov-klantenbarometer.

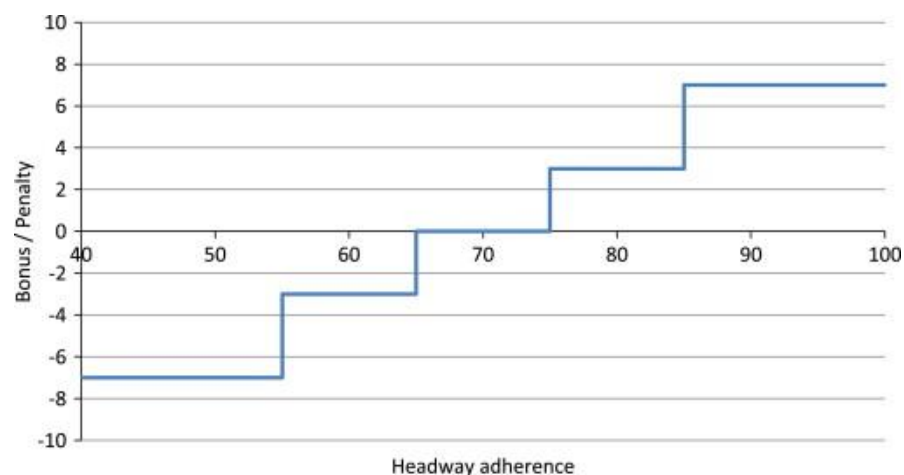
## Boetes en bonussen

Gekoppeld aan het monitoren van de betrouwbaarheid (in dit geval gedefinieerd als regelmaat) zit een bonus/malus regeling. Op het moment dat de concessiehouder onder de gemaakte normen presteert ontvangt hij hiervoor een geldboete. Op deze manier wil de Vervoerregio de vervoerder te stimuleren om goed te presteren. In het boetebeleid van Vervoerregio Amsterdam, waarin staat omschreven hoe de Vervoerregio met boetes omgaat, staat beschreven dat de concessieverlener ervoor open staat om het sturen op regelmaat te onderzoeken. Zie hiervoor de volgende tekst uit het boetebeleid:

*“De Concessieverlener staat ervoor open om samen met de Concessiehouder op hoogfrequente lijnen de mogelijkheid te onderzoeken om niet te sturen op punctualiteit maar op regelmaat (gelijkmatige intervallen). Uitgangspunt hierbij is dat een overgang boeteneutraal uitgevoerd kan worden bij gelijkblijvende prestatie van de Concessiehouder.”*  
(Stadsregio Amsterdam, 2016b)

Daarnaast noemt de Vervoerregio dat het uitgangspunt is om bij een omslag naar het sturen en dus ook monitoren op regelmaat, de overgang boeteneutraal is bij een gelijkblijvende prestatie van de vervoerder. Dit is een lastig punt, omdat het niet te bepalen is wat een gelijke prestatie is ten opzichte van het sturen op punctualiteit. Een hoge regelmaat staat immers niet gelijk aan een hoge punctualiteit. Om dit te overbruggen moet de Vervoerregio op beide meetmethoden monitoren om zo te bepalen dat na het invoeren van het sturen op regelmaat de regelmaat ook daadwerkelijk toeneemt.

Naast het toekennen van boetes is het ook mogelijk om de vervoerder bij een zeer goede regelmaat een bonus te geven. In dat geval ontvangt de vervoerder bij een lage regelmaat een malus, bij een gemiddeld tot goede regelmaat niks en bij een zeer goede regelmaat een bonus. In figuur 6.1 is dit weergegeven in een grafiek. Op die manier wordt de vervoerder geprikkeld om te streven tot een zo hoog mogelijke regelmaat (Cats, 2014). De vervoerder heeft op die manier altijd een stimulans om nog beter te presteren en daardoor de reiziger een nog aantrekkelijker openbaar vervoer te bieden.



**Figuur 6.1:** Bonus/malusregeling zoals Cats die voorstelt voor Wait Assessment. Afhankelijk van de huidige prestaties kan het verloop van de grafiek anders eruitzien (Cats, 2014).

Belangrijk is dat de malus dan wel bonus dusdanig hoog is dat de vervoerder daadwerkelijk gestimuleerd wordt om een betere regelmaat na te streven. Als het sturen op een goede regelmaat voor de vervoerder meer kosten met zich meebrengt dan de boete die ze krijgen voor het onregelmatig rijden, dan ontstaat een situatie waarin de vervoerder het boetebedrag en dus ook de lagere regelmaat accepteert omdat dit haar het minste kost.

# 7

## Conclusies en aanbevelingen

Aan de hand van de theorie over het sturen op regelmaat, de gevoerde gesprekken en het literatuuronderzoek zijn conclusies te trekken over het sturen op regelmaat en tot in hoeverre dit bijdraagt aan het aantrekkelijker maken van het openbaar vervoer. Vanuit deze conclusies vloeien een aantal aanbevelingen voor vervolgstappen voort. Daarnaast wordt de waarde van dit onderzoek besproken in de discussie.

### 7.1 Conclusie

De vraag of het sturen op regelmaat in plaats van punctualiteit voor een aantrekkelijker openbaar vervoer kan zorgen voor zowel reizigers als de concessieverlener stond centraal tijdens dit onderzoek. Hiervoor is een literatuuronderzoek uitgevoerd, zijn gesprekken gehouden met relevante stakeholders en is een expertsessie gehouden.

De regelmaat in het openbaar vervoer in de Vervoerregio Amsterdam laat op het moment nog te wensen over, maar de regelmaat verschilt sterk per lijn. Tot 10% van de ritten op sommige lijnen klontert samen en reizigers staan gemiddeld tussen de 0,5 en 1,5 minuut langer te wachten als gevolg van onregelmatigheid in het openbaar vervoer. Het sturen op regelmaat heeft dus nog volop kansen. Over het algemeen geldt in de Vervoerregio Amsterdam dat daar waar de punctualiteit hoog is, dat de regelmaat dit ook is en vice versa. Hoe regelmatig het openbaar vervoer is, is tot slot vooral afhankelijk van de specifieke kenmerken van een lijn. De beschikbaarheid van eigen infrastructuur heeft daarvan het meeste impact op de regelmaat.

Om op regelmaat te sturen zijn grofweg vier verschillende sturingsopties mogelijk, namelijk versnellen, vertragen, eerder keren en infrastructurele maatregelen of een combinatie hiervan. Iedere maatregel heeft positieve en negatieve effecten en het is daarom nodig om per lijn een afweging te maken welke sturingsopties wenselijk zijn. Een combinatie van versnellen waar mogelijk en voertuigen soms te vertragen is hiervan de meest kansrijke sturingsmethode.

Met het toepassen van regelmaatsturing ontstaan vanzelfsprekend effecten voor reizigers, de vervoerder en de concessieverlener. De theoretische effecten zijn tijdens dit onderzoek in beeld gebracht. In een praktijkproef moet blijken of deze verwachte effecten ook daadwerkelijk zich voordoen. Het doel van het sturen op regelmaat is ook direct het belangrijkste effect vanuit het reizigersperspectief: Een hogere regelmaat met daardoor een kortere gemiddelde wachttijd op de halte. Door een betere regelmaat ontstaat een betere spreiding van reizigers en op die manier een hoger comfort. Dit draagt vervolgens bij aan het aantrekkelijker maken van het openbaar vervoer voor reizigers.

Voor de vervoerder is ook een aantal effecten van het sturen op regelmaat vastgesteld. De andere manier van plannen en roostering van chauffeurs en de gewijzigde operatie is hier de belangrijkste van. Dit is ook voor vervoerders de reden om regelmaatsturing nu nog niet toe te passen. De Vervoerregio Amsterdam moet als belangrijkste effect rekening houden met een gewijzigde manier van de vervoerder monitoren van de prestaties van de vervoerder. Een goede meetmethode kan daarbij zorgen voor een monitoring die meer de beleving van reizigers representeert.

Het sturen op regelmaat in plaats van op punctualiteit heeft in veel gevallen meer voordelen dan nadelen, maar het invoeren van een systeem met regelmaatsturing vergt veel inzet en veranderingen in werken van de vervoerder en de concessieverlener. Dit is dan ook de belangrijkste reden dat tot op heden het sturen op regelmaat nog niet wordt toegepast.

Het is per lijn verschillend of en hoeveel het sturen op regelmaat bijdraagt aan het aantrekkelijker maken van het openbaar vervoer, dit is afhankelijk van de lijnkenmerken. Op dit moment laat de regelmaat nog te wensen over, dus door op regelmaat te sturen middels versnellen waar mogelijk en indien nodig te vertragen kan de regelmaat nog verbeteren. In veel gevallen kan het sturen op regelmaat daarom een goede maatregel zijn om het openbaar vervoer betrouwbaarder, comfortabeler en aantrekkelijker te maken.



## 7.2 Aanbevelingen

Op basis van de conclusies en resultaten van dit onderzoek zijn meerdere aanbevelingen opgesteld. Deze staan hieronder uitgewerkt.

### **Eerst simuleren, daarna een praktijkproef**

Dit onderzoek heeft een eerste aanzet gedaan om het concept regelmaatsturing in beeld te brengen en een compleet beeld te geven van de huidige regelmaat, de mogelijke sturingsopties en de te verwachten effecten. Omdat de effecten per lijn zullen verschillen is het uitvoeren van een proef met het sturen op regelmaat de belangrijkste aanbeveling. Daarvoor is het nodig om de effecten van regelmaatsturing te simuleren. Dit is samen met een praktijkproef de enige manier hoe echt zichtbaar wordt welke effecten het sturen op regelmaat heeft. De aankomende praktijkproef op lijn 300 is wat dat betreft een perfecte aansluiting op dit onderzoek.

Tijdens een proef met het sturen op regelmaat lijkt het sturen op regelmaat zoals dat in Stockholm is toegepast de meest kansrijke oplossing met de beste resultaten. Een simulatie voorafgaand aan de pilot kan dit toetsen. Tijdens de proef en ook daarna is het belangrijk om te monitoren op de regelmaat waarbij de voorkeur uitgaat naar Excess Waiting Time als meetmethoden. Deze methode komt het dichtste bij de beleving van reizigers. Daarnaast is ook monitoring nodig op de tevredenheid van reizigers en chauffeurs, de omlooptijd en de reistijd die reizigers hebben. Nadat de pilot is afgerond en deze zorgvuldig is geëvalueerd kan de Vervoerregio Amsterdam samen met de vervoerder besluiten om regelmaatsturing toe te gaan passen op meer lijnen, of om terug te gaan naar het huidige systeem.

### **Zorg dat de vervoerder niet alsnog op punctualiteit blijft sturen**

Tijdens de proef moet de vervoerder niet de angst hebben om een hoge boete te ontvangen omdat hij op regelmaat stuurt en niet meer op punctualiteit. Het is daarom aan te bevelen om tijdens de proef het boetebeleid op die specifieke lijn te verzachten. Alleen dan zal de vervoerder zich volledig inzetten op een succesvolle proef en niet in zijn achterhoofd alsnog op een hoge punctualiteit proberen te sturen. Bij definitieve invoering van het sturen op regelmaat moet het boetebeleid zijn gebaseerd op een indicator die regelmaat kan meten, met als voorkeur Excess Waiting Time.

### **Alleen op regelmaat sturen als reizigers daarvan profiteren**

Het sturen op regelmaat moet alleen van toepassing zijn als dat voor reizigers meer voordelen oplevert dan nadelen, bijvoorbeeld als de iets langere tijd in het voertuig opweegt tegen een kortere gemiddelde wachttijd. Het sturen op regelmaat heeft bijvoorbeeld weinig nut op een lijn waar onderweg weinig in- en uitstappers zijn die kunnen profiteren van een betrouwbare wachttijd. Op het moment dat de punctualiteit op dit moment al hoog is en de regelmaat dus ook, dan is het niet wenselijk om op regelmaat te sturen. Dit zorgt dan voor reizigers juist voor extra onzekerheid. In dat geval is het dan beter om op punctualiteit te blijven rijden. Het is daarom nodig om per lijn te bekijken of het sturen op regelmaat wenselijk is of niet.

### **Werk samen met andere overheden**

Het uitvoeren en evalueren van een proef met regelmaatsturing hoeft de Vervoerregio Amsterdam niet alleen te doen. Ook andere concessieverleners die lijnen hebben die hoogfrequent rijden zijn geïnteresseerd in het sturen op regelmaat, bijvoorbeeld Provincie

Utrecht. Het is daarom aan te bevelen om via bijvoorbeeld de Decentrale OV Autoriteiten (DOVA) kennis en ervaringen over het sturen op regelmaat te delen met andere concessieverleners.

### Informeert vanaf het eerste moment reizigers en chauffeurs

Wanneer het sturen op regelmaat wordt toegepast, al dan niet in de vorm van een proef, is het zeer belangrijk om de reizigers te informeren. Hierbij is het aan te bevelen dat de vervoerder via verschillende kanalen het sturen op regelmaat van tevoren aankondigt en proactief aan reizigers uitlegt dat dit voor hen kan betekenen. Naast het goed communiceren naar reizigers, is een goede communicatie naar chauffeurs minstens zo belangrijk. Zij moeten weten hoe ze het sturen op regelmaat het beste tot een succes kunnen brengen en welke invloed dit heeft op bijvoorbeeld hun rooster. Reizigers, chauffeurs en andere relevante stakeholders moeten dus vanaf het begin goed geïnformeerd zijn.

### Toon aan dat regelmaatsturing goed mogelijk is

Een goed uitgedachte pilot is de eerste stap die de Vervoerregio samen met de vervoerder moet zetten om het sturen op regelmaat meer vorm te geven. Daarnaast kan een pilot aan vervoerders, reizigers, chauffeurs en de Vervoerregio aantonen dat bijvoorbeeld het roosteren van chauffeurs en het vertragen als sturingsoptie niet zo een groot probleem is als gedacht. Op dit moment durven de actoren niet op regelmaat te sturen omdat het onbekend is. Alleen als het meer bekendheid en vertrouwen krijgt, dan kan het sturen op regelmaat op grotere schaal in de praktijk worden toegepast, zodat op die manier het openbaar vervoer betrouwbaarder, comfortabeler en aantrekkelijker wordt.

## 7.3 Discussie

Ondanks dat het rijden op regelmaat relatief makkelijk klinkt is het dat niet, net zoals dat het op tijd vertrekken van een halte in de praktijk ook niet zo simpel is als het lijkt. Achter het concept regelmaatsturing zit een wereld aan aspecten die op een of andere manier te maken hebben met het sturen op regelmaat, veel meer dan aan het begin van dit onderzoek gedacht. Dit onderzoek is daardoor ook voortdurend aangepast aan nieuwe inzichten, maar wel steeds weer teruggegaan naar de vraag “Wat is regelmaatsturing en wat moeten en kunnen we ermee?”.

Door het gebruik van zowel literatuuronderzoek als interviews met experts, vervoerders en medewerkers bij de Vervoerregio Amsterdam is een betrouwbaar beeld ontstaan van de verschillende effecten die het sturen op regelmaat met zich meebrengt. In bijna alle gevallen sloten de uitspraken van de gesprekken aan op de resultaten uit het literatuuronderzoek en vice versa. Bijvoorbeeld op het gebied van de toepassing van regelmaatsturing gaven vervoerders aan dit moeilijk te vinden, terwijl experts aangaven dat het goed mogelijk is. Dit is te verklaren door de andere kijk op het uitvoeren van regelmaatsturing en de belangen die beide partijen hebben.

Door de complexiteit van het onderwerp regelmaatsturing is het helaas niet mogelijk gebleken om concrete uitspraken te doen over de te verwachte effecten wanneer op regelmaat wordt gestuurd. Hierdoor is dit deel van het onderzoek theoretisch van aard, de praktijk kan echter altijd anders uitpakken. Wel is het gelukt een duidelijk beeld te scheppen van met welke aspecten de reiziger, vervoerder en Vervoerregio Amsterdam rekening moet houden als

het sturen op regelmaat in praktijk wordt toegepast. Het is daarmee gelukt om een overzicht te geven van alle relevante informatie over het sturen op regelmaat, maar een verdere slag om dit te concretiseren is nodig alvorens het toepassen in de praktijk.

Om concretere uitspraken te kunnen doen over bijvoorbeeld te verwachten reistijd, regelmaat en omlooptijd is het mogelijk om dit te simuleren. Binnen de tijd van dit onderzoek was hier geen tijd voor beschikbaar. Daarnaast geeft een simulatie alleen wederom een theoretisch beeld weer en niet dat wat daadwerkelijk in de praktijk zal gebeuren. Het houden van proef met het sturen op regelmaat is daarom een goede vervolgstap, zeker gezien de positieve effecten die regelmaatsturing kan hebben

Het dataonderzoek geeft resultaten weer die overeenkomen met de verwachtingen. Lijnen die nu een lage punctualiteit hebben scoren bijvoorbeeld ook laag in de regelmaat en lijnen die nu al betrouwbaar zijn laten ook een goede regelmaat zien. Het aantal effecten dat bij regelmaatsturing komt kijken is wel meer dan in eerste instantie verwacht, en zijn ook een paar effecten gevonden die niet werden verwacht zoals het aantal zwartrijders. Daarnaast strookt het met de verwachting dat de vervoerders in de gesprekken aangaven het sturen op regelmaat lastig te vinden, door onder meer veranderingen die zij moeten doorvoeren in hun dagelijkse operatie. Wel staan zij ervoor open om het openbaar vervoer betrouwbaarder te maken, al dan niet door regelmaatsturing toe te passen.

## Literatuurlijst

Barabino, B., Casari, C., Demontis, R., Lai, C., Mozzoni, S., Pintus, A., & Tilocca, P. (2013). *A Web Portal for Reliability Diagnosis of Bus*.

Geraadpleegd van <http://ceur-ws.org/Vol-1109/paper7.pdf>

Cats, O., Larijani, A. N., Ólafsdóttir, Á., Burghout, W., Andréasson, I. J., & Koutsopoulos, H. N. (2012). Bus-Holding Control Strategies.

Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2274(1), 100–108. <https://doi.org/10.3141/2274-11>

Cats, O. (2013). A Field Experiment for Improving Bus Service Regularity (RETT3 final report). Geraadpleegd van

[https://www.researchgate.net/publication/262726593\\_A\\_Field\\_Experiment\\_for\\_Improving\\_Bus\\_Service\\_Regularity\\_RETT3\\_final\\_report](https://www.researchgate.net/publication/262726593_A_Field_Experiment_for_Improving_Bus_Service_Regularity_RETT3_final_report)

Cats, O., Nabavi, A., Burghout, W., Ólafsdóttir, A., Andreasson, I., & Koutsopoulos, H. (2013). Bus Holding Control Strategies: A Simulation-Based Evaluation 2 and Guidelines for Implementation. Geraadpleegd van

<https://pdfs.semanticscholar.org/d90f/6a3d99f86915a016a338f1d2dc4c5aa5d011.pdf>

Cats, O. (2014). Regularity-driven bus operation: Principles, implementation and business models. *Transport Policy*, 36, 223–230.

<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.09.002>

Cats, O. (2016). A Brief Summary of Real-time Bus Regularity Control. Geraadpleegd van

<https://odedcats weblog.tudelft.nl/files/2016/08/Real-time-control-weblog-summary.pdf>

Ceder, A. (2007). *Public Transit Planning and Operation*. Oxford, United Kingdom: Elsevier.

Chen, Q., Adida, E., & Lin, J. (2012). Implementation of an iterative headway-based bus holding strategy with real-time information. *Public Transport*, 4(3), 165–186. <https://doi.org/10.1007/s12469-012-0057-1>

Daganzo, C. (2009). A headway-based approach to eliminate bus bunching: Systematic analysis and comparisons. Geraadpleegd van <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0191261509000484>

Gardner, K., D'Souza, C., Hounsell, N., Shresta, B., & Bretherton, D. (2009). Interaction of buses and signals at road crossings.

Geraadpleegd van <http://content.tfl.gov.uk/interaction-of-buses-and-signals-at-road-crossings.pdf>

Gayah, V. (2018, 6 juli). Maths explains why three buses always come along at once. So could maths fix the problem? | CityMetric.

Geraadpleegd op 8 februari 2019, van

<https://www.citymetric.com/transport/maths-explains-why-three-buses-always-comealong-once-so-could-maths-fix-problem-4041>

GVB. (z.d.). Waarom rijdt de bus of de tram mijn halte voorbij? | GVB. Geraadpleegd op 6 mei 2019, van

<https://www.gvb.nl/klantenservice/veelgestelde-vragen/waarom-rijdt-de-bus-de-tram-mijn-halte-voorbij>

Guarda, P., Galilea, P., Paget-Seekins, L., & Ortúzar, J. de D. (2016). What is behind fare evasion in urban bus systems? An econometric approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 84, 55–71. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.10.008>

Henderson, G. (1991). Regularity Indices for Evaluating Transit Performance. Geraadpleegd van <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1991/1297/1297-001.pdf>

Hlotova, Y., Cats, O., & Meijer, S. (2014). Measuring Bus Drivers' Occupational Stress under Changing Working Conditions. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2415(1), 13–20. <https://doi.org/10.3141/2415-02>

Ingvardson, J., & Jensen, J. (2012). Implementation of Bus Rapid Transit in Copenhagen Based on International Experiences. Trafikdage. Geraadpleegd van [http://www.trafikdage.dk/papers\\_2012/104\\_JesperIngvardson.pdf](http://www.trafikdage.dk/papers_2012/104_JesperIngvardson.pdf)

Jaffe, E. (2012, 12 maart). How to Keep Buses From Bunching. Geraadpleegd op 8 februari 2019, van <https://www.citylab.com/transportation/2012/03/how-keep-busesbunching/1457/>

Kearney, T. (2015, 6 mei). #NoBonus: Are TfL's Bus Excess Waiting Time (EWT) Targets 'Perfectly-Aligned' to Kill and Injure? Geraadpleegd op 16 april 2019, van <http://saferoxfordstreet.blogspot.com/2015/05/nobonus-are-tfls-bus-excess-waiting.html>

Koppiseti, M., Kavitha, V., & Ayesta, U. (2018). Bus schedule for optimal bus bunching and waiting times. Geraadpleegd van <https://ieeexplore.ieee.org/document/8328282/>

Lizana, P., Munoz, J. C., Giesen, R., & Delgado, F. (2014). Bus Control Strategy Application: Case Study of Santiago Transit System. Geraadpleegd van <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050914006401>

Ma, Z., Ferreira, L., & Mesbah, M. (2013). A Framework for the Development of Bus Service Reliability Measures. Geraadpleegd van [https://atrf.info/papers/2013/2013\\_ma\\_ferreira\\_mesbah.pdf](https://atrf.info/papers/2013/2013_ma_ferreira_mesbah.pdf)

Moreira-Matias, L., Ferreira, C., Gama, J., Mendes-Moreira, J., & Freire de Sousa, J. (2013). Bus Bunching Detection: A Sequence Mining Approach. Geraadpleegd van <http://ceur-ws.org/Vol-960/paper3.pdf>

Munoz, J. C. (2015). New trends and opportunities for BRT. Geraadpleegd van [http://www.k2centrum.se/sites/default/files/fields/field\\_uppladdad\\_rapport/juancarlosmunoz.pdf](http://www.k2centrum.se/sites/default/files/fields/field_uppladdad_rapport/juancarlosmunoz.pdf)

Nederlandse Spoorwegen. (2015, 20 januari). Toelichting overslaan stations. Geraadpleegd op 6 mei 2019, van <https://nieuws.ns.nl/toelichting-overslaan-stations/>

Nourish, B. (2012, 24 oktober). Making Better West Seattle Connections. Geraadpleegd 1 mei 2019, van <https://seattletransitblog.com/2012/10/24/making-better-west-seattle-connections/>

Osuna, E., & Newell, G. (1972). Control Strategies for an Idealized Public Transportation System. Geraadpleegd van <https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/trsc.6.1.52>

Parast, A. (2009). Classification of Transfers by Headway Length. Geraadpleegd op 1 mei 2019, van <https://seattletransitblog.com/2009/04/28/classification-of-transfers-by-headway-length/>

Parast, A. (2012, 20 november). Transit Information Systems: Schedules and Headways. Geraadpleegd 1 mei 2019, van <https://seattletransitblog.com/2012/11/15/transit-information-systems-schedules/>

Ronghui, L., & Shalini, S. (2007). Modelling Urban Bus Service and Passenger Reliability. The Third International Symposium on Transportation Network Reliability. Geraadpleegd van <http://eprints.whiterose.ac.uk/3686/>

Simeunovic, M. (2012). Influence of vehicle headway irregularity in public transport on in-vehicle passenger comfort. Scientific Research and Essays, 7(33). Geraadpleegd van [https://academicjournals.org/article/article1380885956\\_Simeunovic%20et%20al.pdf](https://academicjournals.org/article/article1380885956_Simeunovic%20et%20al.pdf)

Stadsregio Amsterdam. (2016a, 9 juni). Definitief Programma van Eisen Concessie Amstelland-Meerlanden 2018. Geraadpleegd op 23 januari 2019, van <https://vervoerregio.nl/artikel/20160621-definitief-programma-van-eisen-concessieamstellandm>

Stadsregio Amsterdam. (2019b, 9 juni). Boetebeleid. Geraadpleegd van <https://vervoerregio.nl/artikel/20180125-boetebeleid-vervoerregio>

Takagi, R. (2010). Operating a Bus Rapid Transit System. Geraadpleegd van <https://www.apta.com/resources/standards/Documents/APTA-BTS-BRT-RP-007-10.pdf>

Transport for London. (2011, september). Developing a reliability metric for LU customers. Geraadpleegd op 12 februari 2019, van <http://content.tfl.gov.uk/LU-metric-report.pdf>

Transport for London. (2015). London's Bus Contracting and Tendering Process. Geraadpleegd van <http://content.tfl.gov.uk/uploads/forms/lbsl-tendering-and-contracting.pdf>

Transport for London. (z.d.). Bus routes & borough reports - Transport for London. Geraadpleegd op 14 maart 2019, van <https://tfl.gov.uk/forms/14144.aspx>

Transit Center. (2016, 30 november). To Improve Transit, Be Smart About Delays. Geraadpleegd op 14 maart 2019, van <http://transitcenter.org/2016/05/17/improve-transit-smart-delays/>

Trapeze. (2018, 3 oktober). How to Calculate Excess Waiting Time Infographic. Geraadpleegd op 12 februari 2019, van <https://www.trapezegroup.com.au/resources/infographic-how-to-calculate-excess-waiting-time>

Trompet, M. (2010). The Development of a Performance Indicator to Compare Regularity of Service. Geraadpleegd van <https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/research-centres-and-groups/centre-for-transport-studies/seminars/2010/The-Development-of-a-Performance-Indicator-to-Compare-Regularity-of-Service-between-Urban-Bus-Operators.pdf>

Van der Blij, F., & Muller, R. (2007). Model Informatieprofiel Openbaar Vervoer (MIPOV) 2008. Geraadpleegd van <https://www.crow.nl/downloads/documents/kpov-publicaties/model-informatieprofiel-openbaar-vervoer-mipov-200>

Van der Blij, F. (2017). Les 3 Ontsluiting van een woonwijk De opbouw van de dienstregeling. Geraadpleegd van ELO Windesheim Flevoland (inloggen vereist)

Walker, J. (2010 oktober). Beyond "On-Time Performance". Geraadpleegd 17 mei 2019, van <https://humantransit.org/2010/10/beyond-on-time-performance.html>

Van der Werff, E. (2017). Assessing holding control strategies for high-frequency bus lines. Geraadpleegd van <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:d5d3d495439c-49b1-bd57-f45c46041d12/datastream/OBJ/download>

van Hagen, M. (2014, December). De klantwenspiramide; het instrument om klantgericht te werken. Retrieved March 20, 2019, from [https://www.crow.nl/mobiliteit-en-gedrag/weblog/december-2014-\(1\)/de-klantwenspiramide;-het-instrument-om-klantgeric](https://www.crow.nl/mobiliteit-en-gedrag/weblog/december-2014-(1)/de-klantwenspiramide;-het-instrument-om-klantgeric)

Van Oort, N. (2005). RandstadRail: Kwaliteitssprong in operationele kwaliteit door exploitatiebeheersing. Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk. Geraadpleegd van [https://www.cvs-congres.nl/cvspdfdocs/cvs05\\_08.pdf](https://www.cvs-congres.nl/cvspdfdocs/cvs05_08.pdf)

Van Oort, N., & Van Nes, R. (2008). Betrouwbaar OV door integrale beheersing. Geraadpleegd van [https://www.cvs-congres.nl/cvspdfdocs/cvs08\\_42.pdf](https://www.cvs-congres.nl/cvspdfdocs/cvs08_42.pdf)

Van Oort, N. (2014). Incorporating service reliability in public transport design and performance requirements: International survey results and recommendations. Geraadpleegd van <http://nielsvanoort.weblog.tudelft.nl/files/2014/11/Oort-Research-Transportation-Economics-2014.pdf>

Vervoerregio Amsterdam. (2017). Beleidskader Mobiliteit. Geraadpleegd van <https://vervoerregio.nl/document/ef9122eb-877f-4d68-b1d0-2a8e8fa8ad2e>

Vogel, A. (2018, 5 september). Can Artificial Intelligence Prevent Bus Bunching? - Optibus. Geraadpleegd op 8 februari 2019, van <https://www.optibus.com/can-artificialintelligence-prevent-bus-bunching/?cn-reloaded=1>

Vuchic, V. R. (2005). Urban Transit: Operations, Planning and Economics. John Wiley & Sons.

Warffemius, P. (2015). Effecten van verandering in reistijd en daaraan gerelateerde kwaliteitsaspecten in het openbaar vervoer. Geraadpleegd van <https://www.kimnet.nl/publicaties/rapporten/2015/11/5/effecten-van-verandering-in-reistijd-en-daaraan-gerelateerde-kwaliteitsaspecten-in-het-openbaar-vervoer>

West, J. (2011). The impact of boarding procedure on bus regularity and performance. Geraadpleegd van [http://www.k2centrum.se/sites/default/files/fields/field\\_uppladdad\\_rapport/pris\\_2010-2011\\_jens\\_west.pdf](http://www.k2centrum.se/sites/default/files/fields/field_uppladdad_rapport/pris_2010-2011_jens_west.pdf)

# Bijlagen

---

- A. Interviewverslagen
- B. Overzicht resultaten dataonderzoek
- C. Verantwoording dataonderzoek
- D. Verslag expertsessie



# Bijlage A:

## Interviewverslagen

### Interviewverslag Ellen van der Werff

Adviseur Openbaar Vervoer bij Goudappel Coffeng

*7 maart 2019, Den Haag*

#### Onderwerp 'regelmaatsturing' als afstudeeronderzoek

Ellen is op dit onderwerp gekomen door te praten met een aantal docenten over een onderwerp wat met openbaar vervoer te maken heeft. Zij hebben meestal een lijstje met onderwerpen die nu actueel zijn. Hieruit is het onderwerp regelmaatsturing gekomen. Twee docenten die hier ook veel van weten zijn Niels van Oort en Oded Cats.

#### Welke manieren van regelmaatsturing zijn er?

De meest voor de hand liggende zijn de 'holding strategies'. Ellen haar onderzoek is hier ook vooral op gericht. Holding strategies houden in dat voertuigen op haltes moeten wachten of langzamer moeten rijden, om op die manier de volgtijd met de voor en achterliggende bus zo gelijk mogelijk te houden. Dit heeft als nadeel dat je voertuigen die 'op tijd' zijn, moet ophouden omdat de volgtijd met de voorgaande bus te kort is, waardoor de tijd in het voertuig voor reizigers toeneemt.

Naast het wachten of langzamer rijden, valt te denken aan versnellen door middel van beïnvloeding van en prioritering bij VRI's en iets sneller rijden dan gebruikelijk indien mogelijk. Versnellen is

in de praktijk echter vaak beperkt mogelijk en daarom is het ophouden van bussen vooral de manier om regelmaat te beheersen. Daarnaast is het ook mogelijk om bijvoorbeeld haltes over te slaan of eerder om te keren, maar dit heeft negatieve effecten op reizigers. Dit zijn andere manieren van bijsturen dan het vertragen/versnellen. Advies om te kijken naar alle verschillende control strategies, schema hiervan staat in het rapport van Ellen.

#### Meetmethoden regelmaat

Ellen heeft onder andere de Coefficient of Variation (CoV) gebruikt om de regelmaat te bepalen. De CoV is goed in het aangeven van de spreiding van volgtijden en is daarom gekozen. Nadeel is wel dat de CoV lastig te communiceren is omdat het niet direct duidelijk is wat het inhoudt. De meetmethode die de Vervoerregio gebruikt is niet per se streng, maar de waarden die zijn gesteld (+ of - 1 minuut) lijken dat wel. Misschien als op regelmaat wordt gestuurd dat deze normen wel haalbaar zijn. Een voordeel is wel dat het resultaat (een percentage) is wel veel beter te communiceren, punctualiteit wordt ook op die manier gecommuniceerd. Excess Waiting Time zoals ze in Londen gebruiken is een goede methode omdat die echt kijkt naar hoe reizigers het ervaren, waar CoV alleen kijkt naar de prestatie van voertuigen. EWT is wel weer lastiger te communiceren.

#### De strategieën zijn vooral gebaseerd op vertragen, dus extra rijtijd?

Ja dat klopt, maar daar staat voor reizigers die onderweg opstappen wel tegenover dat bussen regelmatiger vertrekken en de wachttijd op de halte daardoor afneemt. Je moet natuurlijk wel de afweging maken of de winst in wachttijd opweegt tegen de extra rijtijd.

Er zijn daarnaast verschillende strategieën om bussen op te houden. Het maakt bijvoorbeeld een groot verschil of je op een paar haltes maximaal 1 minuut wacht of op alle haltes onbepaald mag ophouden. Ellen geeft aan dat het effect van regelmaatsturing op de algemene betrouwbaarheid van een lijn sterk afhankelijk is van de lijnkenmerken. Als een lijn punctueel kan rijden draagt regelmaatsturing niet meer bij aan de betrouwbaarheid van die lijn. In het afstudeerwerk van Ellen heeft zij hieronderstaand figuur voor opgenomen, wanneer het wenselijk is om op regelmaat te sturen en wanneer punctualiteitssturing logischer zou zijn.

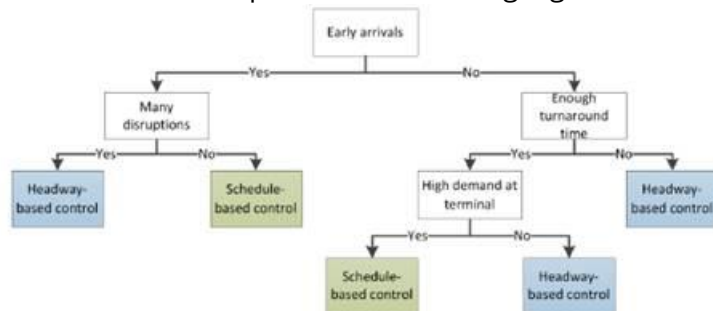


Figure 7.2 Indication of favourable holding strategies

### Effecten van regelmaatsturing

Het belangrijkste effect van regelmaatsturing is dat de wachttijd op haltes betrouwbaarder wordt en dus gemiddeld afneemt. Het bijkomende nadeel hiervan is dat de rijtijd wat langer wordt door het ophouden van bussen voor de beheersing van de regelmaat. Als veel reizigers de hele lijn afreizen, is regelmatig de bus ophouden voor regelmaat nadelig voor al die reizigers in de bus. Anderzijds als reizigers steeds kleinere stukken met de bus reizen dan kan regelmaatsturing wel een oplossing zijn, omdat de wachttijd voor alle reizigers die onderweg opstappen

betrouwbaarder wordt. Om hierachter te komen kan je kijken naar de herkomst en bestemmingen van reizigers op de lijn, als hier data over beschikbaar is.

Daarnaast heeft regelmaat ook te maken met de bezetting van de bus. Door bus bunching en onregelmaat zijn sommige bussen drukker dan anderen en is het comfort dus minder. Reistijd in een drukke bus (moeten staan) wordt langer ervaren dan in een rustige bus. Daarnaast weegt ook wachttijd zwaarder mee in de totale reistijd dan de daadwerkelijke tijd in de bus. Het kan dus zijn dat de reistijd iets toeneemt, maar omdat deze beter wordt ervaren en de wachttijd hierdoor korter is, de reis als totaal beter wordt ervaren door reizigers. In zo een geval zou regelmaatsturing voordelig zijn.

Andere effecten en problemen die zich voordoen zijn de planning van chauffeurs en voertuigen die anders wordt. Ritten kunnen door regelmaatsturing langer duren en hebben geen vaste begin en eindtijd meer. Zeker bij diensten waar chauffeurs van lijnen wisselen kan dit voor problemen zorgen. Reisinformatie is een ander punt wat gaat veranderen bij regelmaatsturing. Al verwacht Ellen verwacht dat reizigers accepteren dat er gestuurd wordt op regelmaat en dat daarom de informatie anders wordt gepresenteerd (elke 5 minuten, ipv om 7:00 – 7:05 – 7:10 etc). De technische mogelijkheden en beperkingen kunnen wel voor problemen zorgen, bijvoorbeeld omdat wel altijd actuele informatie beschikbaar moet zijn. Een idee is bijvoorbeeld een reisplanner voor direct vertrekken (op basis van realtime data) en een reisplanner voor in de toekomst (op basis van een dienstregeling).

### **Waarom wordt regelmaatsturing niet toegepast in Nederland?**

Het is een kip-ei verhaal; wie begint met regelmaatsturing, de overheid met het eisen van regelmaatsturing, zonder te weten wat de effecten zijn, of de vervoerder die op regelmaat gaat sturen, terwijl hij nog op punctualiteit wordt afgerekend. Daarnaast is het niet altijd beter om op regelmaat te sturen, bijvoorbeeld omdat de extra in-voertuigtijd niet opweegt tegen de kortere wachttijd.

Ellen is het niet eens met het idee dat regelmaatsturing 'pleisterwerk' is voor een slechte dienstregeling. Er zijn een aantal situaties, zoals Amsterdam Centrum, waar er zoveel verstoringen en onzekerheden zijn dat het onmogelijk is om hier een perfecte dienstregeling voor te maken. Extreem lange rijtijden is ook niet de oplossing. Maar regelmaatsturing moet je ook niet zomaar toepassen, het is echt per lijn afhankelijk of het een meerwaarde heeft of niet. Ook punctualiteitsturing heeft beperkingen, net zoals sturing op regelmaat dus heeft. Het is een afweging welke je dan moet toepassen.

### **Interviewverslag Jon van der Ploeg**

Concessiebeheerder Amsterdam bij Vervoerregio Amsterdam

*11 april 2019, Amsterdam*

#### **Wat vind je van regelmaatsturing?**

Doen! Maar het ligt wel aan de frequentie van een lijn of je het moet willen toepassen. Bij 8x/u of vaker lijkt het mij zeker een voordeel. Aan de andere kant moet je wel voorkomen dat het openbaar vervoer trager wordt. Wel is het belangrijk dat regelmaatsturing nooit een doel op zich moet zijn.

Daarnaast moet je als vervoerder of vervoerregio goed bekijken waar je regelmaatsturing wil toepassen. Zo is het bijvoorbeeld interessant om regelmaatsturing toe te passen op corridors met meerdere lijnen, maar op die uitlopers van de lijnen is het eigenlijk wenselijker om juist op een vaste tijd te rijden. Denk hierbij ook aan de avonden als lijnen minder frequent rijden. Dan is het niet wenselijk dat een bus 'iedere 30 minuten' komt, maar om precies vijf over heel en vijf over half bijvoorbeeld.

In reisinformatie zou bij regelmaatsturing moeten staan dat je bijvoorbeeld aankomt in een tijdblok van 5 minuten in plaats van op de minuut nauwkeurig. Volgens Jon doet Google Maps in Berlijn dit al.

#### **Toepassing van regelmaatsturing in Amsterdam**

Jon denkt dat regelmaatsturing het makkelijkste toe te passen is op de metro, gevolgd door de tram en als laatste de bus. Dit heeft vooral te maken met de vrije infrastructuur volgens Jon, bussen in Amsterdam hebben in veel gevallen niet de mogelijkheid om langer

op een halte te wachten dan noodzakelijk omdat zij anders het overige verkeer hinderen. Bij trams is het afwachten van tijd ook lastig op plaatsen waar meerdere lijnen rijden. Inhalen is onmogelijk en je wil voorkomen dat trams elkaar nog meer vertragen.

In Amsterdam wordt regelmaatsturing op het moment nog niet toegepast, maar het is wel de bedoeling dat dit op de Noord/Zuidlijn uiteindelijk wel wordt gedaan. Deze lijn heeft als geheel binnenkort een volgtijd van 5 minuten en dan is het sturen op regelmaat belangrijker dan punctualiteit. Daarnaast is het ook het makkelijkste op de Noord/Zuidlijn, omdat deze lijn los van de andere lijnen rijdt en geen invloeden van buitenaf heeft. Daarnaast heeft de Noord/Zuidlijn, net als de Oostlijn, het safe haven principe waardoor voertuigen nooit kunnen 'bunchen'. Daarbij komt dat de Noord/Zuidlijn een hoge punctualiteit heeft en daarmee ook vanzelf al een hoge regelmaat. In dat geval is het sturen op regelmaat niet altijd beter.

### **Sturingsopties**

Een vraag die je aan jezelf moet stellen is op welke manier je wil bijsturen. Vertragen is een optie maar zorgt voor iets langere reistijd. Bijsturen met behulp van slimme VRI's is dan een stuk mooier. Bij vertraging krijg je bijvoorbeeld meer prioriteit dan als de bus juist te vroeg rijdt. Hiervoor zou je zelfs huidige systemen zoals KAR kunnen gebruiken. Helaas staat Amsterdam vol met verkeerslichten met VETAG, wat dit niet zou kunnen. Natuurlijk kan de nieuwe iVRI hier wel weer bij helpen.

Ritten uit laten vallen om tot een betere regelmaat te komen kan wat Jon betreft wel, maar wel zo min mogelijk. Als bijvoorbeeld twee bussen samenklonteren is het slimmer om de bus erachter vanaf

dat moment op te heffen en bijvoorbeeld door te laten rijden naar het eindpunt, zodat deze weer op tijd kan beginnen aan de volgende rit.

### **Concessiebeheer**

Vanuit concessiebeheer zou je betrouwbaarheid dan niet meer moeten meten als punctualiteit, maar eerder op regelmaat en de vervoerplicht. Vervoerders moeten geprikkeld worden om met gelijke intervallen te rijden in plaats van punctualiteit. Verder heeft het sturen op regelmaat niet direct effect op het concessiebeheer.

## **Interviewverslag Marc Drost**

Senior beleidsadviseur Openbaar Vervoer bij Vervoerregio Amsterdam

*14 maart 2019, Amsterdam*

Het sturen op regelmaat klinkt goed, zeker op hoogfrequente lijnen volgens Marc, maar het is wel belangrijk om het niet zomaar in te voeren omdat we zo graag op regelmaat willen rijden. Het toepassen van regelmaatsturing moet daadwerkelijk bijdragen aan een hogere betrouwbaarheid, of minder verliesuren voor reizigers.

### **Metten van betrouwbaarheid**

Marc heeft eerder bij HTM gewerkt waar hij samen met Niels van Oort een poging heeft gedaan om de reizigersvertraging te meten in plaats van de punctualiteit en de uitval. Hierin werd op basis van de gemiddelde reizigersaantallen en de gerealiseerde aankomst en vertrektijden bepaald hoeveel uren vertraging reizigers in totaal opliepen. Dit is een eerlijkere manier van meten dan alleen te kijken naar hoeveel ritten te laat zijn en zijn uitgevallen. Deze huidige meetmethoden hebben bijvoorbeeld perverse prikkels, door 1 keer een rit op een lange lijn uit te laten vallen in plaats van 3 ritten op een korte lijn. Het meten van punctualiteit is daarnaast heel erg systeemdenken, waar reizigers niet altijd baat bij hebben. De Metropoolregio Rotterdam Den Haag stond destijds echter niet open om de vervoerder af te rekenen op reizigersvertraging, omdat niet duidelijk was welke reizigersvertraging als goed en welke hoeveelheid vertraging als slecht te beschouwen is.

### **Gevolgen van regelmaatsturing**

Het sturen op regelmaat heeft als gevolg dat de planning van voertuigen en personeel veranderd. Vooral wanneer het sturen op regelmaat bij verstoringen wordt toegepast komen de omlopen en volgordes van voertuigen overhoop en kost dit veel moeite en tijd om dit weer op orde te brengen. Hierdoor lijkt het sturen op regelmaat op dat moment efficiënt, totdat 's avonds de hele remise in de verkeerde volgorde staat als gevolg van het sturen op regelmaat. Het is dus belangrijk om de volgorde van voertuigen goed te houden en te zorgen dat alle voertuigen bijvoorbeeld evenveel kilometers kunnen maken in verband met onderhoud.

### **Waarom wordt het sturen op regelmaat nu nog niet toegepast?**

Niets is perfect, zo ook het sturen op regelmaat niet. Vervoerders en overheden zien het sturen als regelmaat als een onbekend iets wat alleen maar voor problemen zorgt, bijvoorbeeld in het plannen van materieel en personeel. Door dit idee zitten vervoerders niet te wachten om het sturen op regelmaat toe te passen.

Marc geeft aan dat het systeem nu naar omstandigheden werkt. Vervoerders zijn daarom bang om aan iets nieuws te beginnen, zonder de zekerheid dat het sturen op regelmaat goed gaat en daadwerkelijk tot verbeteringen kan leiden. Ook de roostering van personeel en materieel is een probleem wat eerst een oplossing vereist voor regelmaatsturing een feit kan zijn.

## Interview Oded Cats

Associate professor Transport Planning at TU Delft

*April 17, 2019, Amsterdam*

Oded Cats has conducted several research projects on headway regularity in public transportation, both at TU Delft and KTH university in Stockholm. During his research Oded led a experiment in Stockholm with headway regularity operations.

### **Can you tell more about the research and experiment you did in Stockholm?**

The pilot project in Stockholm was aimed at testing the headway control mechanisms and to see if it would create more even headways. On a high frequency busline, priority at junctions, headway regularity control and a different boarding-regime were tested to see which impact this has on traveltime, reliability and comfort.

Oded did not find any evidence of a 'domino-effect' in neither simulation nor the real world of busses holding and delaying each other continuously. So the fear of some that the timetable would slide and trip times would become longer because of headway control doesn't seem to come true. In fact, because of headway control instead of a timetable, the total traveltime from the startpoint to endpoint of a line became some minutes shorter during the experiment in Stockholm. This is because busses now no longer have to wait if they are ahead of schedule. The regularity now adapts to the current traffic situation, something a normal timetable can't.

Because of the shorter circulation time, less busses are needed to run the same frequency. This results in a substantial saving on the operational costs. Because of the advantages for both the operator and the user of the busses, the regularity control has been implemented as part of the regular service on the high frequency and high demand routes.

### **Would it be possible to completely abandon the schedule?**

For passengers: yes. You don't have to communicate exact departure times at stops, when following a headway regularity operation. In that case you should communicate to travelers that there will be a bus every 5-7 minutes. At the stop itself it is of course still possible to use the dynamic countdown display, which uses realtime information. Only between 7:00 and 19:00 headway control is being applied, outside this timeframe the frequency would be too low. During evenings this means that busses just run according to a timetable.

From the operator point of view, there has to be some sort of schedule, but only for vehicles and most importantly drivers. Drivers have to know when and where they have to drive a bus, so a schedule is necessary. But it requires more flexible driver shifts. Instead of having exact times that a driver should depart on that line for that day, a shift would contain an estimated start and end time and a number of times the driver should run back and forth on that line. This does require them to drive on headway based lines only that shift.

Before the experiment started there was a lot of protest from the drivers(union) against the new way of scheduling. They feared that they would have to work longer and miss breaks. Practice now

learns us that driver shifts have become more reliable and drivers sometimes finish their shift some minutes earlier, or just some minutes later; something that happens as well with a timetabled operation. Another nice note to make is that stress levels of drivers went down a bit, because they don't have to be 'on time' anymore. The solidarity between drivers grew since maintaining a good headway requires more teamwork than just making sure your bus runs on time.

### **Why are regularity control operations not being applied more widespread considering the advantages?**

Of course regularity control has disadvantages as well. One of the problems we are facing now (and researching) is how to sort with transfers. Especially transfers from a headway driven line to for example a train that leaves at an exact moment are a problem. This might imply that travelers have to take a bus earlier to be sure to be on time at the interchange station. Another issue we are looking at is how to handle a bundle of lines that are headway controlled: should you control them apart, or should the shared part have even headways?

The main reason why it is not being applied however is conservatism from both operators and governments. Both would say that the current system works rather well and implementing a new way of working, that regularity control is, would cost a lot of effort and there is no certainty that the service would perform better. The other aspect that withholds them from going for regularity is the contract between the government and the operator. In these contracts it is often said how the operator should perform on punctuality. The operator would never switch to regularity control, if they would be fined based on their punctuality.

And on the other side, as long as the operator keeps operating based on a timetable, the government sees no reason to adjust this to headway based operations.

Another cause for regularity not being implemented from a government point of view, is that the subject of regularity control is not very 'sexy', like a new busway or tramline would be. This, together with the idea of risking to reduce the quality of a service makes that governors are hesitant to introduce regularity control. Another reason that headway regularity control is not being applied often is that it requires new algorithms to be developed or new software inside the busses. For operators this can be a costly investment and a reason to refrain from doing so.

### **Would it be possible to achieve similar results here?**

Oded thinks that the results achieved in Stockholm should be able to be achieved here in the Netherlands as well. In Washington DC where a similar research was conducted, similar results were achieved. An important requirement for applying regularity control is that bus lines are high frequency (more than 5x/h) and there is a high demand.

The question where headway control operations would be the most effective, Oded said that this is hard to answer. For example lines with its own busways, it can be said that it would be easier to make adjustments and implement control measures. On the other hand would the regularity on these lines already be better compared to lines that run through a crowded city, meaning that there is less to win on bus lines that have their own infrastructure. In any case it might be useful to implement headway regularity control, providing that there is a high enough frequency. When doing a pilot with this,

it is important to relieve the contractual possibility of a fine. That way, the operator wouldn't have no fear for a penalty and is thus able to fully focus on executing the pilot as good as possible.

## **Interviewverslag Rick Broeren**

Beleidsmedewerker openbaar vervoer bij Provincie Utrecht

*12 maart 2019, Utrecht*

Provincie Utrecht heeft aan Vervoerregio om ervaringen met regelmaatbeheersing gevraagd omdat zij zelf ook bezig zijn met het opzetten van een proef op een lijn naar De Uithof. Omdat binnen de Vervoerregio nog weinig kennis hierover beschikbaar is, is dit gesprek tussen Rick Broeren en mij als stagiair tot stand gekomen om vooral kennis uit te wisselen over het onderwerp en van elkaar te leren.

### **Waarom doet Provincie Utrecht onderzoek naar regelmaatsturing?**

Het sturen op regelmaat lijkt bijna iets te zijn wat nu 'in de mode is'. Op die manier is het vorig jaar opgepikt en opgenomen in de provinciale plannen om hier onderzoek naar te doen. Daarnaast is op de onderzochte lijn 28 ook wel een duidelijke noodzaak voor een betere sturing op regelmaat. Bussen klonteren nu regelmatig samen en rijden als treintjes door de stad, met een slechte spreiding van reizigers over de bussen als gevolg. Om te onderzoeken of het daadwerkelijk zin heeft om regelmaatsturing toe te passen doet Goudappel Coffeng in opdracht van de provincie onderzoek naar regelmaatsturing.

### **Waar staan jullie nu?**

Vorige week heeft Goudappel de conceptrapportage aan ons gestuurd. Hierin wordt duidelijk dat het sturen op regelmaat zeker voordelig is voor het regelmatig rijden, maar dat de totale rijtijd wel iets toeneemt. Een aantal verschillende strategieën zijn hierin getoetst en vergeleken met elkaar. Uiteindelijk is wel de vraag of regelmaatsturing wenselijk is, omdat de meeste reizigers op deze lijn vanaf Utrecht CS naar de Uithof reizen. Een iets betere regelmaat op tussengelegen haltes ten koste van een iets langere rijtijd heeft dan vooral nadelige effecten. Goudappel geeft aan dat we vooral moeten kijken naar de gegeneraliseerde reistijd (reistijd zoals reizigers dat beleven) in plaats van de feitelijke reistijd in minuten.

Qbuzz heeft aangegeven open te staan voor een proef, zolang dit niet inhoudt dat meer bussen nodig zijn. Daarnaast is het de vraag wie de kosten gaat dragen van het opzetten van een systeem om op regelmaat te sturen. In de week van 19 maart nemen we een go/no-go besluit of we daadwerkelijk een proef gaan uitvoeren met regelmaatsturing op een van de lijnen.



## Interviewverslag Wouter Bakker

Innovatiemanager bij Connexxion Amstelland-Meerlanden

*22 maart 2019, Amstelveen*

### **Wat verstaat Connexxion onder regelmaatbeheersing?**

Wouter spreekt liever van intervalbeheersing, omdat het gaat om het sturen op gelijke intervallen in plaats van een regelmaat wat een vaag begrip is. Het gaat uiteindelijk erom dat je zorgt dat je met gelijke intervallen rijdt en reizigers kunnen vertrouwen op “iedere 6 minuten een bus”.

Onder regelmaatsturing ligt altijd een dienstregeling als basis. Ook bij regelmaatsturing is een goede en uitvoerbare dienstregeling een vereiste. Je moet bijvoorbeeld weten met welke frequentie je rijdt, waarheen en hoe lang je tussen verschillende haltes onderweg bent. Daarnaast is een onderliggende personeel- en materieelplanning noodzakelijk. Er is dus altijd iets van een planning en/of dienstregeling aanwezig. Desondanks wil Connexxion wel echt sturen op regelmaat: gelijke intervallen tussen de bussen. Je wil tegen een reiziger kunnen zeggen dat iedere 8 tot 10 minuten een bus rijdt.

### **Waar lopen jullie nu tegenaan?**

Punten waar we tegenaan lopen om regelmaatsturing in de praktijk toe te passen zijn roosters, het communiceren naar reizigers maar vooral de software. Software om automatisch op regelmaat te sturen bestaat wel, maar is nog niet volledig compatibel met de boordcomputers die op de huidige bussen zitten en kost een hoop geld. Een ander aandachtspunt is regelmaatsturing met de inzet van Zero Emissie bussen, die een andere planning hebben.

Transdev heeft een onderneming in Santiago, Chili waar op regelmaat wordt gestuurd. Hier is het bijvoorbeeld mogelijk om flexibel met de roosters van chauffeurs om te gaan en daardoor is het makkelijker om regelmaatsturing toe te passen. In Nederland is dit lastiger vanwege veel wetgeving rondom rij- en arbeidstijden. Dit maakt volledige regelmaatsturing in Nederland dan ook lastig. Volledig op regelmaat sturen vereist namelijk een flexibel rooster waarin geen vaste begin en eindtijden zijn opgenomen.

### **Regelmaatsturing op dit moment**

Op dit moment stuurt Connexxion handmatig op regelmaat via de verkeersleiding (ROV). Dit houdt in dat de verkeersleiding chauffeurs oproept wanneer zij te ver achter of voorlopen op de gewenste regelmaat. Dan wordt aan de chauffeur gevraagd om te versnellen of te vertragen om zo weer iets beter volgens regelmaat te rijden. Het vertragen bestaat vooral uit het wachten op haltes. Het versnellen is een stuk lastiger en passen we toe door soms haltes over te slaan.

Het overslaan van haltes is niet gemakkelijk. Het ROV vraagt daarom aan de chauffeur om de halte over te slaan als dit mogelijk is. Voor chauffeurs was en is het wennen om haltes over te slaan. Hun natuur is om alle reizigers mee te nemen en nooit een reiziger in de kou te laten staan. Sommige chauffeurs negeren daarom ook de instructies van het ROV, zij zijn bijvoorbeeld bang dat reizigers op haltes die ze overslaan een volgende keer boos kunnen reageren. We slaan alleen haltes over als geen reizigers willen uitstappen op die halte, anders zou je reizigers bij wijze van spreken ‘ontvoeren’.

Ook voor reizigers is het voorbijrijden van een halte voor een betere regelmaat lastig te begrijpen. Het is daarom van belang om duidelijk aan reizigers te maken waarom we dit doen en dat de volgende bus (in de meeste gevallen) snel daarna komt. Het voorbijrijden omdat de bus vol is zullen reizigers nog wel begrijpen en accepteren; het is dan duidelijk dat zij niet meer mee kunnen. Het voorbijrijden van een bus waar nog plek is maakt het lastiger, voor die individuele reiziger is het nadelig en wekt dit irritatie op. Connexxion ontvangt niet verrassend de nodige klachten over het voorbij rijden van haltes op lijn 300. Deze klachten beantwoordt Connexxion met de mededeling dat de chauffeur wordt aangesproken op het haltes overslaan, zelfs al moest dat van de verkeersleiding.

Als je het op een ladder weer zou geven staat Connexxion met deze proef pas echt op een eerste stap. Het is een voorzichtig begin van regelmaatsturing, maar nog genoeg stappen moeten we zetten. Het is eerst eens belangrijk om met z'n allen dezelfde taal te spreken als het gaat om regelmaatbeheersing.

### **Communicatie**

Het is heel belangrijk om aan reizigers en chauffeurs duidelijk te maken wat we doen met regelmaatsturing, waarom we dat doen en wat het sturen op regelmaat voor hen kan betekenen. Alleen op die manier kunnen we draagvlak krijgen en is het mogelijk om zonder al te grote problemen soms een halte over te slaan of reizigers onderweg te vertragen. Voordat we dus een proef beginnen moeten we eerst zorgen dat reizigers en chauffeurs snappen wat we gaan doen en waarom.

### **Contract met Vervoerregio**

Wouter geeft aan dat het goed is dat de Vervoerregio Connexxion aan de gemaakte afspraken omtrent regelmaatsturing houdt. Het staat immers in het contract vermeld. Het monitoren van regelmaat is volgens Wouter geen probleem, maar een onderwerp ter discussie. Wat betreft het monitoren is het ook goed om na te gaan denken hoe we data over regelmaat willen ontsluiten via het NDOV. Nu wordt dit namelijk gedaan aan de hand van de dienstregeling en de afwijking ten opzichte van deze dienstregeling, iets wat bij regelmaatsturing niet mogelijk is.

### **Vervolgstappen**

Zoals eerder gezegd moeten we eerst dezelfde taal spreken voor we met een pilot beginnen. Egon is daarom ook gevraagd om vooral duidelijkheid te verschaffen over wat mogelijk is en welke voor- en nadelen het sturen op regelmaat heeft. Als dit allemaal duidelijk is starten we met de pilot met regelmaatsturing waar Lynxx mee bezig is.

In de toekomst willen we ook kijken naar de combinatie met en invloed op 'de wal' zoals verkeerslichten en iVRI's. Dit is eigenlijk een must om regelmaatsturing tot een succes te maken. Dit vergt vanzelfsprekend wel de nodige investeringen in systemen in en buiten de bus.

## Interviewverslag Egon Hogenboom

Consultant/eigenaar bij Elfer Advies

*3 april 2019, Amsterdam*

### **Pilot regelmaatbeheersing Schiphol**

Egon is betrokken bij de pilot regelmaatsturing op lijn 300 rondom Schiphol en heeft hier een adviserende en projectmanagement rol. De planning is dat deze pilot in juni dit jaar daadwerkelijk in praktijk plaats gaat vinden. Doel is vooral om verschillende maatregelen uit te proberen, zoals conditionele prioriteit bij verkeerslichten. De pilot lijkt nog niet echt op het sturen op regelmaat omdat Connexxion nog met een automatisch systeem op regelmaat stuurt. Op de vraag waarom de pilot niet goed op gang komt en vertraging oploopt antwoordt Egon dat iedereen die betrokken is bij de pilot dit naast hun andere werkzaamheden doen en daardoor niet alle prioriteit op de pilot leggen.

### **Waarom regelmaatbeheersing als pilot op Schiphol?**

Schiphol betaalt mee aan het openbaar vervoer op en rond Schiphol (Schipholnet) en heeft daardoor het een en ander te zeggen hierover. Tijdens de aanbesteding van de concessie AML heeft Schiphol de wens geuit om regelmaatsturing op te nemen in de concessie eisen en hier een proef mee uit te voeren. Vanuit de Vervoerregio is dit akkoord bevonden en daarmee opgenomen in de concessie.

Schiphol heeft achter deze wens voor regelmaatsturing de achterliggende wens om het busstation op Schiphol Plaza te verkleinen. Zij denken dat regelmaatsturing zorgt dat bussen minder ruimte nodig hebben. Om die reden financiert Schiphol

deze pilot ook. Egon verwacht echter dat regelmaatsturing niet gaat bijdragen aan een mindere ruimtebehoefte. De pilot moet onder andere hier uiteindelijk meer duidelijkheid over geven.

### **Is sturen op regelmaat zonder dienstregeling mogelijk?**

Helemaal geen dienstregeling hebben is niet mogelijk, je moet bijvoorbeeld weten wat de reistijd tussen twee haltes is en hoe vaak je rijdt. De frequentie van een lijn is eigenlijk ook al een soort dienstregeling. Egon is het wel eens dat het mogelijk is om bijna geen dienstregeling meer te hebben en echt op een regelmaat te sturen. Hij voegt toe dat bij een perfect uitgevoerde dienstregeling vanzelf een perfecte regelmaat ontstaat.

### **Tips voor vervolg van het onderzoek**

Egon geeft aan dat het nuttig en interessant kan zijn om ook eens in gesprek te gaan met bijvoorbeeld een wethouder of andere politicus over wat die van regelmaatsturing vindt. Daarnaast geeft Egon aan geïnteresseerd te zijn in de resultaten van het onderzoek omdat deze bij de pilot rondom Schiphol van pas kunnen komen.

## Bijlage B:

### Overzicht resultaten dataonderzoek

OCHTENDSPITS (07:00-08:59)														
Lijn	Richting	Meethalte	Metingen	Algemeen			Excess Waiting Time			Wait Assessment			Standaarddev.	
				Frequentie	unctualite	Bunched	SWT	AWT	EWT	1 minuut	2 minuten	3 minuten	SD	relatief (CoV)
19	Sloterdijk	Leidseplein	142	8x/u	89%	3	3,8	4,4	0,6	28%	54%	71%	3,1	40%
	Diemen	Leidseplein	139	8x/u	89%	2	3,8	4,2	0,4	31%	63%	77%	2,6	34%
21	Geuzenveld	Bos en Lommerplein	217	10x/u	96%	10	3,1	4,1	1	26%	47%	61%	3,2	53%
	Centraal Station	Bos en Lommerplein	227	10x/u	96%	7	3,1	3,6	0,5	41%	68%	81%	2,4	40%
26	IJburg	Zuiderzeeweg	276	14x/u	94%	5	2,3	3	0,7	40%	72%	87%	2,5	63%
	Centraal Station	Zuiderzeeweg	278	14x/u	94%	6	2,1	2,4	0,3	47%	82%	92%	1,6	40%
300	Haarlem	Schiphol Airport/Plaza	300	10x/u	97%	4	3,3	3,7	0,4	42%	69%	85%	2,1	39%
	Bijlmer ArenA	Schiphol Airport/Plaza	412	12x/u	97%	19	2,7	3,2	0,5	32%	58%	79%	2,4	44%
347/357	Elandsgracht	Amstelveenseweg	239	8x/u	87%	17	3,8	5,3	1,5	23%	44%	59%	4,4	58%
	Uithoorn/Aalsmeer	Amstelveenseweg	273	8x/u	87%	4	3,8	4,3	0,5	40%	63%	78%	2,8	37%
356	Haarlem	Schiphol Noord	280	8x/u	96%	0	3,8	4,1	0,3	50%	79%	93%	2,1	27%
	Bijlmer ArenA	Schiphol Noord	256	8x/u	96%	1	3,8	4,3	0,5	57%	80%	87%	2,1	28%
397	Elandsgracht	Schiphol Airport/Plaza	320	9x/u	95%	3	3,4	3,8	0,4	32%	62%	78%	2,3	32%
	Nieuw-Vennep	Schiphol Airport/Plaza	261	8x/u	95%	3	3,9	4,5	0,6	37%	61%	76%	2,8	38%

MIDDAGSPITS (16:00-17:59)				Algemeen			Excess Waiting Time			Wait Assessment			Standaarddev.	
Lijn	richting	Meethalte	Datapunten	Frequentie	unctualite	Bunched	SWT	AWT	EWT	1 minuut	2 minuten	3 minuten	SD	relatief (CoV)
19	Sloterdijk	Leidseplein	64	8x/u	85%	3	3,8	4,3	0,5	23%	39%	59%	3,3	44%
	Diemen	Leidseplein	66	8x.u	85%	1	3,8	4,5	0,7	35%	64%	86%	2,9	38%
21	Geuzenveld	Bos en Lommerplein	267	10x/u	73%	26	3	4,6	1,6	24%	43%	58%	4,2	70%
	Centraal Station	Bos en Lommerplein	236	10x/u	73%	23	3	4,3	1,3	25%	47%	61%	3,8	63%
26	IJburg	Zuiderzeeweg	384	15x/u	98%	18	2	2,5	0,5	40%	73%	92%	1,9	47%
	Centraal Station	Zuiderzeeweg	357	15x/u	98%	7	2	2,2	0,2	60%	91%	96%	1,4	35%
300	Haarlem	Schiphol Airport/Plaza	345	11x/u	86%	13	2,7	3,4	0,7	35%	62%	79%	2,6	48%
	Bijlmer ArenA	Schiphol Airport/Plaza	358	10x/u	86%	11	3	3,5	0,5	31%	60%	79%	2,5	41%
347/357	Elandsgracht	Amstelveenseweg	281	8x/u	66%	36	3,8	5,3	1,5	19%	32%	47%	4,8	64%
	Uithoorn/Aalsmeer	Amstelveenseweg	273	8x/u	66%	27	3,8	5,4	1,6	22%	39%	52%	4,9	65%
356	Haarlem	Schiphol Noord	282	8x/u	89%	1	3,8	4,2	0,4	37%	67%	82%	2,4	32%
	Bijlmer ArenA	Schiphol Noord	274	8x/u	89%	2	3,8	4,2	0,4	42%	65%	85%	2,4	32%
397	Elandsgracht	Schiphol Airport/Plaza	279	8x/u	81%	6	3,8	4,7	0,9	35%	60%	73%	3,7	49%
	Nieuw-Vennep	Schiphol Airport/Plaza	259	8x/u	81%	12	3,8	4,8	1	31%	52%	65%	3,7	50%

## **Bijlage C:**

# Verantwoording dataonderzoek

In deze bijlage staat beschreven hoe het dataonderzoek naar de huidige regelmaat is uitgevoerd en welke uitgangspunten en aannames zijn gebruikt. In het onderzoek is per lijn op een bepaalde meethalte in iedere richting de regelmaat bepaald volgens de drie meetmethoden zoals in paragraaf 4.1 beschreven.

### **Datakwaliteit**

Voor dit dataonderzoek is gebruik gemaakt van de data van het NDOV (Nationale Databank Openbaar Vervoergegevens). In deze data staan per rit de gerealiseerde aankomst- en vertrektijden op alle haltes. Deze gegevens zijn openbaar te verkrijgen met een eigen tool voor dataverzameling, maar zijn in dit geval rechtstreeks bij het NDOV opgevraagd in een werkbaar CSV-formaat. Deze gerealiseerde aankomst- en vertrektijden zijn afkomstig uit de boordcomputers in alle bussen, trams en metro's met als doel het tonen van actuele reisinformatie in apps en displays op haltes. De data wordt in seconden precies geleverd, maar doordat de aankomst- en vertrektijden zijn gebaseerd op de gps-locaties van het voertuig en haltes, zijn de tijden niet altijd nauwkeurig. Voor in dit onderzoek is het niet van belang dat de data op de seconde nauwkeurig is en is dit daarom geen probleem.

De data die tijdens het onderzoek is gebruikt is van de maand november 2018, dit omdat november doorgaans wordt gezien als de meest representatieve maand. Daarbij zijn alleen de spitsen gekozen omwille van de tijd voor het onderzoek. In deze periode reizen de meeste reizigers en is een goede regelmaat belangrijk.

### **Selectie lijnen en haltes**

Binnen de tijd van het gehele onderzoek is het uiteraard niet mogelijk om alle lijnen te onderzoeken. Om die reden is een selectie gemaakt van zeven lijnen die zijn onderzocht. Deze selectie is gebaseerd op een aantal verschillende kenmerken, zoals de frequentie van de lijn, de modaliteit, de beschikbaarheid van vrije infrastructuur en de betrouwbaarheid van de lijn in punctualiteit. In onderstaande tabel staat per lijn aangegeven waarom deze is onderzocht. In totaal is het een selectie waarin de verschillende kenmerken naar voren komen zodat het mogelijk is om op die manier de effecten van bijvoorbeeld drukte en beschikbare infrastructuur terug te zien.

Naast de selectie van de lijnen is per lijn een meethalte geselecteerd waar de regelmaat is berekend. Voor deze meethaltes zijn knooppunten op het midden van de lijn geselecteerd, of indien aanwezig een officiële meethalte. Om te onderzoeken of de regelmaat veranderd afhankelijk van de locatie op de lijn is voor lijn 300 op alle haltes de regelmaat bepaald. Hieruit blijkt dat inderdaad de regelmaat veranderd per halte. Welke meethaltes zijn gebruikt bij iedere lijn staat in de tabel met resultaten in bijlage B.

### **Verwerking missende data**

In de dataset komt het helaas voor dat een meting van een rit mist en dus geen aankomst- en/of vertrektijd is opgeslagen. In dit geval heeft de bus vermoedelijk wel gereden, maar is geen data opgeslagen door een fout in de boordcomputer. In het geval van het bepalen van regelmaat is dit een probleem, omdat het dan niet mogelijk is om een volgtijd te berekenen. Er zijn twee opties om met missende data om te gaan; het schatten van de tijden door bijvoorbeeld gebruik te maken van de geplande aankomst- en

vertrektijden, of de missende data te negeren bij het bepalen van de volgtijd. In dit onderzoek is gekozen om de data te negeren en daardoor de volgtijd met de vorige en volgende rit niet te berekenen. Dit zorgt voor een hogere betrouwbaarheid dan het gebruiken van geplande tijden. Eén missend datapunt heeft dus als gevolg dat twee volgtijden niet zijn te berekenen.

Handmatig zijn deze missende punten uit de data gefilterd en zijn de volgtijden hier niet berekend. Het verschilt per lijn en vooral vervoerder hoe vaak missende data voorkomt. Bij de lijnen van het GVB komt missende data vaker voor en ligt het aantal berekende volgtijden per lijn daarom een stuk lager.

### **Verwerking rituitval**

In de data zoals die door het NDOV wordt aangeleverd staat aangegeven of een rit is uitgevallen. Als een rit is uitgevallen volgens deze data is het zeker dat de rit ook niet gereden heeft, bijvoorbeeld door het ontbreken van een chauffeur of defect materieel. In dat geval is het zeker dat langer moeten wachten, namelijk op de eerstvolgende rit. De ontbrekende vertrektijd is tijdens dit onderzoek daarom handmatig aangepast naar de vertrektijd van de eerstvolgende rit die heeft gereden.

In het geval van ernstige calamiteiten zijn de metingen rondom dat moment niet meegenomen. Een voorbeeld hiervan is de impactvolle tramstoring op 14 november waardoor op lijn 19 slechts enkele ritten zijn uitgevoerd.

### **Verwerking ingehaalde bussen**

Als gevolg van vertragingen en verstoringen is het mogelijk dat bussen (en trams in uitzonderlijke gevallen) elkaar inhalen of niet

meer in de geplande volgorde rijden. In de data die is gesorteerd op de geplande vertrektijd, heeft dit als gevolg dat negatieve volgtijden uit de berekening komen. Voor reizigers die op de halte staan te wachten maakt het niet uit als bussen in de verkeerde volgorde reizen. Voor de reiziger is het alleen van belang dat een bus komt opdagen. Daarom is in het geval van ingehaalde bussen opnieuw gesorteerd op de gerealiseerde vertrektijd. Vervolgens zijn de volgtijden bepaald.

### **Filteren**

Voordat de fouten uit de data zijn gehaald, zijn de data gefilterd op lijn, datum, richting, halte en tijd. Het filteren op tijd is gedaan op basis van de geplande vertrektijd. De vertrektijd is gebruikt omdat reizigers op de halte de regelmaat vooral ervaren door de regelmaat in de vertrektijden. Het was niet mogelijk om de gerealiseerde vertrektijd te gebruiken hiervoor, omdat deze bij missende data en uitgevallen ritten ontbreekt. De geplande vertrektijd staat altijd aangegeven en is daarom gebruikt. Hierdoor zijn enkele ritten die uiteindelijk net buiten de spits hebben gereden meegenomen in de berekening. Voor de ochtendspits zijn ritten meegenomen met een geplande vertrektijd tussen 07:00 en 08:59, voor de middagspits is dit van 16:00 tot 17:59. Daarnaast is alleen gefilterd op werkdagen omdat alleen deze een spits kennen. Bij het berekenen van de volgtijden is vanzelfsprekend wel gebruik gemaakt van de gerealiseerde volgtijd.

### **Verwerking data in Excel stappen**

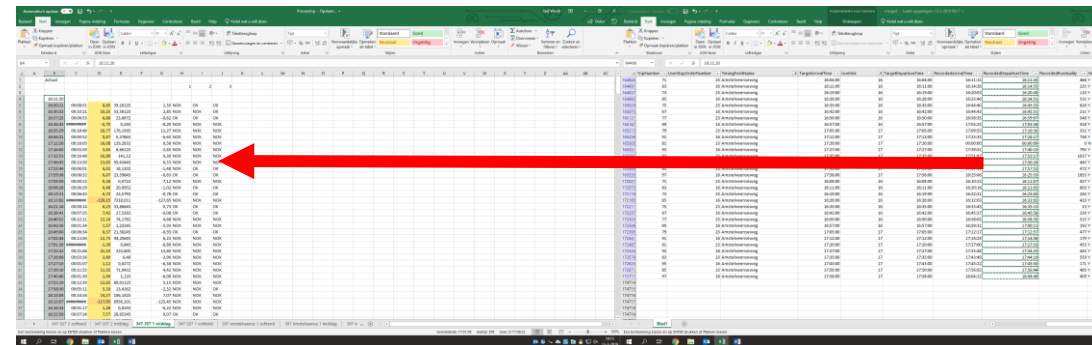
In onderstaande stappen is de verwerking van de data globaal weergegeven aan de hand van screenshots. Per lijn, richting en dagdeel is dit proces uitgevoerd.

derNumber	TimingPointName	TargetArrivalTime	Uurblok	TargetDepartureTime	RecordedArrivalTime
23	Amstelveenseweg	16:04:00	16	16:04:00	16:10:51
16	Amstelveenseweg	16:11:00	16	16:11:00	16:18:40
23	Amstelveenseweg	16:19:00	16	16:19:00	16:29:40
16	Amstelveenseweg	16:26:00	16	16:26:00	16:36:47
23	Amstelveenseweg	16:35:00	16	16:35:00	16:36:07
16	Amstelveenseweg	16:42:00	16	16:42:00	16:54:42
23	Amstelveenseweg	16:50:00	16	16:50:00	16:55:11
16	Amstelveenseweg	16:57:00	16	16:57:00	17:11:50
23	Amstelveenseweg	17:05:00	17	17:05:00	17:15:30
16	Amstelveenseweg	17:12:00	17	17:12:00	17:32:14
23	Amstelveenseweg	17:20:00	17	17:20:00	17:46:03
16	Amstelveenseweg	17:27:00	17	17:27:00	17:52:16
23	Amstelveenseweg	17:35:00	17	17:35:00	17:59:01
16	Amstelveenseweg	17:43:00	17	17:43:00	17:59:35
23	Amstelveenseweg	17:50:00	17	17:50:00	18:05:44
16	Amstelveenseweg	17:58:00	17	17:58:00	18:12:35
23	Amstelveenseweg	16:04:00	16	16:04:00	16:11:49
16	Amstelveenseweg	16:11:00	16	16:11:00	16:20:02
23	Amstelveenseweg	16:19:00	16	16:19:00	16:28:07

De data wordt door het NDOV per lijn en maand aangeleverd. In het geval dat de regelmaat wordt bepaald van een bundel van lijnen is het nodig om de bestanden eerst samen te voegen. Vervolgens is het mogelijk de gegevens te filteren op datum (alleen weekdays), tijdstip, de geselecteerde meethalte en de rijrichting. Dit filteren is gedaan met behulp van de filter functies in Excel.

Uurblok	TargetDepartureTime	RecordedArrivalTime	RecordedDepartureTime	RecordedPunctuality	HasPassed
17	17:50:00	00:00:00	00:00:00	0	N
17	17:20:00	00:00:00	00:00:00	0	N

Vervolgens als de juiste data is gefilterd is de volgende stap het controleren op uitgevallen ritten. Dit is gedaan door te filteren op alle gerealiseerde vertrektijden die 00:00:00 als waarde hebben. In de kolom 'TripCancelled' staat aangegeven of een rit is uitgevallen (Y of N). Indien dit het geval is, is de waarde 00:00:00 vervangen met een X. Ritten die volgens de data niet zijn uitgevallen zijn missende datapunten. In dat geval blijft de tijd van 00:00:00 staan.



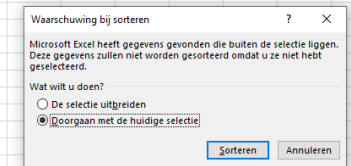
Vervolgens wordt het filter op de waarde 00:00:00 opgeheven en de gegevens (de kolom met gerealiseerde vertrektijden van die maand) uit het oorspronkelijke databestand gekopieerd naar een apart Excelbestand om de gegevens te analyseren. Dit bestand is zelf eerst gemaakt zodat de kolom met gerealiseerde vertrektijden snel te verwerken is. In dit bestand is bijvoorbeeld de berekening van de volgtijden, de extra wachttijd en de bepaling of dit voldoet aan een aantal normen geautomatiseerd.



16:20:11	00:08:51	8,85	39,16125	1,35	NOK	OK	OK
16:30:32	00:10:21	10,35	53,56125	2,85	NOK	NOK	OK
16:37:25	00:06:53	6,88	23,6672	-0,62	OK	OK	OK
16:36:43	#####	-0,70	0,245	-8,20	NOK	NOK	NOK
16:55:29	00:18:46	18,77	176,1565	11,27	NOK	NOK	NOK
16:56:21	00:00:52	0,87	0,37845	-6,63	NOK	NOK	NOK
17:12:26	00:16:05	16,08	129,2832	8,58	NOK	NOK	NOK
17:16:05	00:03:39	3,65	6,66125	-3,85	NOK	NOK	NOK
17:32:53	00:16:48	16,80	141,12	9,30	NOK	NOK	NOK
17:46:43	00:13:50	13,83	95,63445	6,33	NOK	NOK	NOK
17:52:44	00:06:01	6,02	18,1202	-1,48	NOK	OK	OK
17:59:36	00:06:52	6,87	23,59845	-0,63	OK	OK	OK
17:59:59	00:00:23	0,38	0,0722	-7,12	NOK	NOK	NOK
18:06:28	00:06:29	6,48	20,9952	-1,02	NOK	OK	OK
18:13:11	00:06:43	6,72	22,5792	-0,78	OK	OK	OK
16:13:02	#####	-120,15	7218,011	-127,65	NOK	NOK	NOK
16:21:16	00:08:14	8,23	33,86645	0,73	OK	OK	OK
16:28:41	00:07:25	7,42	27,5282	-0,08	OK	OK	OK
16:40:52	00:12:11	12,18	74,1762	4,68	NOK	NOK	NOK
16:42:26	00:01:34	1,57	1,23245	-5,93	NOK	NOK	NOK
16:49:00	00:06:34	6,57	21,58245	-0,93	OK	OK	OK
17:02:44	00:13:44	13,73	94,25645	6,23	NOK	NOK	NOK
17:01:26	#####	-1,30	0,845	-8,80	NOK	NOK	NOK
17:22:32	00:21:06	21,10	222,605	13,60	NOK	NOK	NOK
17:26:08	00:03:36	3,60	6,48	-3,90	NOK	NOK	NOK
17:27:15	00:01:07	1,12	0,6272	-6,38	NOK	NOK	NOK
17:39:10	00:11:55	11,92	71,0432	4,42	NOK	NOK	NOK
17:40:40	00:01:30	1,50	1,125	-6,00	NOK	NOK	NOK
17:53:19	00:12:39	12,65	80,01125	5,15	NOK	NOK	NOK
17:58:30	00:05:11	5,18	13,4162	-2,32	NOK	NOK	OK
18:13:04	00:14:34	14,57	106,1425	7,07	NOK	NOK	NOK
16:15:07	#####	-117,95	6956,101	-125,45	NOK	NOK	NOK
16:16:24	00:01:17	1,28	0,8192	-6,22	NOK	NOK	NOK
16:23:58	00:07:34	7,57	28,65245	0,07	OK	OK	OK
16:30:29	00:06:31	6,52	21,2552	-0,98	OK	OK	OK
16:38:04	00:07:35	7,58	28,7282	0,08	OK	OK	OK
16:50:31	00:12:27	12,45	77,50125	4,95	NOK	NOK	NOK

Omdat de kolom met gerealiseerde vertrektijden de vertrektijden van een hele maand zijn, is het nodig om steeds de eerste berekende volgtijd per dag te verwijderen. De volgtijd wordt anders gebaseerd op de tijd tussen de laatste bus van de dag ervoor en de eerste bus van de dag zelf. Hierdoor ontstaat een extreem lange volgtijd. De vertrektijd moet wel blijven staan, zodat de volgtijd met de tweede bus wel te berekenen is.

16:11:20							
16:20:11	00:08:51	8,85	39,16125	1,35	NOK	OK	OK
16:30:32	00:10:21	10,35	53,56125	2,85	NOK	NOK	OK
16:37:25	00:06:53	6,88	23,6672	-0,62	OK	OK	OK
16:36:43	#####	-0,70	0,245	-8,20	NOK	NOK	NOK
16:55:29	00:18:46	18,77	176,1565	11,27	NOK	NOK	NOK
16:56:21	00:00:52	0,87	0,37845	-6,63	NOK	NOK	NOK
17:12:26	00:16:05	16,08	129,2832	8,58	NOK	NOK	NOK
17:16:05	00:03:39	3,65	6,66125	-3,85	NOK	NOK	NOK
17:32:53	00:16:48	16,80	141,12	9,30	NOK	NOK	NOK
17:46:43	00:13:50	13,83	95,63445	6,33	NOK	NOK	NOK
17:52:44	00:06:01	6,02	18,1202	-1,48	NOK	OK	OK
17:59:36	00:06:52	6,87	23,59845	-0,63	OK	OK	OK
17:59:59	00:00:23	0,38	0,0722	-7,12	NOK	NOK	NOK
18:06:28	00:06:29	6,48	20,9952	-1,02	NOK	OK	OK
18:13:11	00:06:43	6,72	22,5792	-0,78	OK	OK	OK
16:13:02							
16:21:16	00:08:14	8,23	33,86645	0,73	OK	OK	OK
16:28:41	00:07:25	7,42	27,5282	-0,08	OK	OK	OK



Als alle volgtijden van de eerste rit zijn verwijderd blijven nog ingehaalde en uitgevallen ritten over en missende datapunten. Ingehaalde ritten zijn te corrigeren door de vertrektijden opnieuw te sorteren. Hierbij is het belangrijk om zo min mogelijk ritten opnieuw te sorteren en nooit meer dan de ritten van die dag zelf. In het geval van missende datapunten is het nodig om de berekening van de volgtijd voor en de volgtijd na de missende rit te verwijderen. Bij uitgevallen ritten (eerder gemarkeerd met een X) staat vast dat reizigers langer moesten wachten op de eerstvolgende bus. Daarom is in deze gevallen de berekening van de volgtijd handmatig aangepast tussen de twee ritten die wel hebben gereden.

304	17:44:19	00:09:56	9,93	49,30245	2,43	NOK	NOK	OK
305	17:45:50	00:01:31	1,52	1,1552	-5,98	NOK	NOK	NOK
306	17:56:44	00:10:54	10,90	59,405	3,40	NOK	NOK	NOK
307	18:04:48	00:08:04	8,07	32,56245	0,57	OK	OK	OK
308								
309								
310				ATW	WA1	WA2	WA3	
311			2141,12	11420,41	5,333849	52	89	133
312						0,185053	0,316726	0,47331
313		StDev	4,8192417	0,642566				
314								
315		Bunched	36	Metingen	281			
316								

Als alle verwerkingsstappen zijn gezet, zijn de resultaten onderaan het bestand af te lezen. De berekening hiervan is geautomatiseerd. Deze berekende resultaten zijn vervolgens in de overzichtstabellen ingevoerd.

# Bijlage D:

## Verlag expertsessie

*6 mei 2019, 16:00 – 17:30, Vervoerregio Amsterdam*

Om te bepalen hoe wenselijk het sturen op regelmaat is en welke aandachtspunten de Vervoerregio nog ziet voor het sturen op regelmaat daadwerkelijk in praktijk toegepast wordt is een workshop gehouden. Bij deze sessie waren zeven medewerkers van de Vervoerregio aanwezig, met verschillende functies die raakvlak hebben met het sturen op regelmaat, zoals een vervoerkundige, beleidsmedewerkers en concessiebeheerders. In twee groepjes zijn de twee stappen doorlopen. Vooraf aan de workshop zijn kort de resultaten uit het dataonderzoek en literatuuronderzoek gepresenteerd.

Het interactieve gedeelte is in twee delen opgedeeld: Het discussiëren over de toepassing van regelmaatsturing en als tweede de hindernissen en aandachtspunten die nog bij regelmaatsturing komen kijken.

### **Deel 1: Toepassing regelmaatsturing**

In het eerste deel stond de vraag “Wat vinden we wenselijk als het gaat om rijden op regelmaat?” centraal. Hierbij is gevraagd welke vorm van regelmaatsturing men zou kiezen, welke sturingsopties de voorkeur hebben en welke voorwaarden deze sturingsopties mee moeten krijgen.

Een van de eerste dingen die werd genoemd is dat regelmaatsturing alleen op hoogfrequente lijnen (8x/u) van toepassing kan zijn. Op het moment dat de frequentie lager wordt dan dit, is het rijden volgens een dienstregeling wenselijker. Opmerking hierbij is dat het niet zo moet zijn dat voor een paar uur in de spits regelmaatsturing van toepassing moet zijn en de rest van de dag het rijden volgens dienstregeling. Dit zou juist verstorend werken en ook voor reizigers verwarrend zijn. Een lijn die daarom in ieder geval overdag hoogfrequent rijdt komt in aanmerking voor het sturen op regelmaat.

Het sturen op regelmaat bij verstoringen is lastig, omdat het bijsturen op dat moment zorgt voor omlopen die niet meer kloppen. Het terug komen op een goede dienstregeling is daardoor lastig. Hier zou je nog dagen last van kunnen hebben door bijvoorbeeld voertuigen die niet op de goede locatie staan.

Bij het sturen op regelmaat en de afweging om wel of niet bij te sturen door bijvoorbeeld een halte over te slaan of langer te halteren moet steeds de afweging zijn bij welke keuze de minste reizigersvertraging ontstaat. Hierdoor valt een keuze te maken met zo min mogelijk vertraging voor reizigers. Wel is voorzichtigheid bij deze methode vereist om hierdoor bijvoorbeeld niet steeds dezelfde halte met weinig reizigers te benadelen ten gunste van een grotere groep reizigers. Het andere groepje geeft ongeveer hetzelfde aan en zegt dat je moet sturen aan de hand van de bezetting van de bus.

Een idee wat nog niet op de lijst met sturingsopties stond is om bij een zeer hoge frequentie van bijvoorbeeld 12x/u, een aantal ritten te schrappen en een basisniveau van bijvoorbeeld 8x/u aan te

bieden. De vrijgekomen voertuigen en chauffeurs kunnen dan flexibel gaten in de volgtijd opvullen en zo regelmatigheid toevoegen. Door op deze manier te werken kost het sturen op regelmaat niet meer dan de huidige situatie en neemt de regelmaat wel toe.

Het overslaan van haltes is makkelijker om toe te passen aan het begin van een lijn, omdat op dat moment de bus nog leeg is en de bus met 'sorry geen dienst' voorbij kan rijden. Zeker als de volgende bus snel daarna komt is dit een optie die meevalt voor reizigers en zorgt voor een goede regelmaat verderop de lijn. Bussen eerder laten keren is iets wat niet aan reizigers uit te leggen is geeft een groepje aan, het andere groepje ziet het wel als optie die mogelijk is, als niet teveel reizigers last daarvan hebben. De basis ligt echter in een betrouwbaar systeem en daar is het sturen op goede infrastructuur de voorkeur.

## **Deel 2: Hindernissen en aandachtspunten**

Het tweede deel van de expertsessie ging in op de vraag "Wat moet nog gebeuren voor we echt op regelmaat kunnen gaan rijden?". Deze stap ging verder in op welke effecten bij sturen op regelmaat horen en welke hindernissen een oplossing nodig hebben voordat regelmaatsturing in de praktijk wordt toegepast.

In de eerste stap zijn bij het stellen van voorwaarden aan het sturen op regelmaat ook al direct een aantal problemen genoemd, zoals het monitoren van regelmaat, het maken van keuzes wanneer wel of niet haltes over te slaan en hoe om te gaan met lagere frequenties in de daluren.

Beide groepjes gaven aan dat communicatie naar reizigers, onafhankelijk van welke sturingsoptie en vorm je kiest essentieel is. Reizigers maar ook chauffeurs moeten weten waarom bussen haltes overslaan of waarom langer op een halte wordt gehalteerd dan noodzakelijk. Een ander aandachtspunt is het verder ontwikkelen van het exploitatie beheer systeem om regelmaatsturing en slimmere beïnvloeding van verkeerslichten mogelijk te maken. Deze taak moet bij de vervoerder liggen.

Naast het duidelijk naar de reiziger en chauffeurs communiceren wat de proef inhoudt is het net zo belangrijk om duidelijke afspraken te maken met de vervoerder en een goede monitoring opzetten. Een nieuwe meetmethode om de vervoerder te monitoren op regelmaat moet zo zijn opgebouwd dat het geen perverse prikkels oplevert. Het kijken naar totale reizigersvertraging is een voorbeeld van een manier om de betrouwbaarheid te gaan meten.

Tot slot komen beide groepjes tot de conclusie dat het toepassen van regelmaatsturing echt per lijn en situatie afhankelijk is. Op sommige lijnen kan het wel helpen, op andere wil je gewoon zo snel mogelijk reizigers naar hun bestemming brengen en heeft het sturen op regelmaat weinig zin. Het is dus echt per lijn en tijdstip afhankelijk óf en hoe de vervoerder het beste op regelmaat kan sturen.

- hoogfrequent (8x p.v. of vaker.)
- bij lage frequentie in dal, terug naar dienstregeling.
- verstoringen, lettig om weer terug naar normale situatie te gaan.
- analyse lokale vertraging reizigers opgesteld. indicator voor afwijking
- Ruimte en capaciteit toevoegen. (basisniveau)
- minimale frequentie opvullen. extra capaciteit gebruiken om met verbetering regelmatigheid toe te voegen.
- eisen daaruit ontwikkelen exploitatie beheer systeem. (vri beïnvloeding)
- doel: minimale reizigersvertraging met minimale frequentie en voerreniveau.

## Sturingsopties

2/3 Haltes overslaan: communicatie reizigers → haltes tussendoor overslaan  
begin route makkelijker toe te passen → vertraagde bus  
vanaf beginpunt paar haltes overslaan

2/3 Langer halteren: instructie aan rijdend personeel → waarom moet je "iets" doen  
communicatie reiziger → waarom langzaam rijden of langer  
stilstaan

4 Eerder keren: reiziger is al "te laat", moet uitstappen en de volgende  
bus nemen → boze reizigers, niet uit te leggen

1. Infrastructuur: basis / betrouwbaarheid, externe factoren, iVRI's

---

Sturen aan de hand van bezetting in de voertuigen

## Vormen regelmaat

1. Regelmaatsturing met dienstregeling.

