

# De Connected Bus

Een casestudie naar de impact van mobiele connectiviteit op openbaar busvervoer in Nederland.



**Auteurs:**

Ir. Karin Smorenburg

Martin de Jong MSc

**Status:**

Definitief

**Publicatiedatum:**

8 juli 2014

**Copyright:**

Vodafone Libertel bv

## Samenvatting

Dagelijks reizen maar liefst 1 miljoen mensen in Nederland met het openbaar vervoer, waarvan de helft met bus, tram en metro. Voornamelijk tijdens de spits voorziet het openbaar busvervoer in een groot deel van het benodigde woon-school- en woon-werkverkeer. Het openbaar busvervoer is in Nederland georganiseerd op basis van concessies. Binnen deze concessies wordt steeds vaker gezocht naar een milieuvriendelijkere vorm van openbaar vervoer om op de lange termijn CO<sub>2</sub>-neutraal vervoer te kunnen aanbieden.

Mobiele connectiviteit maakt verschillende toepassingen van technologie mogelijk binnen het openbaar busvervoer. Actuele reisinformatie, track & trace toepassingen en het betalen met de OV-chipkaart in de bus worden ondersteund door een mobiel netwerk. Deze toepassingen dragen voor een groot deel bij aan het verbeteren van het openbaar busvervoer voor reizigers en het verhogen van de efficiëntie. Deze casestudie richt zich specifiek op de impact van de mogelijkheden die connectiviteit biedt om het rijgedrag van chauffeurs te monitoren en te beïnvloeden.

Een voorbeeld van een dergelijk systeem dat rijgedrag van buschauffeurs monitort en daarop direct van feedback voorziet, is de RijWijzer van ontwikkelaar Sycada. Het systeem is geïnstalleerd in alle 1400 bussen van Connexxion en sinds september 2013 actief in gebruik bij ongeveer de helft van de chauffeurs. RijWijzer bestaat uit een interface op het dashboard van de bus voor de directe feedback, en een online omgeving waar resultaten over de langere termijn worden verzameld. Deelnemende chauffeurs besparen gemiddeld 11% brandstof en op dit moment levert het systeem een totale brandstofbesparing op van ongeveer 5%. Behalve dat dit financieel voordelig is voor Connexxion, draagt dit ook bij aan het verminderen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van de bussen van Connexxion met ongeveer 5%. Een zuinige rijstijl van de chauffeur brengt met zich mee dat het reizigerscomfort omhooggaat en de kans op schade aan het voertuig kleiner wordt.

Deze case illustreert de mogelijkheden van mobiele connectiviteit voor het openbaar vervoer en vervoer in het algemeen. Om het beoogde resultaat met een dergelijk systeem te bereiken is de motivatie van de gebruiker echter van essentieel belang, in dit geval die van de buschauffeur. Wanneer deze gemotiveerd is de RijWijzer te gebruiken kan er resultaat worden geboekt, zonder motivatie is er weinig tot geen effect. Mobiele connectiviteit biedt dus de mogelijkheid om relevante informatie te vergaren, maar uiteindelijk is het de mens die bereid moet zijn deze informatie op de juiste wijze te gebruiken om het gewenste resultaat te behalen.

## Inhoudsopgave

1. Inleiding .....	4
2. Openbaar busvervoer in Nederland .....	6
2.1 Belang van openbaar busvervoer in Nederland .....	6
2.2 Emissies en overheidsbeleid.....	7
3. Connectiviteit in de bus.....	10
3.1 M2M .....	10
3.2 Contact met de centrale.....	11
3.3 Track & Trace .....	11
3.4 Reizigersinformatie.....	12
3.5 Monitoren voertuigprestatie en rijgedrag .....	12
3.6 OV-chipkaart.....	13
4. RijWijzer en de impact op het openbaar busvervoer.....	14
4.1 Het systeem RijWijzer.....	14
4.2 Impact van RijWijzer op brandstofverbruik en brandstofkosten .....	15
4.3 Impact van RijWijzer op het milieu .....	15
4.4 Impact van RijWijzer op het gedrag van buschauffeurs.....	17
5. Conclusies en toekomstperspectief .....	19
5.1 De Connected Bus .....	19
5.2 Toekomst van connectiviteit in het openbaar busvervoer .....	19
5.3 Toekomst van connectiviteit in het vervoer.....	20
Bijlage A - Vervuiling van bussen.....	24
Bijlage B - Verdere uitleg RijWijzer.....	25
Bijlage C – Wat is M2M bij Vodafone? .....	26

## 1. Inleiding

Een wereld zonder mobiele connectiviteit is voor de huidige generaties bijna onvoorstelbaar. Binnen korte tijd heeft connectiviteit een steeds belangrijker rol ingenomen in ons dagelijks leven. Mobiel bellen, SMS maar zeker ook mobiel internet biedt de kans om als mens continu in verbinding te staan met anderen. Naast dit contact tussen mensen wordt het ook steeds gebruikelijker om producten of apparaten met elkaar te verbinden, zonder menselijke tussenkomst. Zo zijn er horloges die in verbinding staan met je smartphone en de metingen van je hartslag versturen, of kun je op afstand de temperatuur van je huiskamer instellen. Deze 'connected products' brengen veel nieuwe informatie met zich mee en bieden naast de mogelijkheid om het levenscomfort van mensen te verhogen, ook mogelijkheden om het leven efficiënter en milieuvriendelijker te maken.

Dagelijks reizen maar liefst 1 miljoen mensen in Nederland met het openbaar vervoer, wat aangeeft hoe belangrijk het openbaar vervoer is voor onze maatschappij. Het openbaar vervoer lijkt misschien niet direct de meest innovatieve sector, maar ook hier zijn toepassingen van mobiele connectiviteit te vinden. Digitale reisinformatie en routeplanning worden tegenwoordig ondersteund door toepassingen die terugvallen op connectiviteit. En ook het leven van een buschauffeur is flink veranderd dankzij de mogelijkheden die connectiviteit biedt. Buschauffeurs hebben eenvoudig contact met de centrale en reizigers krijgen in de bus real-time informatie over de reistijd tot een halte en aansluitingen op het volgende station.

Deze casestudie heeft als doel de rol van mobiele connectiviteit in het openbaar busvervoer in kaart te brengen, en de impact hiervan op de samenleving duidelijk te maken. Eerst zal het openbaar vervoer in het algemeen in ogenschouw worden genomen, en de toepassingen van mobiele connectiviteit daarbinnen worden uitgelicht. Door vervolgens een complexe en niet-zichtbare oplossing in kaart te brengen wordt inzichtelijk gemaakt waar de verbindingen liggen met ICT, en mobiele connectiviteit in het bijzonder. De impact van deze oplossingen op specifieke aspecten zal inzichtelijk maken wat het effect van het systeem is. Deze casestudie maakt deel uit van de 'connected' reeks die Vodafone Nederland vanaf 2014 publiceert. De case is bedoeld als input voor stakeholdercommunicatie op het gebied van maatschappelijk belang van telecommunicatie en communicatie rondom duurzaamheid.

Om de gekozen oplossing te onderzoeken, waarbij het rijgedrag van buschauffeurs wordt gemonitord en geanalyseerd, is een analyse uitgevoerd van het systeem en de betrokkenen. Centrale vraag in deze analyse was: Wat is de impact van mobiele connectiviteit op het openbaar busvervoer in Nederland?

Naast het raadplegen van openbare secundaire bronnen zijn interviews met experts binnen de context gehouden. Hierdoor wordt de impact van het systeem vanuit verschillende perspectieven belicht. Vodafone bedankt de volgende mensen voor hun medewerking: (op alfabetische volgorde)

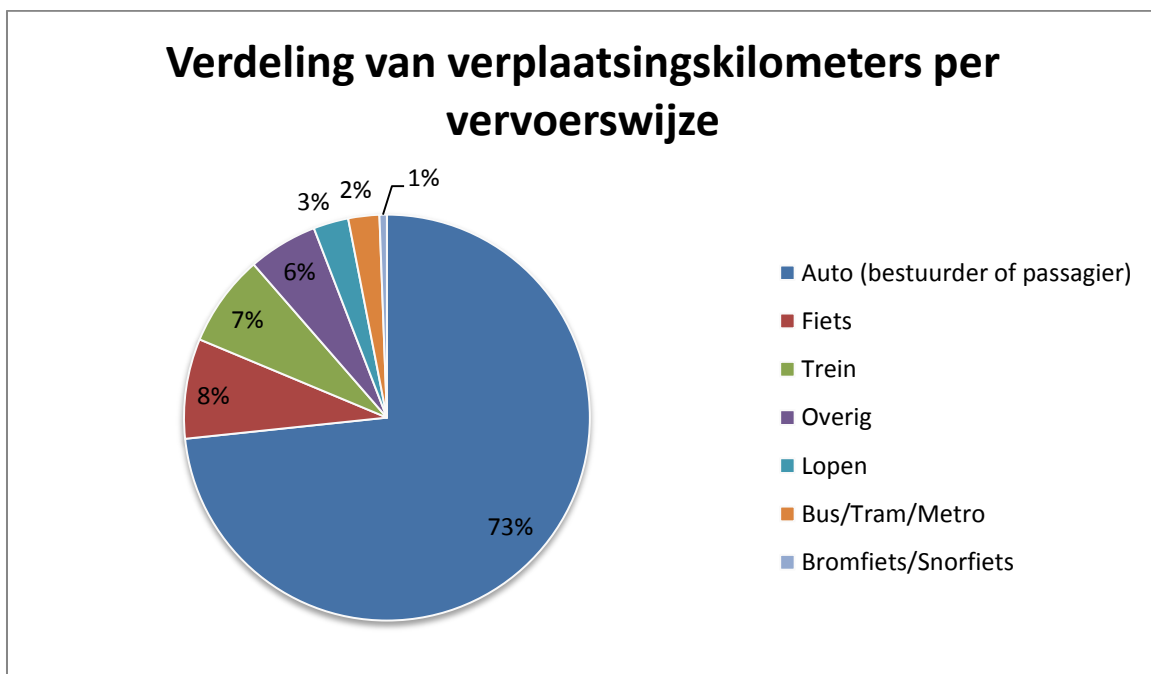
- John Groot, Assistent Rayonmanager Personeel bij Connexion, verantwoordelijke voor het rayon Schiphol
- Erik Peeters, M2M Sales Manager Vodafone Nederland
- Robèrt Weijers, Adviseur Verzekeringen en Schade van Connexion en projectleider van het RijWijzer project
- Kristian Winge, Directeur van ontwikkelaar Sycada
- Verschillende buschauffeurs van Connexion rayon Schiphol

## 2. Openbaar busvervoer in Nederland

Het openbaar busvervoer in Nederland bestaat uit ongeveer 5000 bussen die reizigers vervoeren door het hele land. Dit hoofdstuk schetst een beeld van het huidige openbaar busvervoer in Nederland, de organisatie en het maatschappelijk belang ervan.

### 2.1 Belang van openbaar busvervoer in Nederland

In Nederland leggen reizigers jaarlijks in totaal 186 miljard binnenlandse verplaatsingskilometers af. Deze kilometers worden afgelegd met behulp van verschillende vervoerswijzen, waarvan de auto de voornaamste is. In figuur 2.1 is weergegeven wat de verhoudingen zijn tussen de verschillende vervoerswijzen per verplaatsingskilometer. Bus, tram en metro zijn samen verantwoordelijk voor 2,5% van alle verplaatsingskilometers in Nederland (Centraal Bureau voor de Statistiek [CBS], 2013). Per jaar leggen de 5000 bussen in Nederland gezamenlijk 470 miljoen kilometer af (TNO, 2012).



Figuur 2.1 Verdeling van verplaatsingskilometers per vervoerswijze in Nederland (CBS, 2013)

Dagelijks reizen ongeveer 1 miljoen mensen met het openbaar vervoer in Nederland. Hiervan wordt de helft, een half miljoen reizigers, vervoerd met bus, tram of metro. Reizigers hebben verschillende motieven voor hun reis en kiezen daar een specifieke vervoerswijze bij. Het openbaar vervoer is vooral belangrijk voor het mogelijk maken van onderwijsdeelname. Bijna 45% van alle afgelegde kilometers voor woon-schoolverkeer (lager, middelbaar en hoger onderwijs) wordt afgelegd met trein, bus, tram of metro. In de bus, tram en metro is het grootste deel van de reizigers onderweg van en naar school of werk. Meer dan 60% van de verplaatsingen met bus, tram of metro heeft namelijk als doel woon-werkverkeer of woon-schoolverkeer mogelijk te maken. Voor sociaal-recreatief verkeer is het openbaar vervoer minder van belang; daarvoor gebruiken reizigers vaker de auto of de fiets (Centraal Planbureau & Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid [CPB & KiM], 2009).

Naast studenten en scholieren, die samen goed zijn voor bijna de helft van alle bus-, tram- en metrokilometers, worden ouderen vaak gezien als belangrijke gebruikersgroep van het openbaar vervoer. Naarmate mensen ouder worden dan 55 jaar neemt het aandeel van het openbaar vervoer binnen de verplaatsingskilometers echter niet explosief toe. De enige vorm van openbaar vervoer die echter wel toeneemt in gebruik is de bus. De bus is daarmee ook de meest gebruikte vorm van openbaar vervoer voor ouderen (CPB & KiM, 2009).

Het openbaar vervoer levert een bijdrage aan de bereikbaarheid van gebieden door passagiers te vervoeren op juist die momenten dat er een grote vraag is naar mobiliteit; in de spits. Binnen deze periodes (7-9 uur en 16-18 uur) is de doorstroom met een auto vaak vertraagd en staat de bereikbaarheid onder druk. Aangezien openbaar busvervoer voor een groot deel wordt gebruikt voor woon-werkverkeer en woon-schoolverkeer is de spits een belangrijk tijdstip om te reizen. In de grotere steden loopt het aandeel openbaar vervoer in de ochtendspits zelfs op tot bijna 40% procent van alle verplaatsingskilometers. Hierbij moet worden aangetekend dat in deze gebieden de OV-voorzieningen beter zijn en daardoor werk of opleiding gemakkelijker met het openbaar vervoer te bereiken is. Ook zijn meer mensen gebonden aan bestemmingen in de grote steden dan daarbuiten. Het openbaar vervoer levert maatschappelijk gezien dus de grootste bijdrage tijdens de spits, dit geldt ook specifiek voor busvervoer (CPB & KiM, 2009).

Het openbaar vervoer in Nederland werkt op basis van aanbestedingen, zogenaamde concessies. Regionale overheden schrijven concessies uit voor een bepaald onderdeel van het vervoer. Aanbieders van bijvoorbeeld busvervoer, kunnen meedingen naar deze aanbesteding en de overheden bepalen uiteindelijk wie de concessie krijgt toegewezen en het vervoer mag gaan uitvoeren voor een bepaalde periode. Dit systeem stimuleert concurrentie en zal zo moeten leiden tot de beste prijs-kwaliteit verhouding. Overheden kunnen via dit systeem ook invloed hebben op de aanbesteding door bepaalde eisen in de concessie op te nemen.

Deze methode van aanbesteding van openbaar vervoer in Nederland leidt tot lokale optimalisatie maar ook tot een landelijk versnipperd openbaar vervoersaanbod. Verspreid over Nederland zijn maar liefst 13 vervoerders actief in het openbaar busvervoer [Kennissplatform Verkeer en Vervoer [KpVV], 2013]. De afstemming tussen verschillende vervoerders ontbreekt vaak door de versnippering waardoor lijnen niet op elkaar aansluiten en overstappen problemen oplevert.

## **2.2 Emissies en overheidsbeleid**

Van de 5000 bussen in Nederland rijdt het grootste deel (85%) op diesel. De overige 15% van de bussen rijdt op alternatieve brandstoffen zoals gas en elektriciteit (KpVV, 2013). Het verbranden van fossiele brandstoffen zoals diesel veroorzaakt CO<sub>2</sub>-uitstoot. Wanneer een bus met een auto wordt vergeleken stoot de eerste meer CO<sub>2</sub> uit per afgelegde kilometer. Een bus vervoert echter meerdere reizigers en met een gemiddelde bezettingsgraad in 2008 van 13 reizigers was een bus per reizigerskilometer nog schoner dan een auto. Auto's zijn echter de afgelopen jaren steeds schoner geworden en zo loopt het openbaar vervoer het risico om ingehaald te worden (Den Boer, Brouwer & Van Essen, 2008).

Naast de uitstoot van CO<sub>2</sub> hebben bussen ook invloed op luchtkwaliteit door de uitstoot van gassen zoals stikstofoxiden en fijnstof. Vanuit de Europese Unie worden er eisen gesteld aan de luchtkwaliteit en aan manieren om deze te verbeteren. Zo moeten nieuw geproduceerde bussen voldoen aan het Euro VI label. Dit label is gebaseerd op de uitstoot van een aantal gassen, waaronder fijnstof en stikstofoxiden, dat bepalend is voor luchtkwaliteit. Volgens het Kennisplatform voor Verkeer en Vervoer voldeed in 2013 76% van de bussen in Nederland aan de standaard waarmee een bus als schoon wordt beschouwd. Slechts een klein aantal bussen heeft nog een sterk vervuilend karakter en zal binnen korte tijd moeten worden vervangen door nieuwer materieel (KpVV, 2013).

Bij het bepalen van de Euro standaarden wordt niet gekeken naar CO<sub>2</sub>-uitstoot. Met diesel als brandstof valt hier voor bussen nog veel winst te behalen. Het wegverkeer in Nederland is voor ongeveer 20% verantwoordelijk voor de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot van het land (TNO, 2012). Opvallend genoeg nemen veel aanbesteders echter geen milieueisen mee in hun concessies voor openbaar vervoer. Onderzoek uit december 2013 laat zien dat er van de 12 onderzochte concessies van openbaar busvervoer geen enkele een kwantitatieve beperking aan de CO<sub>2</sub>-uitstoot bevatte (Coster, 2013). Wel werd in de helft van de gevallen een aantal technische voorschriften meegenomen als indirect criterium voor de beperking van CO<sub>2</sub>-uitstoot. Het type brandstof werd bijvoorbeeld als een eis meegenomen, maar er werd dan geen kwantitatieve beperking van de CO<sub>2</sub>-uitstoot opgenomen. Dit is opvallend omdat er vanuit de Europese Unie doelen zijn opgelegd om de CO<sub>2</sub>-uitstoot van transport voor 2050 met 60% terug te brengen ten opzichte van 1990 (TNO, 2012). Juist op de verduurzaming van het openbaar vervoer kan de overheid via de concessies direct invloed uitoefenen. Meer informatie over de milieugerelateerde gevolgen van busvervoer en de doelstellingen om dit tegen te gaan kan worden gevonden in Bijlage A.

Dat de overheid wel degelijk bezig is met de ontwikkeling van een duurzamer openbaar vervoer, blijkt uit de Green Deal. Op 9 oktober 2012 ondertekende Minister Schultz van Haegen van Infrastructuur en Milieu een Green Deal voor het openbaar busvervoer. Een Green Deal is een overeenkomst tussen verschillende partijen zoals ministeries, maatschappelijke organisaties, bedrijven en de centrale overheden om samen te werken aan duurzame initiatieven. De Green Deal voor het openbaar busvervoer heeft als doel om in 2025 in alle concessies de eis op te nemen dat het openbaar busvervoer CO<sub>2</sub>-emissieloos is. Door samen te werken moet een groter draagvlak worden gecreëerd voor het invoeren van duurzame oplossingen. De regionale overheden krijgen hulp bij het vormgeven van de concessies en het uitvoeren van pilots met verschillende type bussen ('Schultz stimuleert schone bussen', 2012). Om het doel van de Green Deal te realiseren, zijn er in Nederland steeds meer initiatieven te vinden die streven naar emissie laag of emissieloos openbaar busvervoer. Zo rijden er op Schiermonnikoog alleen nog elektrische bussen, zijn er in de rest van Nederland steeds meer hybride bussen in gebruik en rijden er in heel Nederland maar liefst 644 bussen op aard- of groengas (KpVV, 2013). Elektrische aandrijving heeft op dit moment de voornaamste aandacht voor de langere termijn.



Naast het type motor en brandstof, kunnen het verbruik en de uitstoot van een voertuig ook worden bepaald door het rijgedrag van de chauffeur. Vanuit de Nederlandse overheid is daarom een programma werkzaam onder de naam Het Nieuwe Rijden. Dit programma heeft als doel automobilisten en beroepschauffeurs aan te zetten tot energie-efficiënter rijgedrag. Naast een aantal technische aspecten zoals een correcte bandenspanning en de keuze voor het type banden, bestaat Het Nieuwe Rijden uit gedragsveranderingen. Het programma schrijft voor om zo vroeg mogelijk op te schakelen en zoveel mogelijk met een gelijkmatige snelheid te rijden. Daarnaast wordt aangeraden om vroeg te anticiperen op situaties zodat er weinig hoeft te worden geremd. Naast een afname van brandstofverbruik en emissies zijn er nog andere voordelen van een rijstijl naar de maatstaven van Het Nieuwe Rijden. Volgens het programma heeft het een positief effect op verkeersveiligheid, schade, comfort, ziekteverzuim van chauffeurs, geluidshinder en het onderhoud en de levensduur van een voertuig ('Tips voor Het Nieuwe Rijden', z.d.).

### 3. Connectiviteit in de bus

De voorspellingen omtrent de toekomst van het openbaar busvervoer worden gedomineerd door ontwikkelingen op het gebied van brandstof, aandrijving en mobiele technologie. De ontwikkelingen op het gebied van technologie gaan vaak samen met een vorm van connectiviteit. Een voorbeeld hiervan is de mogelijkheid om contactloos te betalen met een smartphone met behulp van een NFC-chip. In 2013 deed vervoerder Arriva hier al een proef mee in de provincies Groningen en Friesland ('Arriva test reis- en betaalsysteem', 2013). Ook is er al steeds vaker door mobiele connectiviteit geleverde Wi-Fi beschikbaar in het openbaar vervoer om het reizigerscomfort te verhogen. 'Toepassingen op basis van connectiviteit ontwikkelen zich snel en juist in de automotive industrie biedt mobiele connectiviteit een groot voordeel omdat het daar gaat om mobiliteit', zegt Erik Peeters, M2M sales manager bij Vodafone Nederland. Het feit dat een bus steeds verandert van locatie maakt het alleen mogelijk deze bus te verbinden wanneer dit via een mobiel netwerk is. Een technologie die dit mogelijk maakt en waarvan dan ook veel gebruik wordt gemaakt is machine-to-machine (M2M).

#### 3.1 M2M

Machine-to-machine technologie verbindt machines of apparaten met elkaar en maakt hiermee informatieoverdracht mogelijk zonder menselijke tussenkomst. Apparaten en machines worden in staat gesteld relevante informatie te verzamelen en vervolgens via een mobiel netwerk te verzenden. M2M toepassingen kunnen bijdragen aan het verminderen van kosten, verhogen van efficiëntie, verbeteren van dienstverlening en het behalen van duurzaamheidsdoelstellingen.

Vodafone heeft als doel 'to empower everybody to be confidently connected'. Naast mobiele telefoons kunnen dit dus ook apparaten of machines zijn die via het mobiele netwerk van Vodafone informatie uitwisselen. Vodafone heeft meer dan 20 jaar ervaring in de wereld van 'connected products' en via een zelfontwikkeld platform worden gebruikers in staat gesteld eenvoudig hun aansluitingen te monitoren en beheren. Vodafone werkt op het gebied van M2M vanuit een wereldwijd team dat meewerkt aan de ontwikkeling en support van machine-to-machine oplossingen.

Het aantal M2M aansluitingen wereldwijd is de afgelopen jaren snel gegroeid en voorspellingen laten zien dat deze groei de komende jaren zal doorzetten. Het aandeel van non-human data binnen de telecommunicatie zal snel toenemen. Op dit moment domineert een aantal grote spelers de machine-to-machine markt en binnen Europe is Vodafone de provider met veruit de meeste M2M aansluitingen. Ook in Nederland is Vodafone marktleider op het gebied van M2M met een marktaandeel van meer dan 50%. Binnen veel van de toepassingen van machine-to-machine levert Vodafone alleen de connectiviteit. Steeds vaker wordt er echter actief samengewerkt met partners om gezamenlijk totaaloplossingen aan te kunnen bieden en verder te zoeken naar innovatieve toepassingen van machine-to-machine technologie.

Toepassingen van Vodafone machine-to-machine kunnen worden onderverdeeld in tien verschillende categorieën. Binnen deze categorieën zijn vele verschillende oplossingen mogelijk, maar niet iedere categorie is op dit moment even ver ontwikkeld. Met name de automotive, energy & utilities en transport & logistics industrie heeft relatief veel actieve toepassingen van M2M (bijlage C).

Machine-to-machine wordt een snel groeiende toekomst voorspeld met een toenemend aantal 'connected products'. De toepassingen zullen steeds meer van context verschuiven, van industrie naar de consument. Steeds vaker zullen consumentenproducten in staat zijn met elkaar te communiceren en gegevens uit te wisselen binnen een huis; het Smart Home. Zo zal je kopje koffie automatisch worden gezet wanneer je wekker afgaat, en bestuur je op afstand je elektrische apparatuur. Omdat er vele mogelijkheden zijn in het verbinden van machines en producten, zal een consument steeds meer verbindingen hebben om te managen.

Naast de verschuiving van een toenemend aantal toepassingen van de industrie naar de consument, zal er ook een toename zijn van het aandeel van M2M in de stedelijke omgeving. Steden transformeren in 'smart cities' die de bewoners ondersteunen in hun dagelijkse bezigheden en waarin dienstverlening wordt geoptimaliseerd. Slimme parkeersystemen, afvalmanagement en real-time informatie over het openbaar vervoer zijn voorbeelden van M2M toepassingen waarmee de leefbaarheid van de stad wordt vergroot.

Onder mobiele connectiviteit wordt verstaan: het uitwisselen van gegevens via een mobiel netwerk. Deze uitwisseling kan via een simkaart (softwarematig of hardwarematig) en kan een richting of twee richtingen op gaan. Welke mobiele techniek gebruikt wordt, 2G, 3G of 4G maakt niet uit, echter de meeste mobiele connecties zijn 2G verbindingen. Binnen het huidige openbaar busvervoer speelt mobiele connectiviteit reeds een belangrijke rol in verschillende toepassingen. Het merendeel van deze toepassingen is gecentreerd rondom de boordcomputer van de bus die in verbinding staat met een mobiel netwerk via een simkaart. De boordcomputer verschaft de chauffeur onder andere informatie over zijn locatie en de te volgen route.

### **3.2 Contact met de centrale**

Naast de informatie over de route heeft de boordcomputer nog een belangrijke functionaliteit. Via de boordcomputer kunnen buschauffeurs contact leggen met de centrale en vice versa. Op deze manier kan snel en eenvoudig een relevante boodschap worden overgebracht of situatie worden gemeld. Het is ook mogelijk om camerabeelden uit de bus via de boordcomputer naar de centrale te sturen zodat er kan worden ingegrepen in geval van een incident.

### 3.3 Track & Trace

Track & trace systemen bieden inzicht in de real-time locatie van een voertuig via GPS. Bij bussen wordt deze informatie vanaf de boordcomputer in de bus via een mobiel netwerk verzonden. Zo kan de locatie van de bus op afstand worden gevolgd. Dit systeem is ook gekoppeld aan het halte-overzicht in de bus en de omroepinstallatie. Met de informatie over de huidige locatie van de bus bepaalt de boordcomputer de volgende halte en vermeldt deze. Deze informatie wordt ook gebruikt om de actuele vertrektijden bij de haltes aan te geven, zogenaamde dynamische reisinformatie.

### 3.4 Reizigersinformatie

Vroeger waren bushaltes alleen voorzien van een statische dienstregeling op papier. Tegenwoordig wordt de informatie over de locatie van de bus uit een track & trace systeem gebruikt als input voor een dynamisch reisinformatiesysteem (DRIS). Hiermee wordt ingespeeld op één van de grootste irritaties bij het reizen met het openbaar vervoer; slechte informatievoorziening bij vertragingen (KpVV, 2014).

De actuele reizigersinformatie wordt gebaseerd op basis van de locatie van de bus, de afstand tot een halte en de geplande vertrektijden. Via de in de bus aanwezige boordcomputer wordt de locatie (GPS) van de bus doorgestuurd naar een centraal systeem. In dit centrale systeem wordt de actuele locatie van de bus vergeleken met de geplande locatie van de bus en zo kan de aankomsttijd bij een halte worden bepaald en weergegeven. Los van het feit dat door een DRIS actuele vertrektijden bij de halte kunnen worden weergegeven, kan deze informatie ook worden geïntegreerd in een SMS-dienst, website of applicatie voor reizigersinformatie. Actuele reisinformatie verhoogt de betrouwbaarheid van het openbaar vervoer en de acceptatie van vertragingen en verstoringen (KpVV, 2010). Dat dynamische reisinformatie voor een betere klantervaring zorgt is aangetoond in de stadsregio Rotterdam. 60,6 % van de haltes is daar voorzien van een DRIS-paneel (figuur 3.1), en de regio scoort een 6 voor 'informatie bij vertragingen' in de OV-Klantenbarometer van 2013 ten opzichte van een landelijk gemiddelde van 5,1 (KpVV, 2014).



Figuur 3.1 Voorbeeld van een DRIS-paneel

### 3.5 Monitoren voertuigprestatie en rijgedrag

Systemen zoals track & trace kunnen naast het monitoren van de locatie van een bus, ook inzicht geven in de status van een voertuig. Het is mogelijk om bijvoorbeeld het brandstofverbruik, de technische status van het voertuig en het rijgedrag van de chauffeur te monitoren. Om inzicht te krijgen in het rijgedrag worden variabelen als snelheid, acceleratie- en remgedrag en brandstofverbruik gecombineerd. Op deze manier hebben vervoersbedrijven inzicht in het rijgedrag van chauffeurs en kan daarop gestuurd worden. Dit leidt tot brandstofbesparingen, reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot, een hogere veiligheid en minder schade aan voertuigen.

Een voorbeeld van een dergelijk systeem bij auto's om rijgedrag te monitoren is de Active Driver Feedback van TomTom. Dit systeem biedt de mogelijkheid om efficiënt en veilig rijgedrag te stimuleren via de navigatie in het voertuig. Het systeem geeft meldingen bij snelheidsoverschrijdingen, plotseling remmen, te hoog toerental en brandstofverbruik. Het rijgedrag van de chauffeur wordt ook gemonitord en er zijn rapportages op te vragen over de prestaties. Ook in het openbaar busvervoer is het monitoren van rijgedrag van chauffeurs inmiddels toegepast. Vervoerder Connexxion heeft in al zijn bussen een systeem geïnstalleerd genaamd RijWijzer, ontwikkeld door Sycada. Dit systeem monitort het rijgedrag van de chauffeurs, geeft direct feedback tijdens het rijden en maakt prestaties over langere tijd inzichtelijk.

### 3.6 OV-chipkaart

Betalen in het openbaar busvervoer gebeurt sinds halverwege 2012, net als in alle andere vormen van openbaar vervoer in Nederland, met de ov-chipkaart. De OV-chipkaart is een betaalpas die werkt met een chip in de kaart. Deze chip maakt het mogelijk om voor een rit te betalen door in- en uit te checken in de bus. De kaart kan worden opgeladen met een abonnement of saldo. Dit opladen gebeurt bij oplaadpunten op stations die via een mobiel netwerk in verbinding staan met een centrale database waar de oplaadinformatie naartoe wordt verzonden en verwerkt. Ook de kaartlezers in bussen (zie figuur 3.2) staan via een mobiel netwerk in verbinding met deze centrale. Dit maakt het mogelijk om elektronisch te betalen in de bus voor de afgelegde kilometers en het bedrag automatisch van de kaart af te schrijven. Reizigers kunnen hierdoor met één kaart betalen voor alle vormen van openbaar vervoer.



*Figuur 3.2 Kaartlezer voor OV-chipkaart*

Connectiviteit maakt verschillende toepassingen van technologie mogelijk binnen het openbaar busvervoer. Actuele reisinformatie, track & trace toepassingen en het betalen met de OV-chipkaart worden ondersteund door een mobiel netwerk. Deze casestudie richt zich specifiek op de impact van de mogelijkheden die connectiviteit biedt om het rijgedrag van chauffeurs te monitoren en beïnvloeden.

## 4. RijWijzer en de impact op het openbaar busvervoer

Zoals eerder aangegeven kan een rijstijl volgens de maatstaven van Het Nieuwe Rijden onder andere bijdragen aan brandstofbesparing, veiligheid, comfort en schadereductie. Naast het meegeven van tips over een rijstijl, kan hierop ook actief worden gecoacht. Een voorbeeld van een systeem dat rijgedrag van chauffeurs in het openbaar busvervoer monitort en daarop passende feedback geeft is de RijWijzer van Connexion.

### 4.1 Het systeem RijWijzer

De RijWijzer is een aangepaste versie van de Green Fleet Monitor van ontwikkelaar Sycada, een track & trace systeem met aanvullende voertuiginformatie. In de zomer van 2013 heeft Connexion de RijWijzer in alle 1400 bussen geïnstalleerd. RijWijzer heeft als doel chauffeurs te monitoren en te coachen in hun rijgedrag om zo brandstof te besparen en veiliger te rijden. 'Met de Green Fleet Monitor is het mogelijk tussen de 5% en 25% aan brandstofkosten te besparen, afhankelijk van het type voertuig waarmee wordt gereden', garandeert Kristian Winge, directeur van ontwikkelaar Sycada.

De RijWijzer bestaat uit een interface in de bus en een online omgeving. De informatie die tijdens de rit is verzameld wordt automatisch verzonden naar de online omgeving. Via een speciaal geïnstalleerde interface op het dashboard in de bus (zie figuur 4.1) ontvangt de chauffeur al tijdens de rit direct feedback op zijn rijgedrag. Vier ledlampjes geven aan of de chauffeur op dat moment goed presteert, of dat er iets verbeterd kan worden. Wanneer de chauffeur hard afremt of langzaam opschakelt (niet actief bij een automaat) gaan er oranje ledlampjes branden om het betreffende verbeterpunt aan te geven. Het doel voor de chauffeur is om zoveel mogelijk het groene ledlampje te laten branden. Maar omdat de bus zich tussen ander verkeer bevindt is dit niet altijd mogelijk. Het gedrag van de chauffeur zal direct worden beïnvloed door de metingen die de RijWijzer uitvoert.



*Figuur 4.1 De interface van de RijWijzer in de bus (links) en de locatie op het dashboard (rechts)*

De RijWijzer wordt door de chauffeur ingeschakeld met een persoonlijke sleutel. Door herkenning van de sleutel wordt de verzamelde informatie direct naar het juiste account gestuurd en worden alle ritten van een chauffeur in een dossier verzameld. Dit dossier kan worden geraadpleegd door de chauffeur zelf om zijn presentaties bij te houden. Daarnaast hebben ook managers inzage in het systeem. Zij kunnen de individuele prestaties van chauffeurs bekijken, maar ook de prestaties van een regio en deze vergelijken met gestelde doelen. Meer informatie over de werking van RijWijzer is te vinden in Bijlage B.

#### **4.2 Impact van RijWijzer op brandstofverbruik en brandstofkosten**

In september 2013 is Connexxion van start gegaan met het gebruik van de RijWijzer. Het systeem is onderdeel van een initiatief van Connexxion om brandstof te besparen. Dit project omvat ook een deel van de Connexxion rijacademie waar buschauffeurs worden getraind in de principes van Het Nieuwe Rijden. Deelname aan de RijWijzer is voor chauffeurs op dit moment nog op vrijwillige basis en niet alle chauffeurs maken gebruik van het systeem.

In de eerste vier maanden na introductie van het RijWijzer programma is er een daling van het brandstofverbruik van 5% ten opzichte van het normverbruik in 2011. Gemiddeld bespaart een deelnemende chauffeur 11% van de verbruikte brandstof. 5% van de totale hoeveelheid brandstof die wordt verbruikt door Connexxion staat gelijk aan ongeveer 1 miljoen liter diesel. 'Deze besparingen zijn gerealiseerd met behulp van de RijWijzer, maar ook andere onderdelen van ons programma om zuiniger om te gaan met brandstof hebben hier impact op gehad', aldus Robèrt Weijers van Connexxion. Wanneer dit niveau van besparingen kan worden doorgezet, bespaart Connexxion in een jaar tijd zo'n 3 miljoen liter diesel. Uitgaande van een brandstofprijs van € 1,50 per liter, levert dit een financieel voordeel op van maar liefst € 4.500.000 in een jaar. Een besparing die voor een deel wordt veroorzaakt door de RijWijzer.

Op dit moment nemen nog niet alle chauffeurs deel aan het programma en worden ook niet de maximale besparingen behaald. 'Daarnaast is het lastig om de exacte brandstofbesparingen veroorzaakt door de RijWijzer te bepalen, toch denk ik dat we het systeem binnen een jaar terug zouden kunnen verdienen', verwacht Robèrt Weijers. Dit komt overeen met de belofte van ontwikkelaar Sycada over de toepassingen van de Green Fleet Monitor, waarbij een terugverdientijd van een jaar wordt voorspeld. Nadat de investeringen voor het systeem zijn terugverdiend zijn de kosten voor het gebruik van het systeem in verhouding laag en leveren de besparingen direct voordeel op voor Connexxion.



### 4.3 Impact van RijWijzer op het milieu

Het besparen van brandstof zorgt direct voor een vermindering van de hoeveelheid uitgestoten CO<sub>2</sub>. Zoals weergegeven in tabel 4.1 hangt de hoeveelheid uitgestoten CO<sub>2</sub> af van het type brandstof; diesel heeft een relatief grote uitstoot per liter brandstof.

Brandstof	Directe uitstoot CO <sub>2</sub>
LPG	1665 gram/liter
Benzine	2392 gram/liter
Diesel	2640 gram/liter

Tabel 4.1. CO<sub>2</sub>-emissieniveaus per brandstof, tank-to-wheel ('Hoe bereken je', n.d.)

Een besparing van 3 miljoen liter diesel per jaar levert een reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van Connexxion op van 7.920.000 kg in vergelijking tot het verbruik in 2011. Dit is een besparing van ongeveer 5% van de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot van de bussen van Connexxion.

Connexxion bezit 1500 van de in totaal 5000 bussen die in Nederland rondrijden. Op dit moment doet ongeveer de helft van de chauffeurs mee aan het RijWijzer project. Wanneer alle bussen in Nederland zouden worden uitgerust met een systeem zoals RijWijzer en dit zou ongeveer hetzelfde percentage aan brandstofbesparing opleveren als op dit moment bij Connexxion, kan de CO<sub>2</sub>-uitstoot van het openbaar busvervoer met 10% worden verlaagd. Dit gaat om 50 miljoen kg CO<sub>2</sub> per jaar, bijna net zoveel als de gemiddelde uitstoot van 6000 huishoudens in Nederland in een jaar (Milieucentraal, n.d.).

Dit lijkt misschien aanzienlijk, maar wegverkeer in Nederland in het algemeen stoot jaarlijks zo'n 30 miljard kg CO<sub>2</sub> uit. De bussen in het openbaar vervoer zijn verantwoordelijk voor slechts 0,2% van de totale uitstoot van het wegverkeer. De impact op de CO<sub>2</sub>-uitstoot van het wegverkeer is dus beperkt. Waar bussen in het openbaar vervoer een grotere invloed op hebben is de luchtkwaliteit. Luchtkwaliteit wordt onder andere bepaald aan de hand van stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) en fijnstof. De mate van uitstoot van deze stoffen wordt bepaald door type motor, brandstof, filters en het rijgedrag. Met name in de grote steden is de invloed van bussen groot, in sommige gebieden is 75% van alle stikstofoxiden in de lucht afkomstig van bussen (TNO, 2012). De uitstoot van NO<sub>x</sub> en fijnstof is niet zo eenvoudig te berekenen als die van CO<sub>2</sub> omdat er meer factoren van invloed zijn dan alleen brandstofverbruik. De uitstoot van deze stoffen wordt bepaald aan de hand van een bepaalde hoeveelheid uitstoot per kilometer per voertuig. De RijWijzer vermindert echter niet het aantal afgelegde kilometers. Het positief beïnvloeden van het rijgedrag zal wel degelijk leiden tot een vermindering van de uitstoot van NO<sub>x</sub> en fijnstof maar hoe groot deze reductie precies is, is lastig te bepalen. Om relevantere besparingen te realiseren op het gebied van NO<sub>x</sub>- en fijnstofuitstoot kan er beter voor een ander type motor en/of brandstof worden gekozen. Zo stoot bijvoorbeeld een Euro VI gekwantificeerde bus 75% minder stikstofoxiden uit dan een bus met een Euro V-label.



Ondanks dat andere maatregelen, zoals het type brandstof en het type motor, meer effect hebben op uitstoot van bussen is een systeem zoals RijWijzer niet alleen een oplossing voor de korte termijn. 'De RijWijzer is nu op de korte termijn een manier om brandstof te besparen en minder CO<sub>2</sub> uit te stoten. Op de lange termijn kijken ook wij naar alternatieve brandstoffen, maar ook dan is het relevant om rijgedrag te monitoren en zo zuinig mogelijk met de brandstof om te gaan', zegt Robèrt Weijers van Connexxion. Juist voor elektrische voertuigen kan zuinig omgaan met energie interessant zijn omdat zo de range van een voertuig kan worden vergroot die wordt beperkt door de levensduur van de batterij. De kapitaalslag om direct over te stappen op elektrisch vervoer is voor veel vervoerders te groot en daarom biedt de RijWijzer een overbruggingsoplossing voor Connexxion.

#### **4.4 Impact van RijWijzer op het gedrag van buschauffeurs**

De RijWijzer kan alleen het gewenste effect bereiken wanneer buschauffeurs gemotiveerd zijn om het systeem te gebruiken en zich te laten coachen op hun rijstijl. Op dit moment kunnen chauffeurs nog zelf kiezen of zij wel of niet deelnemen aan het project. Er staan op rayon Schiphol 293 sleutels op naam in het systeem, 117 chauffeurs zijn actieve gebruikers, nog geen 40% van alle chauffeurs. Volgens John Groot, Assistent Rayonmanager Personeel Schiphol van Connexxion, heeft dit verschillende oorzaken. 'Sommige chauffeurs zijn uit zichzelf al gemotiveerd om deel te nemen en zien het als een soort spel waarbij ze zo goed mogelijk willen presteren. Anderen vinden dat ze de RijWijzer niet nodig hebben om zuinig te rijden of trekken de uitkomsten in twijfel', aldus Groot. 'Daarnaast zijn er wat opstartproblemen geweest met het project maar die zijn inmiddels allemaal opgelost. Het systeem functioneert nu goed en er wordt aantoonbaar bezuinigd.' Andere chauffeurs zien in de RijWijzer echter ook een nieuwe manier om hen te controleren. 'RijWijzer is weer een extra controlemiddel, en sommige chauffeurs zijn bang om hierop te worden afgerekend', aldus een chauffeur van Connexxion. Door chauffeurs de mogelijkheid te bieden om onder een alias deel te nemen, vergroot Connexxion het gevoel van privacy van de chauffeurs en heeft het toch inzage in de informatie over het rijgedrag.

De chauffeurs worden aangemoedigd om deel te nemen aan het programma en in de besparing mee te delen met behulp van een financiële vergoeding. Chauffeurs kunnen tussen de € 400,- en € 1000,- bruto per jaar bovenop hun salaris verdienen bij succesvolle deelname aan het RijWijzer project. Dit bedrag is afhankelijk van de prestaties en het aantal chauffeurs dat deelneemt. 'Voor veel chauffeurs is een beloning toch wel de belangrijkste reden om deel te nemen. Ze vinden dat ze mee moeten profiteren als het bedrijf brandstof bespaart', zo vertelt een chauffeur van Connexxion. Toch is een financiële vergoeding niet voor alle chauffeurs genoeg reden om gebruik te maken van het systeem. Sommige chauffeurs ervaren het systeem als verwarrend omdat er tegengestelde belangen spelen. Een chauffeur wil het liefst op tijd op zijn bestemming zijn maar zal door zich aan de RijWijzer te houden soms onderweg vertraging oplopen. 'De RijWijzer geeft wel eens tegenstrijdige aanwijzingen in vergelijking tot mijn doelen om punctualiteit na te streven,' geeft een chauffeur aan. Robèrt Weijers van Connexxion geeft aan dat dit kan kloppen. 'In de afspraken met concessiehouders worden afspraken gemaakt over punctualiteit, welk deel van de bussen mag te laat zijn, en welk deel te vroeg. Als we dit uitleggen aan de chauffeurs begrijpen zij dit ook beter'. Ondanks de afspraken in de concessie worden individuele chauffeurs wel eens per jaar geëvalueerd en daarin wordt punctualiteit ook meegenomen. Deze punctualiteit wordt echter steeds vaker bepaald aan de hand van een aantal vaste punten op een lijn, zoals begin- en eindpunt. Op deze manier is er onderweg voor de chauffeur meer ruimte om zuinig met brandstof om te gaan.

Het lastige van de RijWijzer is dat het bijna onmogelijk is om gedurende een hele rit het groene lampje te laten branden. Afhankelijkheid van ander verkeer en bepaalde onderdelen in een route, zoals het snel moeten invoegen op de snelweg, maken het chauffeurs lastig. 'Je moet chauffeurs echt uitleggen dat het niet erg is als het oranje lampje even brandt omdat het (rijtechnisch) niet anders kan', aldus John Groot van Rayon Schiphol. 'Er moet gekeken worden naar de resultaten op langere termijn in plaats van een klein onderdeel van een rit.'

Wanneer chauffeurs gemotiveerd zijn om deel te nemen aan een project zoals de RijWijzer kunnen er flinke besparingen worden gerealiseerd. Naast besparingen op het gebied van brandstof levert een goede rijstijl van de buschauffeurs ook voordelen op voor passagiers. 'Een gelijkmatige snelheid zorgt voor een groter comfort voor de passagiers', aldus Robèrt Weijers. 'De RijWijzer beoordeelt rijstijlscore aan de hand van snelheid en acceleratie, en rustig remmen en optrekken leidt tot een betere rijstijlscore en een hoger passagierscomfort.'

Naast comfort voor de passagiers, geeft Kristian Winge van Sycada aan dat er nog een ander extra voordeel is voor de gebruikers van de Green Fleet Monitor. Het systeem heeft bij gebruikers aangetoond dat er kans is op schadereductie. 'TNT heeft na invoering van de Green Fleet Monitor 50% minder schade gehad aan de voertuigen', aldus Winge. Voor Connexxion is het nog te vroeg om hier iets over te kunnen zeggen. 'Wij zijn pas sinds september bezig met het systeem en zijn eerst aan het onderzoeken wat het effect exact is op ons brandstofverbruik. Het is echt nog te vroeg om te kunnen zeggen of er sprake is van schadereductie', aldus Robèrt Weijers van Connexxion.

## 5. Conclusies en toekomstperspectief

In deze casestudie is de invloed van connectiviteit op het openbaar busvervoer in Nederland onderzocht. Het openbaar busvervoer vertolkt een belangrijke rol binnen de maatschappij, met name voor het reizen tijdens de spits en het mogelijk maken van onderwijsdeelname voor scholieren en studenten. Ondanks dat de overheid veel invloed kan uitoefenen op het openbaar vervoer en zo een voorbeeld kan stellen voor de rest van het vervoer in Nederland, liggen er nog grote kansen voor optimalisatie en verduurzaming. Mobiele connectiviteit brengt voor een deel oplossingen binnen deze kansen en helpt op deze manier ook het relatief slechte imago van het openbaar vervoer te verbeteren. Een voorbeeld hiervan is het systeem genaamd RijWijzer, waarvan de impact in deze casestudie is onderzocht. Tot besluit wordt gekeken naar de randvoorwaarden van een succesvolle toepassing van een dergelijk systeem en naar het toekomstperspectief van connectiviteit binnen het vervoer in het algemeen.

### 5.1 De Connected Bus

RijWijzer is een voorbeeld van een succesvolle toepassing om het rijgedrag van buschauffeurs te monitoren en te verbeteren. Het laat zien hoe technologie in combinatie met connectiviteit kan bijdragen aan verhoogde efficiëntie door middel van brandstofbesparing. Op dit moment leidt dit tot een afname van 5% van het totale brandstofverbruik bij deelname van ongeveer de helft van de chauffeurs van vervoerder Connexxion. Deze brandstofbesparing brengt direct ook een afname van CO<sub>2</sub>-uitstoot met zich mee. RijWijzer helpt chauffeurs om zuiniger met energie om te gaan en verhoogt daarmee indirect ook het reiscomfort van passagiers. Het feit dat brandstofbesparing een grote kostenbesparing met zich meebrengt, is een belangrijke driver om een dergelijk systeem te implementeren. Verwacht wordt dat het systeem binnen een jaar is terugverdiend bij deelname van alle chauffeurs.

De motivatie van buschauffeurs om deel te nemen aan een programma als RijWijzer is essentieel voor het behalen van het gewenste resultaat. Dit toont aan dat menselijke motivatie nodig is om iets te bereiken met een 'slim systeem', en dat het systeem op zich niet genoeg is. Daarnaast laat het zien dat technologie en connectiviteit kunnen worden gebruikt om menselijk gedrag bewust te beïnvloeden. De regels omtrent Het Nieuwe Rijden zijn algemeen bekend, maar met het gebruik van de RijWijzer krijgen chauffeurs de kans het geleerde in de praktijk te brengen door middel van directe feedback op hun resultaat. Systemen op basis van connectiviteit, zoals de RijWijzer, bieden de mogelijkheid om feedback op individueel niveau te personaliseren en informatie op maat te bieden. En dit geldt natuurlijk niet alleen voor het openbaar vervoer, of vervoer in het algemeen. Dit principe kan overal worden toegepast waar een verandering in menselijk gedrag kan bijdragen om duurzaamheids- en besparingsdoelstellingen te realiseren.

## 5.2 Toekomst van connectiviteit in het openbaar busvervoer

In de nabije toekomst zullen toepassingen met behulp van connectiviteit verder bijdragen aan een betere reizigersservice en optimalisatie van het openbaar busvervoer. Dynamische reisinformatie wordt verder uitgerold en geïntegreerd met reisplanners zoals 9292ov.nl om zo reizigers altijd van real-time informatie te voorzien. In combinatie met contactloos betalen zoals via een NFC-chip op de smartphone, wordt het voor reizigers steeds gemakkelijker en aantrekkelijker om met het openbaar vervoer te reizen. Het openbaar vervoer zal zich steeds meer richten op de behoeftes van de reiziger, en daar op inspelen. De grootste reizigersgroep van scholieren en studenten, die zich over het algemeen gemakkelijk aanpast aan nieuwe ontwikkelingen, maakt het mogelijk om binnen het openbaar busvervoer verder te innoveren. Wel moet daarbij de groeiende groep ouderen, waarvoor openbaar busvervoer de belangrijkste vorm van openbaar vervoer is, niet worden vergeten.

## 5.3 Toekomst van connectiviteit in het vervoer

Zoals aangegeven kan de overheid het openbaar vervoer gebruiken als voorbeeld voor de maatschappij en hoeft de implementatie van systemen zoals de RijWijzer zich niet te beperken tot de transportindustrie. Wanneer een dergelijk systeem zou worden geïntegreerd in alle particuliere voertuigen op de Nederlandse wegen, zou het effect flink worden vergroot. Te verwachten valt dat met een rijgedrag monitoringssysteem een brandstofbesparing van gemiddeld 10% wordt behaald. Dit leidt tot een reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot met zo'n 10% van de totale uitstoot van het wegverkeer. Dit is een reductie van de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot met 3 miljard kg, wat gelijk staat aan de gemiddelde jaarlijkse uitstoot van maar liefst 350.000 huishoudens, ongeveer evenveel huishoudens als in de gemeente Rotterdam (Milieucentraal, n.d.). Ook zal er een financieel voordeel zijn van zo'n 10% van de totale brandstofkosten. Het maatschappelijke effect van het integreren van een systeem zoals RijWijzer in het particuliere vervoer in Nederland kan enorm oplopen. Hierbij moet wel worden aangetekend dat ook hier de menselijke motivatie nodig zal zijn om het gewenste resultaat te kunnen bereiken.

Dat de implementatie van een monitoringssysteem voor de eigen auto geen futuristisch beeld is, wordt aangetoond door verschillende initiatieven in de auto-industrie. Naast BMW, is ook Volkswagen een samenwerking aangegaan met provider Vodafone voor het leveren van connectiviteit voor The Connected Car (Biederman, 2014). Een connected car biedt de mogelijkheid om een voertuig op afstand te monitoren, inzicht te hebben in het gebruik en de status van het voertuig en aan te geven wanneer onderhoud nodig is. Er kunnen talloze variabelen worden gemeten in een auto, en bij een Connected Car wordt de mogelijkheid geboden deze informatie te versturen en inzichtelijk te maken. 'Daarnaast wordt steeds vaker een zogenaamde 'e-call' geïntegreerd, een automatische noodoproep wanneer er een ongeluk met het voertuig plaatsvindt. Dit draagt ook bij aan de veiligheid in het verkeer', geeft Erik Peeters van Vodafone M2M aan. Verwacht wordt dat in 90% van alle nieuwe auto's in 2025 is voorzien van geïntegreerde connectiviteit via een mobiel netwerk (SBD, 2012).

Het toevoegen van mobiele connectiviteit kent vele toepassingen in het verkeer en vervoer, zoals geïllustreerd in deze casestudie. Binnen de vervoersindustrie biedt mobiele connectiviteit grote mogelijkheden tot efficiëntieverhoging en verduurzaming, en kan het ook bijdragen aan veiligheid en comfort. Deze casestudie laat ook zien dat alleen connectiviteit vaak niet genoeg is om de gewenste resultaten van een systeem te bereiken. Mobiele connectiviteit biedt de mogelijkheid om relevante informatie te vergaren, maar uiteindelijk is het de mens die bereid moet zijn deze informatie op de juiste wijze te gebruiken om het gewenste resultaat te behalen.

## Bronnen

Arriva test reis- en betaalsysteem via de mobiel (18 november 2013). Verkregen op 1 april 2014, van <http://www.ovpro.nl/trein/2013/11/08/arriva-test-reis-en-betaalsysteem-via-de-mobiel/>

Biederman, J. (12 maart 2014). *Volkswagen: 'Connected by Vodafone'*. Verkregen op 12 maart 2014, van <http://www.connexieb2b.nl/actueel/8838/volkswagen-8216connected-by-vodafone-8217.html>

Boer, E. den, Brouwer, F. & Essen, H. van (2008). *Stream. Studie naar transport emissies van alle modaliteiten*. Delft: CE Delft.

Centraal Bureau voor de Statistiek (01 juli 2013). *Statline: Gereisde kilometers door personen; vervoerswijzen, regio's*. Verkregen op 31 maart 2014, van <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=81126NED&D1=a&D2=a&D3=l&HDR=G2,T&STB=G1&CHARTTYPE=1&VW=T>

Centraal Planbureau & Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (januari 2009). *Het belang van openbaar vervoer, de maatschappelijke effecten op een rij*. Verkregen op 14 februari 2014, van <http://www.cpb.nl/en/publication/het-belang-van-openbaar-vervoer-de-maatschappelijke-effecten-op-een-rij>

Coster, O. (2013). *Klimaatbewust aanbesteden van openbaar busvervoer*. Avante Consultancy. Verkregen op 19 februari 2014, van <http://www.cngnet.nl/media/139022/klimaatbewust%20aanbesteden%20openbaar%20busvervoer.pdf>

Hoe bereken je de CO<sub>2</sub>-uitstoot uit het brandstofverbruik? (n.d.). Verkregen op 21 februari 2014, van <http://www.ecoscore.be/hoe-bereken-je-de-co2-uitstoot-uit-het-brandstofverbruik>

Kennisplatform Verkeer en Vervoer (Augustus 2010). *Stipt op stap met DRIS*. Verkregen op 31 maart 2014, van <http://www.kpVV.nl/KpVV/KpVV-Overige-Content/KpVV-Overige-Content-Media/Bijlagen-publicaties/Stipt-op-stap-eBook-def-totaalpdf.pdf>

Kennisplatform Verkeer en Vervoer (2013). *Milieuprestatie ov-bussen 2013*. Verkregen op 14 februari 2014, van <https://www.kpVV.nl/KpVV/KpVV-Overige-Content/KpVV-Overige-Content-Media/Bijlagen-publicaties/Milieukwaliteit-bussen-poster-2013pdf.pdf>

Kennisplatform Verkeer en Vervoer (Maart 2014). *OV-Klantenbarometer 2013, Landelijke cijfers*. Verkregen op 31 maart 2014, van <http://www.kpVV.nl/Resultaten-onderzoek-OV-Klantenbarometer-2013>

Milieucentraal (n.d.). *Bereken uw CO<sub>2</sub>-uitstoot*. Verkregen op 22 april 2014, van <http://www.milieucentraal.nl/thema's/thema-1/klimaat-en-milieu Problemen/klimaatverandering/klimaatcompensatie/bereken-uw-co2-uitstoot/>

SBD (februari 2012). *2025 Every Car Connected: Forecasting the Growth and Opportunity*. Verkregen op 22 april 2014, van <http://www.gsma.com/connectedliving/wp-content/uploads/2012/03/gsma2025everycarconnected.pdf>

Schultz stimuleert schone bussen in openbaar vervoer (09-10-2012). Verkregen op 21 februari 2014, van <http://www.rijksoverheid.nl/nieuws/2012/10/09/schultz-stimuleert-schone-bussen-in-openbaar-vervoer.html>

Tips voor Het Nieuwe Rijden voor bussen en touringcars (z.d.). Verkregen op 31 maart 2014, van <http://www.hetnieuwerijden.nl/wat-kunt-u-doen/rijstijltips/bussen-en-touringcars/>

TNO (22 maart 2012). *Schone en duurzame bussen in het openbaar vervoer: Wat is de route?*  
Verkregen op 12 februari 2014, van [https://www.tno.nl/downloads/Visiestuk%20schone%20en%20duurzame%20bussen\\_v1\\_220312.pdf](https://www.tno.nl/downloads/Visiestuk%20schone%20en%20duurzame%20bussen_v1_220312.pdf)

## **Bijlage A - Vervuiling van bussen**

Aangezien slechts 15% van de bussen op alternatieve brandstoffen rijdt zoals gas en elektriciteit, zijn de bussen een vervuilende tak van openbaar vervoer. Naast CO<sub>2</sub>-uitstoot veroorzaakt door het verbranden van diesel, stoten de bussen ook fijnstof en stikstofoxiden uit. Deze twee uitlaatgassen bepalen in grote mate de luchtkwaliteit; 45% van alle fijnstof in de lucht wordt veroorzaakt door menselijke activiteit. Vooral wegverkeer levert hier een grote bijdrage aan. Fijnstof heeft invloed op de ontwikkeling van hart- en longziektes, chronische bronchitis en astma. Daarnaast sterven er in Nederland ongeveer 3000 mensen ieder jaar sneller door de invloed van fijnstof. Stikstofoxiden zijn de oorzaak van zure regen en veroorzaken allerlei ziektes in de menselijke luchtwegen. Ongeveer de helft van alle stikstofoxiden in de Nederlandse lucht wordt veroorzaakt door wegverkeer.

Vanuit de Europese Unie zijn er maxima bepaald voor de hoeveelheid fijnstof en stikstofoxiden in de lucht om luchtkwaliteit te kunnen waarborgen. Om het broeikaseffect tegen te gaan, zijn er ook eisen rondom CO<sub>2</sub>-uitstoot. In 2050 zal de hoeveelheid uitgestoten CO<sub>2</sub> met 60% moeten zijn afgenomen vergeleken met 1990. Volgens de Kyoto overeenkomst zal Nederland al in 2020 de CO<sub>2</sub>-uitstoot moeten hebben teruggebracht tot onder het niveau van 1990. Transport in het algemeen veroorzaakt 20% van alle CO<sub>2</sub>-uitstoot. Bussen in het openbaar vervoer zijn slechts verantwoordelijk voor 0,4% van alle afgelegde wegverkeer kilometers; namelijk 470 miljoen kilometer per jaar. Echter, met 500.000 ton CO<sub>2</sub> uitstoot per jaar, wordt wel 2% van de totale uitstoot van het wegverkeer in Nederland veroorzaakt door bussen. Een schoon en effectief openbaar vervoer zal niet alleen zelf voor uitstootreductie zorgen, maar ook een degelijk alternatief moeten zijn voor het gebruik van de eigen auto.



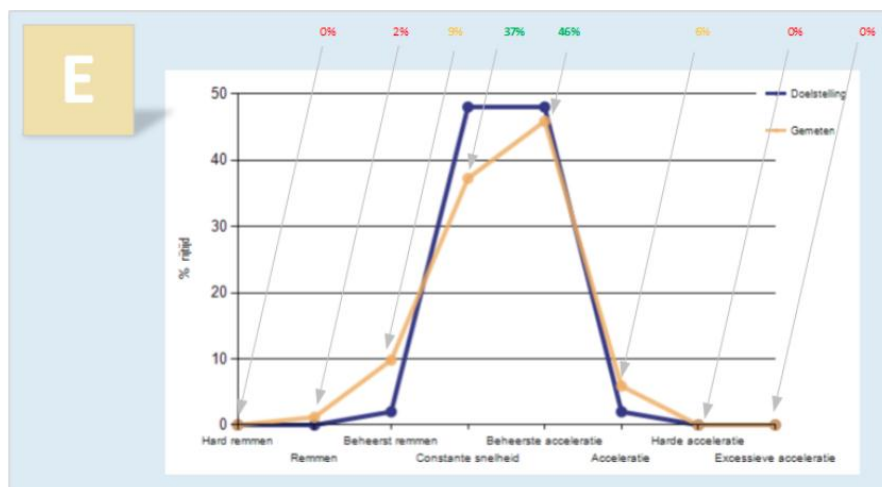
## Bijlage B - Verdere uitleg RijWijzer

De RijWijzer verzamelt verschillende typen informatie die worden weergegeven in de online omgeving. Figuur B.1 laat zien hoe deze online omgeving eruit ziet.



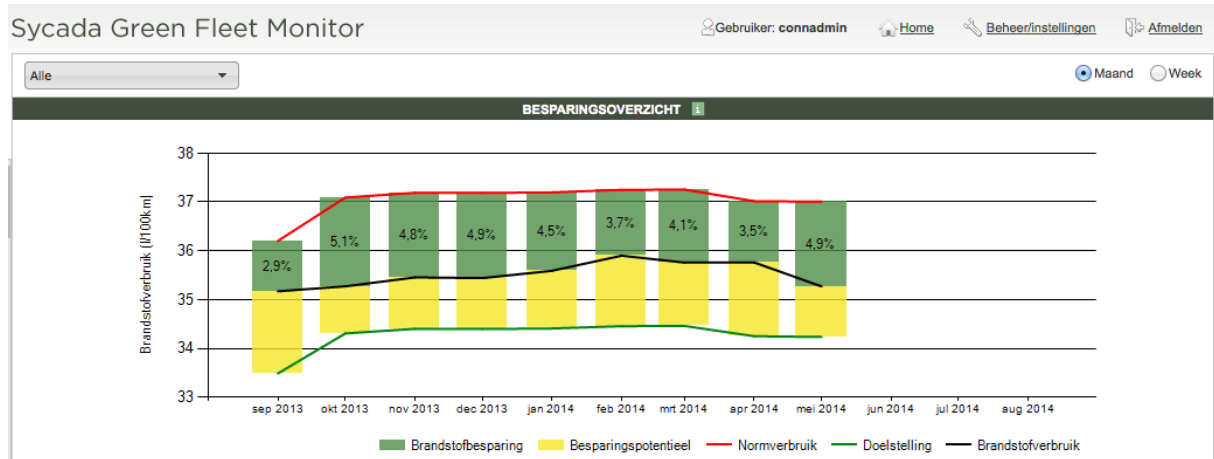
Figuur B.1. De online omgeving van de RijWijzer voor een individuele chauffeur.

In de online omgeving van de RijWijzer wordt er voor elke rit van de chauffeur aangegeven wat zijn brandstofscores en rijstijlscore is. Beide indicatoren worden beoordeeld met een letter, A is een goede score, H is de slechtste. Brandstofscores zijn gebaseerd op een vergelijking van het werkelijke brandstofverbruik tot een beoogd verbruik. Het doelverbruik van Connexion is gesteld op 7,5% onder het normverbruik voor het invoeren van de RijWijzer. Een positieve score betekent dus dat de chauffeur 7,5% of meer bespaart ten opzichte van het gemiddelde vroegere verbruik. Het normverbruik verschilt per type bus en is gemeten over een langere tijdsperiode. De rijstijlscore is gebaseerd op een acceleratiediagram. In dit diagram, zoals weergegeven in figuur B.2, is de tijd besteed aan versnellen en afremmen uitgezet ten opzichte van de totale rijtijd van een rit. Hoe groter het deel van de tijd gereden op een constante snelheid en gematigd optrekken en remmen, hoe beter de rijstijlscore.



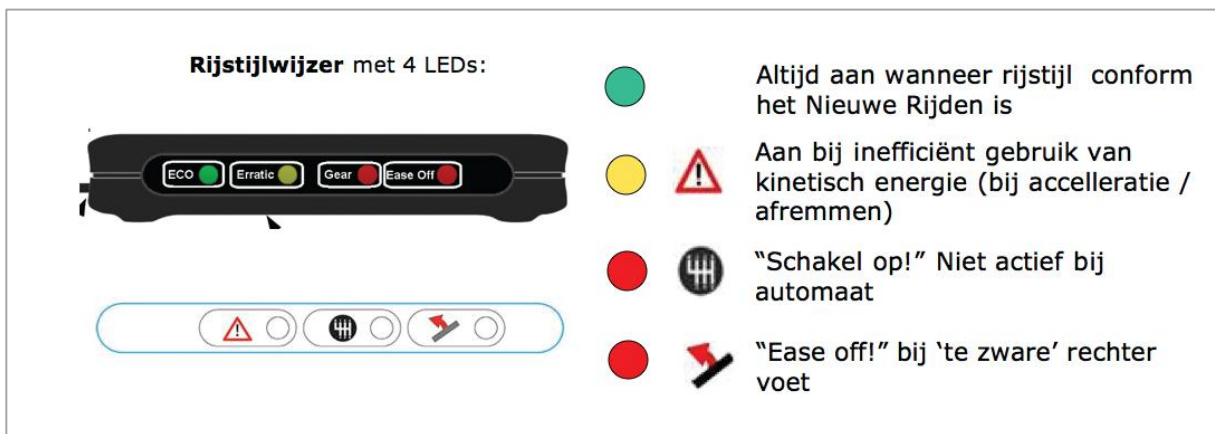
Figuur B.2 Acceleratiediagram met in blauw de doelstelling en in geel de gemeten resultaten

Naast deze twee indicatoren verzamelt de RijWijzer nog meer informatie waaronder de totale hoeveelheid verbruikte brandstof, CO2-uitstoot en gemiddelden over meerdere ritten. Managers kunnen deze informatie opvragen van hun gehele rayon en zo zien hoe er in het algemeen gepresteerd wordt maar ook per chauffeur. Figuur B.3 laat zien hoe resultaten over een langere tijd kunnen worden weergegeven.



Figuur B.3 Dashboard voor een manager met prestaties over een langere periode

De online omgeving toont de resultaten over een langere periode, terwijl de interface in de bus de chauffeur direct op zijn gedrag kan coachen. Figuur B.4 laat de precieze duiding van de ledlampjes in de interface zien. Chauffeurs krijgen uitleg over de betekenis van de lampjes voordat ze ermee aan de slag gaan. Het doel voor de chauffeur is om zoveel mogelijk het groene ledlampje te laten branden.



Figuur B.4 De RijWijzer interface met uitleg van de verschillende ledlampjes

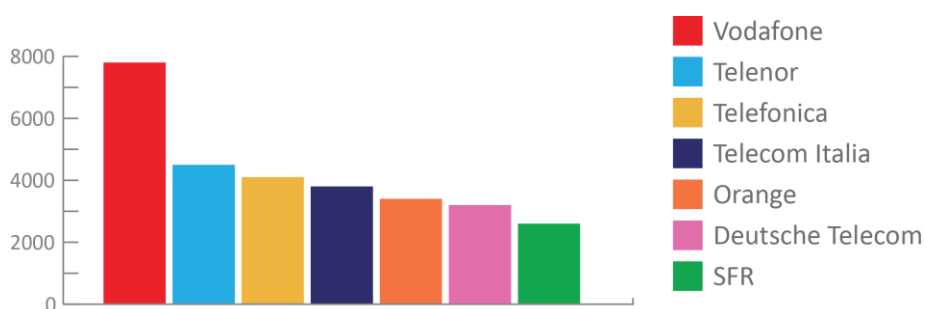
## Bijlage C – Wat is M2M bij Vodafone?

### C.1 Machine-to-machine & Vodafone

Machine-to-machine technologie, of kortweg M2M, verbindt machines of apparaten met elkaar en maakt hiermee informatieoverdracht mogelijk zonder menselijke tussenkomst. Apparaten en machines worden in staat gesteld relevante informatie te verzamelen en vervolgens via een mobiel netwerk te verzenden. M2M toepassingen kunnen bijdragen aan het verminderen van kosten, verhogen van efficiëntie, verbeteren van dienstverlening en het behalen van duurzaamheidsdoelstellingen.

Vodafone heeft als doel 'to empower everybody to be confidently connected'. Naast mobiele telefoons kunnen dit dus ook apparaten of machines zijn die via het mobiele netwerk van Vodafone informatie uitwisselen. Vodafone heeft meer dan 20 jaar ervaring in de wereld van 'connected products' en via een zelfontwikkeld platform worden gebruikers in staat gesteld eenvoudig hun aansluitingen te monitoren en beheren. Vodafone werkt op het gebied van M2M vanuit een wereldwijd team dat meewerkt aan de ontwikkeling en support van machine-to-machine oplossingen.

Het aantal M2M aansluitingen wereldwijd is de afgelopen jaren snel gegroeid en voorspellingen laten zien dat deze groei de komende jaren zal doorzetten. Het aandeel van non-human data binnen de telecommunicatie zal snel toenemen. Op dit moment domineert een aantal grote spelers de machine-to-machine markt en binnen Europe is Vodafone de provider met veruit de meeste M2M aansluitingen, zie figuur C.1. Ook in Nederland is Vodafone marktleider op het gebied van M2M met een marktaandeel van meer dan 50%. Binnen veel van de toepassingen van machine-to-machine levert Vodafone alleen de connectiviteit. Steeds vaker wordt er echter actief samengewerkt met partners om gezamenlijk totaaloplossingen aan te kunnen bieden en verder te zoeken naar innovatieve toepassingen van machine-to-machine.



Figuur C.1 Aantal M2M aansluiting x1000 voor Europese operators

(Ryberg, T. (2013). *The Global Wireless M2M Market*. Gotheburg, Sweden: Berg Insights).

Toepassingen van Vodafone machine-to-machine kunnen worden onderverdeeld in tien verschillende categorieën. Binnen deze categorieën zijn vele verschillende oplossingen mogelijk, maar niet iedere categorie is op dit moment even ver ontwikkeld. Met name de automotive, energy & utilities en transport & logistics industrie heeft op dit moment relatief veel actieve toepassingen van M2M.

### *Automotive*

In de automotive industrie levert M2M oplossingen op het gebied van track-and-trace, diefstalpreventie, voertuigmonitoring en veiligheid. Een voorbeeld van een toepassing op het gebied van veiligheid is de e-call. Hierbij wordt automatisch een alarmnummer gebeld wanneer een auto in een ongeluk terecht is gekomen.

### *Transport & Logistics*

De transportindustrie is net als de automotive industrie extra interessant voor M2M toepassingen vanwege de benodigde mobiliteit. Optimalisaties worden gemaakt met behulp van 'fleet management' systemen ondersteund door M2M verbindingen.

### *Energy & Utilities*

De Energy & Utilities sector is ver in de ontwikkeling van M2M. Dit wordt onder andere gestimuleerd door wet- en regelgeving op het gebied van slimme meters. Dit zijn energiemeters op basis van een M2M verbinding waarbij de meterstanden automatisch worden doorgestuurd naar de energieleverancier.

### *Financial Services*

Mobiele pinapparaten is een welbekend voorbeeld van een machine-to-machine toepassing binnen de financiële wereld. Voor financiële services is veiligheid en privacy van groot belang, die kan worden geleverd door een M2M aansluiting.

### *Security*

De beelden van beveiligingscamera's kunnen met behulp van M2M altijd en overal worden bekeken. De camera's staan draadloos in verbinding met een mobiel netwerk en kunnen zo ook eenvoudig van plaats worden veranderd.

### *Manufacturing*

Binnen de manufacturing industrie zijn er allerlei processen die worden geoptimaliseerd dankzij machine-to-machine. Variërende vraag kan eenvoudig worden gekoppeld aan productie waardoor overproductie wordt voorkomen of productie minder lang stil hoeft te liggen.

### *Consumer Goods*

M2M is verder ontwikkeld in de industrie dan binnen de consumentenmarkt. Toch wordt ook de consument dagelijks geconfronteerd met machine-to-machine oplossingen. Frisdrankautomaten houden de voorraad in de automaat bij en geven een signaal wanneer bevoorrading nodig is. Hetzelfde geldt voor koffiemachines, die aangeven wanneer schoonmaak of bijvullen nodig is. Dit voorkomt onnodig onderhoud of bevoorrading.

### *Consumer Electronics*

Naast dat het voor consumenten voordelig kan zijn informatie te vergaren over de eigen producten, is diezelfde informatie ook interessant voor producenten of ontwerpers. Dankzij M2M hebben producenten beter inzicht in het gebruik van consumentenproducten zoals wasmachines of koffiezetapparaten.

### *Health*

Ook binnen de gezondheidszorg wordt machine-to-machine steeds meer toegepast. Zo worden bijvoorbeeld defibrillatoren uitgerust met een M2M verbinding waardoor de werking van deze apparaten op afstand kan worden getest. Ook kunnen allerlei metingen, zoals bloedsuiker of hartslag, voortaan op afstand van een arts plaatsvinden doordat deze gegevens direct worden doorgestuurd.

### *Public Services*

De publieke ruimte wordt ook steeds 'slimmer' onder de noemer Smart City. Toepassingen van machine-to-machine binnen dit kader zijn bijvoorbeeld slimme straatlantaarns die uitgaan wanneer weinig verkeer wordt geregistreerd.

### **Toekomstperspectief**

Machine-to-machine wordt een snel groeiende toekomst voorspeld met een toenemend aantal 'connected products'. De toepassingen zullen steeds meer van context verschuiven, van industrie naar de consument. Steeds vaker zullen consumentenproducten in staat zijn met elkaar te communiceren en gegevens uit te wisselen binnen een huis; het Smart Home. Zo zal je kopje koffie automatisch worden gezet wanneer je wekker afgaat, en bestuur je op afstand je elektrische apparatuur. Omdat de mogelijkheden in het verbinden van machines en producten in principe eindeloos zijn, zal een consument steeds meer verbindingen hebben om te managen.

Naast de verschuiving van een toenemend aantal toepassingen van de industrie naar de consument, zal er ook een toename zijn van het aandeel van M2M in de stedelijke omgeving. Steden transformeren in 'smart cities' die de bewoners ondersteunen in hun dagelijkse bezigheden en waarin dienstverlening wordt geoptimaliseerd. Slimme parkeersystemen, afvalmanagement en real-time informatie over het openbaar vervoer zijn voorbeelden van M2M toepassingen waarmee de leefbaarheid van de stad wordt vergroot.

De toekomstmogelijkheden van machine-to-machine zijn omvangrijk. Alle producten en machines zullen in de toekomst in verbinding staan met een mobiel netwerk. Dit levert een gigantische hoeveelheid aan informatie op en te verwachten valt dat beslissingen zoveel mogelijk alleen nog zullen worden genomen op basis van real-time informatie. Deze informatie kan alleen worden verzonden via een vorm van connectiviteit.

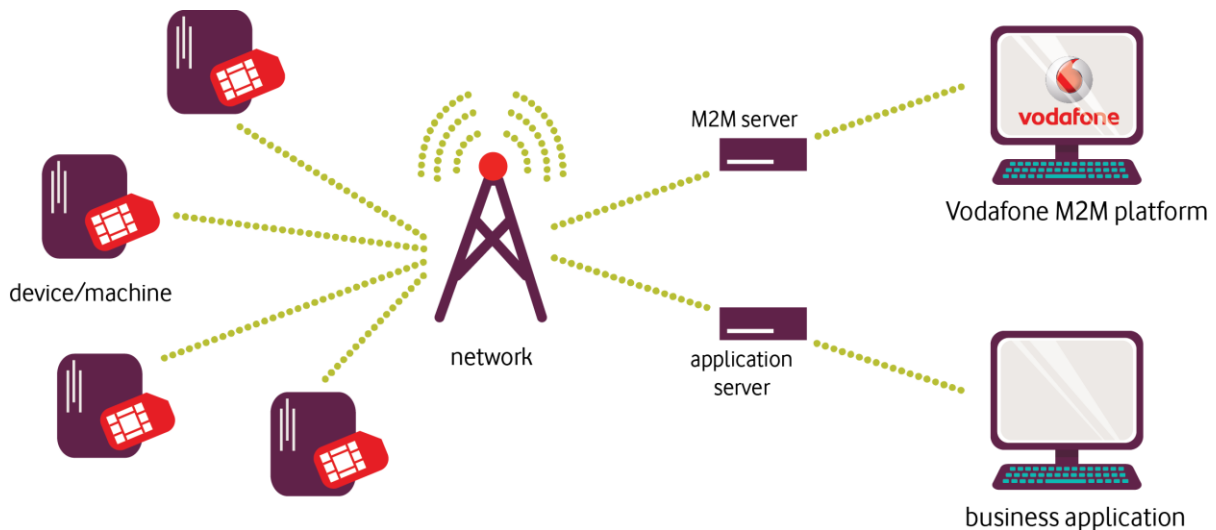
## B.2 Machine-to-machine technologie

Machine-to-machine communicatie is gebaseerd op het uitwisselen van sensorinformatie. Sensoren in of aan een machine meten een variabele en verzamelen de verkregen informatie. Deze informatie wordt verzonden via een mobiel netwerk. Om informatie via een mobiel netwerk te kunnen verzenden moet een modem en een SIM kaart worden ingebouwd in de machine of het apparaat. Het modem levert de mogelijkheid tot communicatie en de SIM kaart zorgt voor een verbinding met een specifiek mobiel netwerk. Deze SIM kaart is vergelijkbaar met de SIM kaart zoals die ook in mobiele telefoons wordt gebruikt. Het verzenden van de informatie gebeurt via de zendmasten van Vodafone.

In principe kan machine-to-machine via ieder type connectiviteit plaatsvinden, zowel mobiel als vast. Voor bepaalde toepassingen is mobiel noodzakelijk, zoals in een mobiele toepassing. Vaste verbindingen zouden in andere gevallen ook kunnen volstaan, net als Wi-Fi connecties. Daarnaast hangt de urgentie van de verbinding en de beoogde kwaliteit nauw samen met de keuze voor de vorm van connectiviteit. Wanneer een bepaalde kwaliteit en zekerheid van de communicatie vereist is, biedt een kwalitatief betrouwbaar mobiel netwerk uitkomst. Via dit netwerk kan ook een hogere veiligheid worden gegarandeerd dan via bijvoorbeeld een Wi-Fi netwerk. In Nederland gaat M2M verkeer grotendeels over het 2G netwerk. Dit netwerk is robuust en heeft een goede indoordekking. Het 3G netwerk wordt in mindere mate gebruikt vanwege de hoge kosten van in het bijzonder het modem dat benodigd is voor de netwerkcommunicatie.

De verzamelde sensorinformatie wordt vanaf het apparaat via het modem in het apparaat naar zendmasten verzonden. Deze zendmasten sturen de informatie vervolgens weer door naar een online portal van de eigenaar van het apparaat of de machine. Deze online omgeving vormt de toepassing van de M2M oplossing, oftewel business application. Deze application is ontwikkeld door een software ontwikkelaar en maakt het mogelijk om de binnengekomen informatie te analyseren en daarop eventueel direct te reageren. Wanneer bijvoorbeeld een machine informatie doorgeeft dat een onderdeel van het apparaat niet meer in werking is, kan de machine op afstand worden uitgeschakeld en direct een monteur worden gewaarschuwd. In deze vorm zorgt machine-to-machine niet alleen voor inzicht, maar ook voor directe actie op de verkregen informatie. De informatie wordt dus vanaf het apparaat via een zendmast verstuurd naar een business application.

Omdat het vaak niet nodig is dat een apparaat constant in verbinding staat met het netwerk, kan deze door de gebruiker op inactief worden gezet. Het Vodafone machine-to-machine platform biedt gebruikers de mogelijkheid om hun aansluitingen te monitoren en te beheren. Wanneer er informatie van een apparaat benodigd is, kan de gebruiker via het platform een SMS verzenden naar het apparaat waardoor het wordt geactiveerd. Het apparaat 'ontwaakt' door deze SMS en maakt verbinding met het netwerk om de benodigde informatie te verzenden. Dit wordt bijvoorbeeld toegepast bij slimme straatlantaarns. Deze lantaarns kunnen op afstand worden gemonitord om te checken of deze werkzaam zijn. Eens in de zoveel tijd wordt een SMS naar de straatlantaarn verstuurd met de vraag of deze nog werkt. Vervolgens is de lantaarn in staat om een bericht terug te sturen wanneer dit het geval is. Wanneer er geen bericht terugkomt, is het apparaat hoogstwaarschijnlijk niet werkzaam en kan er een monteur op af worden gestuurd.



*Figuur C.2 Machine-to-machine technologie; van machine tot business application.  
Communicatie is mogelijk in beide richtingen.*

Naast de verbinding tussen het apparaat en de online omgeving, is er dus ook een verbinding tussen het apparaat en het Vodafone M2M platform. De informatie die hiernaar wordt verzonden is verschillend van de informatie die naar de business application gaat. Daar gaat het om sensorinformatie terwijl het er hier gaat om de status en werking van de SIM. Via beide verbindingen, die naar het M2M platform en die naar business application, kan informatie twee kanten op worden gestuurd. Tussen het M2M platform, waar de SIMs worden beheerd, en de business application is geen directe verbinding benodigd.

### **Vodafone's kenmerken in M2M**

Naast een internationale SIM biedt Vodafone voor M2M ook een speciaal platform. Omdat M2M gebruikers vaak veel SIMs in gebruik hebben kunnen deze via het platform eenvoudig worden beheerd. De SIMs kunnen worden geactiveerd wanneer deze in gebruik worden genomen. Ook kunnen de SIMs worden gedeactiveerd wanneer deze een bepaalde periode niet in gebruik zijn. Via het platform heeft de beheerder ook inzicht de status van een bepaalde SIM (actief of passief) en de laatste acties rondom deze SIM.