

ATO

Automatic train operation

Lisa Boer



ATO

Automatic train operation

door

Lisa Boer

14 juni 2021

Student nummer : 4907280
Vak: CT3000-16 Bachelor Eind project
Project duur: 19 April 2021 – 22 Juni 2021
Supervisors: dr. V.L. Markine TU Delft, 1^e supervisor
dr. ir. E. Schrik CEng Mott MacDonald, 2^e supervisor
ir. R. de Zutter Mott MacDonald, 3^e supervisor

Voorwoord

Dit rapport is geschreven voor het bachelor eindproject van de studie Civiele Techniek aan de TU Delft. Ik ben zelf erg tevreden met de resultaten van het onderzoek. Ook zou ik een aantal mensen willen bedanken voor hen hulp tijdens mijn onderzoek, want zonder hen was het resultaat niet hetzelfde geweest.

Allereerst zou ik mijn begeleiders van Mott MacDonald, Eelco Schrik en Ronald de Zutter, willen bedanken. Zij hebben mij enorm geholpen met wekelijkse feedback en het opzetten van contact met externen tijdens mijn onderzoek. Ook tussen de wekelijkse vergaderingen door stonden zij altijd klaar voor hulp, wat echt enorm fijn was.

Verder zou ik ook graag mijn begeleider van de TU Delft bedanken, Valeri Markine. Namelijk voor de feedback tijdens mijn onderzoek en het mogelijk maken van dit project.

Daarnaast wil ik ook de mensen die ik heb geïnterviewd bedanken voor de tijd en moeite die zij hierin hebben gestoken. Naast het feit dat ik tijdens deze interviews veel heb geleerd, was hun informatie ook enorm behulpzaam.

Tot slot zou ik graag mijn mede-reizigers bedanken voor het invullen van de enquête. Sommigen hebben hem niet alleen ingevuld maar ook nog eens verder verspreid, waardoor ik erg veel antwoorden heb gehad. Dit onderdeel was cruciaal voor het onderzoek en ik ben iedereen die de moeite heeft genomen hem in te vullen enorm dankbaar.

*Lisa Boer
Delft, 14 juni 2021*

Samenvatting

Het aantal treinreizigers stijgt elk jaar. Binnenkort zal de huidige capaciteit van het treinvervoer worden overstegen. Een oplossing voor dit probleem is het automatiseren van treinen. Rijden onder automatic train operation (ATO) gaat in verschillende stappen. De hogere niveau's, GoA3 (zonder machinist) en GoA4 (zonder machinist en conducteur), hebben de meeste sociale impact. In dit proces naar automatisering is maatschappelijke acceptatie een belangrijke stap.

Het doel van dit onderzoek is om uit te zoeken wat reizigers vinden van het feit dat er in de toekomst treinen misschien zonder machinist rijden en dat er wellicht ook geen conducteur meer aan boord is om de sociale veiligheid te waarborgen. De onderzoeksvraag van dit onderzoek luidt: *"Wat is de veiligheidsperceptie van Nederlandse reizigers op het implementeren van ATO onder GoA3 en GoA4?"* Er worden nog meerdere factoren meegenomen zoals het verschil tussen heavy rail (treinen) en light rail (metro's), er wordt ook gekeken naar waar de veiligheidsrisico's daadwerkelijk liggen en het laatste wat wordt meegenomen is het goederenvervoer, wat over hetzelfde traject rijdt.

Om een antwoord te verkrijgen op de onderzoeksvraag, is er een enquête verspreid onder Nederlandse treinreizigers. Ook zijn er interviews afgenomen met vervoerders van zowel heavy rail (NS), light rail (RET) en goederenvervoer (ProRail), om uit te zoeken of het gevoel van reizigers overeenkomt met waar de risico's feitelijk liggen als ATO wordt geïmplementeerd. Uit de antwoorden van de enquête is gebleken dat reizigers sociale veiligheid erg belangrijk vinden en dat in een trein zonder conducteur het vaakst een onveilig gevoel wordt ervaren.

Verder voelden reizigers zich ook onveiliger met het idee dat het systeem onvoorziene situaties niet goed oppakt. Dit laatste bleek ook zeker een veiligheidsrisico te zijn volgens NS en RET, aangezien het erg lastig is om een systeem voor alle mogelijke situaties voor te bereiden. Het gemiddelde cijfer aan de veiligheid, of dit nu geldt voor het huidige systeem, GoA3 of GoA4, ligt hoger naar mate reizigers ofwel meer verstand hebben van hoe veiligheid wordt gewaarborgd, ofwel meer reiservaring hebben.

Metro's maken veel gebruik van ondergrondse infrastructuur, wat ook als een onveilige situatie wordt geschetst door reizigers. Het sociale aspect speelt hier echter een kleinere rol, doordat de afstanden tussen haltes korter zijn en hulp dus snel kan arriveren, mocht het nodig zijn.

Een kwart van de reizigers voelt extra onveiligheid doordat goederentreinen over hetzelfde traject rijden, maar uit het interview is gebleken dat er weinig is om voor te vrezen als het gaat om gevolgen voor passagierstreinen.

Op basis hiervan wordt aanbevolen eerst alleen te kijken naar GoA3 onder heavy rail, aangezien de sociale factor een grote impact heeft. Verder is het belangrijk reizigers goede voorlichting te geven. Een vervolgonderzoek zou meer aandacht kunnen besteden aan de daadwerkelijke oplossingen voor veiligheidsrisico's en de haalbaarheid van deze oplossingen.

Inhoudsopgave

Samenvatting	ii
Lijst van afkortingen	iv
1 Introductie	1
2 ATO	3
2.1 Definitie	3
2.2 Grade of automation	3
2.2.1 GoA1	3
2.2.2 GoA2	3
2.2.3 GoA3	3
2.2.4 GoA4	3
2.3 Voordelen van ATO	4
2.4 Referentie projecten	5
2.4.1 Light rail	5
2.4.2 Heavy rail	5
2.4.3 Goederenvervoer	5
3 Onderzoeksopzet	6
3.1 Enquête	6
3.2 Interviews	6
4 Resultaten	8
4.1 Enquête	8
4.1.1 Huidige perceptie	8
4.1.2 GoA3	8
4.1.3 GoA4	10
4.1.4 Maatregelen	11
4.1.5 Metro's	13
4.1.6 Goederenvervoer	13
4.2 Interviews	13
4.2.1 Heavy rail	13
4.2.2 Light rail	14
4.2.3 Goederenvervoer	15
5 Conclusie & Aanbevelingen	16
6 Discussie	18
Bibliografie	20
A Reizigersenquête vragen	21
B Antwoorden reizigersenquête	24
C Interviews	32
C.1 Light rail (RET)	32
C.2 Heavy rail (NS)	35
C.3 Goederenvervoer (ProRail)	38

Lijst van afkortingen

Tabel 1: Lijst van afkortingen en betekenissen

Aforting	Betekenis
ATO	Automatic Train Operation
GoA	Grade of Automation
NS	Nederlandse Spoorwegen
ATP	Automatic train protection
ATB	Automatische treinbeïnvloeding
STO	Semiautomatic train operation
DTO	Driverless train operation
UTO	Unattended train operation
ERTMS	European Rail Traffic Management System
STS-passage	Stoptonend sein passage

1

Introductie

Het aantal reizigerskilometers in het openbaar vervoer van Nederlanders is in de afgelopen 20 jaar gestegen van ongeveer 15 miljard naar maar liefst 20 miljard [7]. De trein wordt ook steeds vaker gebruikt door de kwaliteitsverbetering in treindiensten. De verwachting is dat in de aankomende 20 jaar het gebruik van de trein nog met 30 tot 40% zal gaan stijgen. Rond het jaar 2030 zal dan ook op veel plekken de maximale capaciteit van het spoor zijn bereikt. Er zijn verschillende manieren om de capaciteit van het spoor te vergroten:

1. Aanleg van nieuwe infrastructuur
2. Ontwikkeling nieuwe technologieën

Aangezien de aanleg van nieuwe infrastructuur erg duur is en er geografisch gezien weinig ruimte is, worden er nieuwe technologieën ontwikkeld voor de verbetering van de capaciteit. Een van deze technologieën is Automatic Train Operation (ATO) [16]. In metrosystemen is ATO echter geen nieuw begrip. Daar wordt het al sinds 1969 toegepast. Naast het capaciteitsprobleem is er ook sprake van een modal-shift. Door snelle ontwikkelingen in de wegensector, verslechtert de concurrentiepositie van de spoorwegen en zullen meer mensen zich uiteindelijk gaan transporteren over de weg [6]. Met oog op de klimaatdoelen is dit een onaangenaam vooruitzicht. Ook hier is ATO een goede oplossing. Er zijn nog verschillende knelpunten als er gekeken wordt naar de implementatie van ATO. Eén van deze knelpunten is de publieke perceptie [9]. De mening van de reiziger is erg belangrijk aangezien deze zich uiteindelijk veilig genoeg moeten voelen om gebruik te maken van het spoornetwerk.

Het doel van dit onderzoek was om uit te zoeken wat reizigers er van vinden als ATO wordt toegepast in Nederland en of de risico's die zij zien overeenkomen met de daadwerkelijke valkuilen. Dit is gedaan aan de hand van een enquête voor reizigers en interviews met vervoerders van zowel heavy rail (trein) als light rail (metro). Naast passagierstreinen rijden er ook goederentreinen over het spoor. Deze treinen rijden in Nederland vooral tussen de zeehavens en buurlanden [14]. Een vraag over goederenvervoer is toegevoegd aan de enquête en ook heeft er een interview plaatsgevonden, dat focuste op goederentreinen. De hoofdvraag van het onderzoek luidt als volgt:

"Wat is de veiligheidsperceptie van Nederlandse reizigers op het implementeren van ATO onder GoA3 en GoA4?"

Daarnaast zullen er nog 3 subvragen worden beantwoord die helpen bij het schrijven van aanbevelingen:

1. Waar liggen de veiligheidsrisico's bij het implementeren van ATO en verschilt dit van de reizigersperceptie?
2. Is er verschil in veiligheid(perceptie) tussen heavy rail en light rail?
3. Levert het nog extra veiligheidsrisico's op als (automatische) goederentreinen over hetzelfde traject rijden en wat vinden reizigers hiervan?

Het volgende hoofdstuk is een introductie tot ATO. In hoofdstuk 3 zal beschreven worden hoe het onderzoek is opgezet. Hoofdstuk 4 geeft de resultaten van de enquête en de interviews weer. In hoofdstuk 5 zullen de conclusie en aanbevelingen worden gesproken en tot slot zullen de resultaten van het onderzoek in hoofdstuk 6 worden bediscussieerd.

2

ATO

In dit hoofdstuk wordt uitgelegd wat ATO inhoudt en wat de voordelen van ATO zijn. Er wordt ook gekeken naar een paar referentie projecten.

2.1. Definitie

Automatic train operation, in het Nederlands automatische trein besturing, is een nieuwe technologie in de spoorwereld. Door de problemen beschreven in hoofdstuk 1 zijn er nieuwe technologieën nodig. Het is de bedoeling dat door middel van sensoren en camera's treinen automatisch gaan rijden en op afstand kunnen worden gemonitord, waardoor treinen dichter op elkaar kunnen gaan rijden zonder de veiligheid in gevaar te brengen.

2.2. Grade of automation

Er zijn 4 verschillende rangen te onderscheiden als er wordt gekeken naar automatisering. In Nederland rijden op dit moment treinen onder GoA1 en metro's eveneens onder GoA1.

2.2.1. GoA1

Als onder GoA1 gereden wordt, houdt dat in dat de bestuurder in principe alle verantwoordelijkheid heeft tijdens het opstarten, rijden, stoppen en als er een storing plaatsvindt[8]. De trein opereert onder ATP, in het Nederlands ook wel ATB, en een bestuurder. Dit houdt in dat de machinist de trein wel bestuurt, maar dat de beveiliging op de snelheid let. Als de trein een snelheidslimiet overschrijdt en de machinist grijpt niet in, zal het systeem zelf gaan afremmen[4].

2.2.2. GoA2

Bij GoA2, ofwel Semiautomatic train operation (STO), is de machinist nog wel verantwoordelijk voor het sluiten van de deuren en het ingrijpen bij verstoringen, maar het rijden en stoppen van de trein gaat automatisch. De machinist is echter nog wel deels nodig om de trein in beweging te zetten [1]. De machinist blijft hier verantwoordelijk en grijpt in wanneer nodig [16].

2.2.3. GoA3

Bij GoA3 wordt er gesproken van Driverless train operation (DTO). Het starten, stoppen en besturen van de trein gaat allemaal automatisch. Er is geen machinist meer nodig. Er is wel personeel aan boord. In geval van een verstoring kan het personeel ingrijpen [1].

2.2.4. GoA4

Het laatste level is GoA4, wat ook wel Unattended train operation (UTO) wordt genoemd. Er is nu sprake van een volledig autonome trein. Het opstarten, stoppen, besturen, sluiten van deuren en het ingrijpen bij verstoringen is nu allemaal automatisch [1]. Er is in dit geval geen personeel meer aan boord. Verstoringen worden op afstand opgelost door een storingsteam [16].

Een overzicht van het hier bovenstaande is te vinden in figuur 2.1.

Grade of Automation	Train Operation	Setting train in motion	Driving and stopping train	Door closure	Operation in event of disruption
GoA 1	ATP with Driver	Driver	Driver	Driver	Driver
GoA 2	ATP and ATO with Driver	Driver / Automatic	Automatic	Driver	Driver
GoA 3	Driverless (DTO)	Automatic	Automatic	Attendant / Automatic	Attendant
GoA 4	Unattended (UTO)	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic

Figuur 2.1: Grades of automation [11]

2.3. Voordelen van ATO

Het implementeren van ATO heeft verschillende voordelen[16]. Allereerst is het een oplossing voor het probleem dat is beschreven in hoofdstuk 1: capaciteit. Het aantal reizigers zal in de komende jaren nog flink stijgen, wat het spoor op dit moment niet aankan. ATO moet ervoor gaan zorgen dat treinen dichter op elkaar kunnen gaan rijden, waardoor er ook méér treinen kunnen gaan rijden.

Ten tweede zou het een hogere punctualiteit en betrouwbaarheid moeten gaan opleveren. De trein zou minder vaak onnodig hoeven afremmen of stoppen wat resulteert in hogere punctualiteit en betrouwbaarheid. Deze twee factoren zullen naar verwachting verbeteren doordat er geen afhankelijkheden meer zijn tussen treindiensten. Een machinist die vastzit in een vertraagde trein, zal niet op tijd in de volgende trein zitten, waardoor die ook vertraging oploopt. Onafhankelijkheid tussen treindiensten haalt deze vertragingen weg, waardoor de betrouwbaarheid en punctualiteit ook verbeteren.

Ook moet het resulteren in lagere exploitatiekosten en kosten per kilometer. Doordat onnodige stops en snelheidsremmingen worden voorkomen, zal het materiaal ook minder slijten en kunnen daar kosten worden bespaard. Ook zal er sprake zijn van besparing op personeelskosten. Niet alleen omdat er geen machinisten en conducteurs meer nodig zijn, maar ook omdat er geen personeel achter de hand gehouden hoeft te worden. Op dit moment zijn er extra machinisten en conducteurs aanwezig op een station in het geval van een vertraging. Als een machinist vast zit in een vertraagde trein (zoals in de vorige paragraaf beschreven) en hierna in een andere trein zou moeten rijden, kan de vervoerder dit extra personeel inzetten om dit probleem op te lossen. Onder ATO zullen er geen afhankelijkheden meer zijn tussen treindiensten en is dit extra personeel ook niet nodig. Dit is echter niet het geval bij metro's. Bij metro's is er een extra bestuurder aanwezig in het geval dat een bestuurder echt niet meer verder kan rijden (bijvoorbeeld als deze onwel wordt). De precieze waarden van deze kosten moeten nog worden bepaald met een onderzoek.

ATO heeft ook positieve effecten op de klimaat doelen. Als de trein voorkeur krijg ten opzichte van de auto, heeft dit positieve effecten op de CO₂ uitstoot. De trein is namelijk een duurzamer vervoersmiddel dan de auto. Daarnaast zal ATO ook zorgen voor een lager energieverbruik. Het optrekken en afremmen van de trein, wat het meeste energie verbruikt, zal efficiënter gaan.

Het laatste verwachte voordeel is een verbetering van de veiligheid [16]. Door treinen te automatiseren, wordt de human error geëlimineerd. De meeste fouten worden namelijk gemaakt door mensen. Dit zou een mooie bijkomstigheid zijn, maar het is zeker niet nodig. De trein is op dit moment al een van de veiligste manieren van transport [6].

2.4. Referentie projecten

In dit onderzoek is gekeken naar light rail, heavy rail en goederenvervoer. Om deze reden is onderstaand voor al deze typen vervoer een referentie project beschreven, waarin op zijn minst gebruik wordt gemaakt van GoA3.

2.4.1. Light rail

De Northeast Line in Singapore is een goed voorbeeld van een volledig automatische metro. De metro is automatisch en onbemand. De metrolijn heeft een totale lengte van 20 kilometer en is in 2003 voor het eerst gaan rijden. Om veiligheid te garanderen, is er gebruik gemaakt van platform deuren, deze zijn te zien in figuur 2.2. Deze gaan alleen open als de metro arriveert, waardoor het spoor volledig afgesloten is van de passagiers. De metro maakt gebruik van camera's in elke wagon en detectoren om te controleren of er voorwerpen op het spoor liggen [15].



Figuur 2.2: Northeast Line Singapore [3]

2.4.2. Heavy rail

Alstom, een multinational actief in onderdelen en service voor spoorwegen, wil in Duitsland beginnen met testen van ATO in regionale treinen. In dit project zullen twee treinen worden getest onder ERTMS en ATO. ERTMS is een vorm van treinbeveiliging. Er zal getest worden onder GoA3 tijdens het rijden en GoA4 tijdens het rangeren [13].

2.4.3. Goederenvervoer

Pilbara railways heeft in 2018 een automatisch rijdende goederentrein op het spoor gezet in Australië, te zien in figuur 2.3. Deze trein vervoert ijzererts voor het bedrijf Rio Tinto. De treinen worden bediend op afstand. De treinen hebben camera's aan boord die constant worden gecontroleerd vanuit een 'remote control centre' [5].



Figuur 2.3: Iron Ore goederentrein [12]

3

Onderzoeksopzet

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe het onderzoek is opgezet. Het is onderverdeeld in de enquête en de interviews.

3.1. Enquête

Om te kijken naar het onderdeel: veiligheidsperceptie, is een enquête opgesteld voor reizigers. De enquête is opgedeeld in 5 onderdelen:

1. **Algemeen:** deze vragen vertellen geven informatie over de reiziger. Maakt iemand veel gebruik van de trein, dan telt deze mening bij sommige vragen meer mee dan iemand die zelden de trein gebruikt. Ook telt huidige kennis over de veiligheid van de trein mee. Het verschil tussen de daadwerkelijke veiligheidsrisico's en de perceptie zal naar verwachting kleiner zijn op het moment dat een persoon verstand heeft van treinbeveiliging.
2. **ATO:** deze vragen gaan specifiek over de veiligheidsperceptie wanneer ATO GoA3 en GoA4 wordt toegepast. Ook is er een vraag gesteld over een aantal potentiële oplossingen, zoals speakers in gevaarlijke situaties en eventueel voorlichting, om te kijken of dit positief bijdraagt aan de veiligheidsperceptie.
3. **Metro's:** hier wordt een klein uitstapje gemaakt naar light rail. Deze vragen zijn bedoeld om te kijken of er een verschil is in veiligheidsperceptie tussen heavy rail en light rail. Daarnaast zit de infrastructuur ook niet geheel hetzelfde in elkaar. Zo maken metro's veel gebruik van ondergrondse infrastructuur en hebben treinen meer overwegen. Deze vragen moeten duidelijk maken of deze verschillende situaties een extra gevoel van onveiligheid met zich meebrengen.
4. **Goederenvervoer:** er is ook een vraag toegevoegd met betrekking tot het goederenvervoer. Hier wordt gekeken of het feit dat goederentreinen over hetzelfde spoor rijden invloed heeft op de veiligheidsperceptie van de reiziger.
5. **Overig:** deze vraag is bedoeld om te kijken naar eigen ervaringen van reizigers. Misschien hebben zij ooit wel eens gebruik gemaakt van een automatisch rijdende metro en hebben zij dit niet door gehad. Wellicht wist men dit wel. Mochten zij hiervan gebruik hebben gemaakt, dan wordt er gevraagd hoe veilig zij dit ervoeren.

De complete enquête is te vinden in bijlage A.

3.2. Interviews

Er zijn interviews gehouden met de light rail sector (RET), heavy rail sector(NS) en het goederenvervoer(ProRail). Het doel van deze interviews was om te kijken waar de knelpunten qua veiligheid nu daadwerkelijk zitten. Mensen hebben zelf misschien ideeën over waar de risico 's zitten, wat met de enquête bepaald wordt, maar dat betekent overigens niet dat ze daar ook echt zitten.

De vragen voor RET en NS focussen zich vooral op de huidige veiligheid en de risico 's op het moment dat ATO onder GoA3 / GoA4 geïmplementeerd wordt.

De vragen voor ProRail, over het goederenvervoer, focussen zich juist op de eventuele impact op het passagiersvervoer mocht er iets misgaan. Het doel is ook om te kijken of de voordelen van het automatiseren van goederenvervoer de nadelen afwegen.

De volledige vragen zijn, samen met de antwoorden, te vinden in bijlage C en staan dik gedrukt.

4

Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten besproken. Deze resultaten zijn belangrijk voor het vormen van de antwoorden op de hoofdvraag en deelvragen. De resultaten komen van de verspreide enquête en de gehouden interviews.

4.1. Enquête

Uiteindelijk hebben 253 reizigers, of zij nu vaak of bijna nooit met de trein gaan, de enquête ingevuld. De resultaten zijn opgedeeld in verschillende onderdelen. De volledige resultaten van de enquête zijn te vinden in bijlage B.

4.1.1. Huidige perceptie

Het laagste cijfer wat is uitgedeeld aan het huidige reizigersvervoer met de trein is een 4. Dit is één keer ingevuld, door iemand die zelden reist met de trein. Daarnaast is het getal 5 ook één keer ingevuld, eveneens door een reiziger die aangeeft zelden met de trein te reizen.

De meerderheid van de respondenten ervaart de veiligheid met een 8 of zelfs een 9. Het gemiddelde cijfer m.b.t. veiligheid van het huidige passagiersvervoer is een 8,3. Dit kan echter nog worden onderverdeeld in reizigers die aangeven dat zij (enigzins) snappen hoe de veiligheid van treinen wordt gewaarborgd en reizigers die aangeven dat zij geen idee hebben hoe dit in elkaar zit.

Heb je, op dit moment, enig idee hoe de veiligheid van treinen in elkaar zit?	Gemiddelde cijfer veiligheid
Ja (enigzins)	8,7
Nee	8,1

Tabel 4.1: Gemiddeld cijfer veiligheid huidige werking van treinen in combinatie met kennis

Zoals in tabel 4.1 te zien is, is er een klein verschil in het gemiddelde cijfer. Reizigers die aangeven verstand te hebben van de huidige systeem, geven het reizen met de trein gemiddeld een hoger cijfer.

Als er onder het huidige systeem iets mis zou gaan in de trein, houdt 70,4% de vervoerder verantwoordelijk, 16,2% houdt niemand verantwoordelijk en slechts 10,3% houdt de machinist verantwoordelijk.

4.1.2. GoA3

Rijden onder GoA3 impliceert dat er geen machinist meer aanwezig is in de trein. Er is nu een lichte verschuiving te zien (naar beneden) in de cijfers die aan de veiligheid worden gegeven. Het gemiddelde cijfer m.b.t. veiligheid van passagiersvervoer onder GoA3 is een 7,2.

De veiligheidsperceptie onder het rijden van GoA3 kan worden afgezet tegen kennis van het treinsysteem. Respondenten die hebben ingevuld wel (deels) verstand te hebben van hoe veiligheid in de trein

werkt, geven gemiddeld een hoger veiligheidscijfer dan de respondenten die hebben ingevuld hier geen verstand van te hebben. Dit is te zien in tabel 4.2.

Heb je, op dit moment, enig idee hoe de veiligheid van treinen in elkaar zit?	Gemiddeld cijfer veiligheid GoA3
Ja (enigzins)	8,0
Nee	6,6

Tabel 4.2: Gemiddeld cijfer veiligheid GoA3 in combinatie met kennis

Er is ook een verschil te zien in veiligheidsperceptie op het moment dat er wordt gekeken naar hoe vaak respondenten de trein gebruiken. In tabel 4.3 zijn deze resultaten weergegeven. Het cijfer gaat niet per definitie omhoog als vaker wordt gereisd. Wel kan er onderscheid gemaakt worden tussen **wel** frequent reizen (elke dag, 1-3 dagen per week, om de week) en **bijna nooit** reizen. Respondenten die zelden reizen, geven het reizen onder GoA3 gemiddeld een lager cijfer dan mensen die wel frequent gebruik maken van de trein. Deze resultaten zijn te zien in tabel 4.4.

Hoe vaak maak je nu gebruik van de trein?	Gemiddeld cijfer veiligheid GoA3	Hoe vaak maak je nu gebruik van de trein?	Gemiddeld cijfer veiligheid GoA3
Elke (werk)dag	7,4	Frequent	7,8
1-3 dagen per week	8,0	Zelden	6,6
Om de week	7,6		
Zelden	6,6		

Tabel 4.3: Gemiddeld cijfer veiligheid GoA3 in combinatie met reisfrequentie

Tabel 4.4: Gemiddeld cijfer veiligheid GoA3 in combinatie met reisfrequentie (zelden, frequent)

Rijden zonder machinist is niet iets heel nieuws. In het buitenland is hier al sprake van bij sommige metrosystemen (geen treinen). Als het cijfer van de veiligheidsperceptie wordt gekoppeld aan eigen ervaringen, zoals het zitten in een zelf rijdende metro, zijn er duidelijke verschillen te zien.

Heb je ooit in een automatisch rijdende metro gezeten?	Voelde je je minder veilig?	Gemiddeld cijfer veiligheid GoA3
Ja	Nee	8,2
Ja	Nee, ik wist niet eens dat deze zonder bestuurder reden	7,4
nee	-	6,7

Tabel 4.5: Gemiddeld cijfer veiligheid GoA3 in combinatie met eigen ervaring

Als zonder machinist wordt gereden, zullen bepaalde taken moeten worden overgenomen door het systeem. In deze taken, specifiek gerelateerd aan de taken van de machinist, zagen reizigers veiligheidsrisico's. Onderstaand zijn deze in volgorde gezet van 'vaakst aangekruist', naar 'minst aangekruist' met daarachter het percentage reizigers vermeld dat dit antwoord heeft gegeven.

1. Extreme situaties worden niet goed waargenomen, waardoor niet de juiste stappen worden gezet om het probleem op te lossen (brand, ontsporing, aanrijding wordt niet juist waargenomen). **43,9%**
2. Dat de sensoren op een route hun werk niet doen in uitzonderlijke situaties, dus dat zij in dit geval obstakels ontorecht wel/niet waarnemen of dat het signaal van de noodrem niet doorkomt (normale rit van station tot station onder bijvoorbeeld extreem weer, brand of als je zelf aan de noodrem trekt tijdens een rit) **43,5%**
3. Dat de sensoren hun werk niet doen in normale situaties, dus dat zij obstakels niet waarnemen of juist wel waarnemen terwijl ze er niet zijn (normale rit van station naar station zonder speciale omstandigheden zoals extreem weer of gevaarlijke overwegen). **30,8%**

4. Ik ben bang dat de trein op afstand gehackt kan worden. **22,1%**
5. Dat overwegen en stations onveilig worden en er niet geanticipeerd kan worden als er auto's/mensen op of langs het spoor staan. **19,4%**
6. Ik kan geen verantwoordelijke aanstellen in het geval dat er iets misgaat. **16,6%**

Daarnaast zijn er nog extra redenen door respondenten benoemd onder de optie: 'anders, namelijk...', die ook betrekking hebben op de taken van de machinist.

- Bang voor softwareproblemen;
- Het lijkt mij vooral onveilig als de sensoren iets waarnemen als onterecht gevaar, het systeem zal dan heftig reageren op iets wat eigenlijk helemaal geen gevaar is. Dit zou voor gevaarlijke situaties kunnen zorgen en vooral voor oponthoud.
- Een robot heeft geen "gezond en logisch" verstand.
- hoe reageert het systeem op situaties die niet waren voorspeld?

Onder het huidige systeem stelt 10,3% de machinist verantwoordelijk voor een ongeluk. Van deze 10,3% procent, vult maar 19% in dat zij rijden onder GoA3 onveilig vinden omdat zij geen verantwoordelijke kunnen aanstellen. Dat reizigers op dit moment de machinist verantwoordelijk houden betekent dus niet per definitie dat als er zonder machinist wordt gereden, zij geen genoeg nemen met het feit dat een andere partij verantwoordelijk wordt gesteld.

4.1.3. GoA4

Rijden onder GoA4 houdt in dat er geen personeel meer aan boord is in de trein. Ten opzichte van GoA3 betekent dit dat, naast de machinist, de conducteur ook van de trein af wordt gehaald. Het gemiddelde cijfer m.b.t. veiligheid van passagiersvervoer onder GoA4 is een 5,9.

De veiligheidsperceptie onder het rijden van GoA4 kan worden afgezet tegen kennis van het treinsysteem. Respondenten die hebben ingevuld wel (deels) verstand te hebben van hoe veiligheid in de trein werkt, geven gemiddeld een hoger veiligheidscijfer dan de respondenten die hebben ingevuld hier geen verstand van te hebben. Dit is te zien in tabel 4.6.

Heb je, op dit moment, enig idee hoe de veiligheid van treinen in elkaar zit?	Gemiddeld cijfer veiligheid GoA4
Ja (enigzins)	6,9
Nee	5,2

Tabel 4.6: Gemiddeld cijfer veiligheid GoA3 in combinatie met kennis

Er is bij GoA4, net als bij GoA3, een verschil te zien in veiligheidsperceptie op het moment dat wordt gekeken naar de frequentie van het treingebruik. In tabel 4.7 is zichtbaar hoe dit is verdeeld onder alle antwoord-opties van de enquête. Er mag hier niet gezegd worden dat het gemiddelde cijfer voor de veiligheid hoger ligt als respondenten vaker reizen. Als er onderscheid wordt gemaakt tussen 'frequent' en 'zelden', is het wel mogelijk om te zeggen dat reizigers die frequenter met de trein reizen, gemiddeld een hoger veiligheidscijfer geven, wat te zien is in tabel 4.8.

Hoe vaak maak je nu gebruik van de trein?	Gemiddeld cijfer veiligheid GoA4	Hoe vaak maak je nu gebruik van de trein?	Gemiddeld cijfer veiligheid GoA4
Elke (werk)dag	5,7	Frequent	6,5
1-3 dagen per week	6,7	Zelden	5,3
Om de week	6,4		
Zelden	5,3		

Tabel 4.7: Gemiddeld cijfer veiligheid GoA4 in combinatie met reisfrequentie

Tabel 4.8: Gemiddeld cijfer veiligheid GoA4 in combinatie met reisfrequentie (zelden, frequent)

Het grootste verschil tussen GoA3 en GoA4 is het ontbreken van de conducteur. In een Nederlandse metro is op dit moment ook geen conducteur aanwezig. Het cijfer dat respondenten geven aan het reizen onder GoA4, kan afgezet worden tegen het antwoord dat zij hebben ingevuld bij de vraag: "Geeft het feit dat er geen conducteurs aanwezig zijn in een metro je een onveilig gevoel?". De resultaten zijn weergegeven in tabel 4.9. Reizigers die zich niet minder veilig voelen in een metro, doordat er geen conducteur aanwezig is, geven gemiddeld een hoger cijfer aan de veiligheid. Sommige respondenten wisten niet eens dat metro's zonder conducteurs rijden, maar nu zij het weten voelen zij zich niet minder veilig. Deze reizigers geven gemiddeld een hoger cijfer dan reizigers die aangeven zich wel onveilig te voelen.

Geeft het feit dat er geen conducteurs aanwezig zijn in een metro je een onveilig gevoel?	Gemiddeld cijfer veiligheid GoA4
Ja	4,2
Nee, ik was me er niet eens bewust van	6,0
Nee	6,5

Tabel 4.9: Gemiddeld cijfer veiligheid GoA3 in combinatie met eigen ervaring

Naast de taken van de machinist die worden overgenomen, moeten ook de taken van de conducteur worden opgevangen door middel van een systeem. De veiligheidsrisico's met betrekking tot de taken van de machinist zijn beschreven in 4.1.2. In de taken die specifiek gerelateerd zijn aan conducteurs, zagen reizigers ook veiligheidsrisico's. Onderstaand zijn deze in volgorde gezet van 'vaakst aangekruist', naar 'minst aangekruist' met daarachter het percentage reizigers vermeld dat dit antwoord heeft gegeven.

1. Ik mis sociale veiligheid omdat er geen conducteur aan boord is om alles te overzien. **58,9%**
2. In extreme situaties (brand, bom etc.) is het nu onduidelijk wat ik moet doen. **35,2%**
3. Ik kan geen verantwoordelijke aanstellen in het geval dat er iets misgaat. **16,6%**
4. In- en uitstappen vind ik minder veilig. **7,5%**

Daarnaast zijn er nog extra redenen door respondenten benoemd onder de optie: 'anders, namelijk...', die ook betrekking hebben op de taken van de conducteur.

- Ik vind de constante surveillantie die dan door camera's uitgevoerd wordt niet echt fijn. Dat je ten alle tijden in de gaten gehouden kan worden is best angstaanjagend.
- Er is geen direct aanspreekpunt bij calamiteiten.
- Vervelend gedrag mede passagiers.
- Ik vind het een onprettig idee, dat ik geen 'menselijk' aanspreekpunt heb, waar ik vragen, moeilijkheden of andere zaken aan kwijt kan. Robotisering zonder enig menselijk aspect zorgt voor meer afstand.
- Je hebt zelf geen controle over de situatie omdat er geen menselijk aanknopingspunt is.
- Ik zou het fijn vinden als er op zijn minst 1 iemand van NS aanwezig is om eventueel in te kunnen grijpen.

4.1.4. Maatregelen

Naar aanloop van het implementeren van ATO kunnen er maatregelen worden getroffen. In de enquête is de mening gevraagd over twee van deze maatregelen:

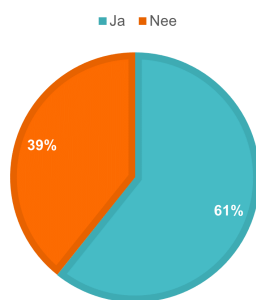
1. Het gebruik van speakers voor instructies tijdens gevaarlijke situaties
2. Goede voorlichting over ATO

Eén van de redenen dat reizigers een onveilig gevoel ervaren onder het implementeren van ATO is dat zij in gevaarlijke en uitzonderlijke situaties niet weten wat zij moeten doen, omdat er geen conducteur aan boord is om dit hen te vertellen. Om deze informatie onder ATO alsnog te verstrekken aan reizigers, kan dit via speakers in de trein worden aangegeven. 98% van de respondenten geeft aan naar deze instructies te luisteren, wat op zichzelf een goede score is. Echter geeft 43,5% van de reizigers wél te luisteren, maar het een stuk minder prettig te vinden.

De veiligheidsperceptie van reizigers is grotendeels gebaseerd op gevoel. Dit is waar de maatregel 'voorlichting' bij komt kijken. Het is hierbij de bedoeling dat door duidelijke voorlichting over het systeem en de veranderingen, mensen zich veiliger gaan voelen. Van de respondenten geeft 79,1% aan dat voorlichting zou helpen het veiligheidsgevoel te verbeteren en 20,9% geeft aan dat dit geen invloed heeft. Door deze vraag te combineren met de vraag 'Zou je minder met de trein gaan reizen op het moment dat treinen onbemand gaan rijden?' kan er gekeken worden of het percentage dat 'ja' heeft geantwoord op het minder reizen toch kan worden gerustgesteld door juiste voorlichting.

11,1% van de reizigers geeft aan minder te gaan reizen als ATO wordt geïmplementeerd. Als wordt gekeken naar wat deze 11,1% heeft ingevuld bij de vraag over voorlichting, komt er uit dat meer dan de helft aangeeft zich veiliger te voelen. Dit is grafisch weergegeven in figuur 4.1.

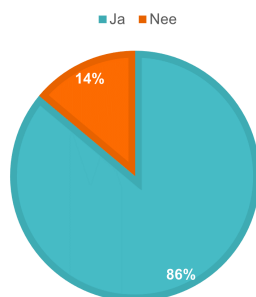
ZOU MEER INFORMATIE OVER ATO JE EEN BETER VEILIGHEIDSGEVOEL GEVEN?



Figuur 4.1: Voorlichting ATO als aangegeven is dat er minder gereisd zou worden onder ATO

31,2% van de respondenten geeft aan dat zij niet zouden weten of zij minder zouden gaan reizen op het moment dat treinen onbemand gaan rijden. Van dit deel geeft de grote meerderheid aan zich veiliger te voelen als er meer informatie wordt verstrekt over hoe ATO nu eigenlijk werkt. Dit is grafisch weergegeven in figuur 4.2.

ZOU MEER INFORMATIE OVER ATO JE EEN BETER VEILIGHEIDSGEVOEL GEVEN?



Figuur 4.2: Voorlichting ATO als aangegeven is dat zij niet weten of er minder gereisd zou worden onder ATO

4.1.5. Metro's

Het grootste verschil tussen light rail en heavy rail is het feit dat er geen conducteur aan boord is van een metro en dat metrolijnen veel ondergrondse infrastructuur bevatten. De resultaten met betrekking tot de conducteur zijn al beschreven in 4.1.3.

Van alle respondenten geeft 28,5% aan veiligheidsrisico's te zien in het feit dat metro's veel gebruik maken van ondergrondse infrastructuur.

4.1.6. Goederenvervoer

Van alle respondenten, geeft 25,2% aan zich minder veilig te voelen, wetend dat er ook goederentreinen over hetzelfde traject rijden. Van de mensen die aangeven zich daadwerkelijk nóg minder veilig te voelen, gebruikt meer dan de helft, namelijk 63,5%, zelden de trein.

Bovendien is het opvallend, dat het gemiddelde cijfer voor veiligheid onder GoA3 en GoA4 van alle respondenten die 'ja' invullen op de vraag: "Geeft het feit dat er goederentreinen over hetzelfde spoor rijden een onveilig gevoel dan ingevuld bij vragen 4&5?", lager ligt dan de mensen die hier 'nee' in hebben gevuld.

Grade of Automation	gemiddelde voor 'ja'	gemiddelde voor 'nee'
3	6,2	7,6
4	4,6	6,4

Tabel 4.10: Gemiddeld cijfer veiligheid in combinatie met Goederenvervoer

Het percentage respondenten dat met 'ja' antwoordt op de vraag: "Geeft het feit dat er goederentreinen over hetzelfde spoor rijden een onveilig gevoel dan ingevuld bij vragen 4&5?", ligt hoger als ook is ingevuld dat zij zelden met de trein reizen. Als is ingevuld dat er minstens om de week wordt gereisd met de trein, vult daarvan 18,0% 'ja' in. Als is ingevuld dat er zelden met de trein wordt gereisd, vult 33,1% 'ja' in.

4.2. Interviews

In 4.2.1, 4.2.2 en 4.2.3 worden de resultaten van de interviews met NS, RET en ProRail samenvattend beschreven. De gehele interviews zijn te vinden in bijlage C.

4.2.1. Heavy rail

In Nederland wordt op dit moment gereden met een ATB systeem, wat valt onder GoA1. Er is dus sprake van een lager niveau van automatisering, waarbij nog wel een machinist aanwezig is in de trein. De grootste veiligheidsrisico's onder deze manier van rijden zijn:

- Een STS-passage, waarna botsingsgevaar ontstaat;
- Ongelukken op onbewaakte spoorwegovergangen.

Daarnaast is er ook nog sprake van sociale veiligheid. Er bestaat een whatsapp nummer waar passagiers naar toe kunnen appen op het moment dat zij zich onveilig voelen. Zij komen dan in contact met de veiligheidscentrale, die op zijn beurt weer contact kan opnemen met de aanwezige conducteur, of in ernstige gevallen met de politie.

Op het moment dat ATO GoA3 wordt geïmplementeerd, ontstaan er andere knelpunten m.b.t. veiligheid.

- Cyber security: bij digitalisatie is dit een erg belangrijk onderwerp. Op het moment dat er ook maar een kans bestaat dat een trein gehackt kan worden, zal (deze vorm van) ATO niet op de markt komen. Cyber security is voorwaardelijk voor het implementeren van ATO.
- Onvoorziene situaties: voorziene situaties zijn relatief makkelijk te digitaliseren. Het zijn de onvoorziene situaties waar de risico's bij komen kijken. Het is erg ingewikkeld om het systeem van een trein op alle mogelijke situaties voor te bereiden.

Op het moment dat ATO GoA4 wordt geïmplementeerd, komen er nog meer veiligheidsrisico's bij kijken:

- De sociale veiligheid in de trein: op dit moment biedt de conducteur deze veiligheid.
- Het in- en uitstappen: op dit moment kijkt de conducteur of er geen mensen klem zitten tussen de deur of dat er nog mensen in- of uit willen stappen. Dit kan echter wel geregeld worden door middel van camera's. NS houdt de conducteur ook op de trein vanuit het service-aspect en niet essentieel vanuit het technische-aspect.

Op gebied van sociale veiligheid kan er kan nog wel onderscheid gemaakt worden tussen metro-achtige lijnen en intercity's. Een sprinter legt kortere afstanden af en is vaak eerder bij een volgend station dan een intercity. Mocht er bijvoorbeeld op een SOS knop gedrukt worden, kan een mobiel team eerder in stappen als de eerstvolgende halte niet lang rijden is.

Nog meer aspecten waar naar gekeken moet worden in aanloop van ATO niveaus 3 en 4 zijn:

- Juridisch aspect: hierbij moet vooral gekeken worden naar de verantwoording op het moment dat er iets misgaat met de zelfrijdende trein.
- Sociaal aspect: hiermee wordt sociale acceptatie bedoeld. Het is ook belangrijk dat reizigers achter dit soort beslissingen staan.

Het volledige interview kan gelezen worden in bijlage C.2

4.2.2. Light rail

Op de manier waarop metro's op dit moment rijden, zijn de grootste veiligheidsrisico's:

- Aanrijdgevaar tussen metro's
- Risico's op overwegen (overwegen specifiek voor RET): zoals een aanrijding op een overweg.
- Risico's in ondergrondse infrastructuur: met name brandgevaar.

Sociale veiligheid in metro's is anders geregeld dan in treinen. Er is geen conducteur aan boord. Op dit moment is er een BOA regeling. Zij reageren op camerabeelden of als passagiers de SOS knop indrukken. Dan stappen zij bij (de eerstvolgende) halte op de metro om het probleem op te lossen.

Als de bestuurder van de metrolijn wordt afgehaald, ontstaan er niet veel nieuwe risico's. Wel komen veel van de huidige risico's onder een vergrootglas te liggen. Deze ontstaan vanuit het uitgangspunt dat ATO wordt geïmplementeerd om de frequentie van metrolijnen te verhogen.

- Er zullen zich meer metro's in de tunnels bevinden. Als een verstoring ontstaat is het mogelijk dat deze niet door kunnen rijden uit de tunnel. Dit kan een veiligheidsrisico opleveren als bijvoorbeeld vluchtroutes niet goed geregeld zijn.
- Daarnaast is het op dit moment de bestuurder die de beslissing maakt door te rijden uit de tunnel naar het eerstvolgende station. Het systeem moet zo'n situatie wel hetzelfde kunnen aanpakken.
- Gelijkvloerse overwegen blijven ook een veiligheidsrisico. Wat hier nog extra bij komt kijken, is dat als de frequentie omhoog gaat, deze overwegen bijna altijd dicht staan.
- Mensen op de baan blijft ook een veiligheidsrisico. Dit zou eventueel opgelost kunnen worden door perrondeuren toe te passen. Een voorbeeld hiervan is te zien in figuur 2.2.
- Cyber security is ook een belangrijk veiligheidsrisico. Omdat er nog niet is uitgewerkt welk systeem er gebruikt gaat worden, is het lastig om te benoemen in hoeverre dit risico wordt vergroot door ATO.

Er zijn nog meer aspecten waar aandacht aan besteed moet worden naar aanloop van het implementeren van ATO. Deze hebben deels met de techniek te maken, maar ook deels met de sociale kant:

- Het spoorbeveiligingssysteem
- Het aanpassen van voertuigen
- De energievoorziening
- Het uitbreiden van werkplaatsen & opstel terreinen
- Communicatie binnen en buiten de organisatie
- Reizigersbeleving

Het volledige interview kan gelezen worden in bijlage C.1

4.2.3. Goederenvervoer

In Nederland rijden op sommige trajecten goederentreinen over hetzelfde spoor als passagierstreinen. De meest bereide route is de Betuweroute vanaf de Rotterdamse haven naar Oost-Europa. Er zijn in Nederland nog een paar zij-takken verbonden met de Betuweroute.

Als het gaat om grote calamiteiten, zoals botsingen, ontsporingen, verlies van lading en gevaarlijke stoffen die ontsnappen, kan er gezegd worden dat deze zelden voorkomen. De grootste risico's bij goederentreinen liggen op dit moment bij het voorbereiden voor het vertrek. Hier moeten twee dingen gecontroleerd worden:

1. Er moet gecontroleerd worden of de lading goed vast zit. Hier kunnen zaken gemist worden die uiteindelijk gevolgen hebben voor de veiligheid.
2. De machinist moet zelf beproevingen doen en begrijpen met welk systeem er gereden wordt.

STS-passages kunnen ook voorkomen en risicovolle situaties opleveren. Dit omdat het remmen met een goederentrein niet makkelijk is. Elke trein is anders en remt daarom ook anders. Dat maakt het ook lastig om ATO te implementeren op een goederentrein. ATO moet goede waarneming hebben op het remgedrag van wagens achterin de trein. Als dit niet helemaal goed werkt, kan dit grote gevolgen hebben. Zo kan de trein in stukken breken.

Het vervoeren van gevaarlijke stoffen brengt zelden veiligheidsrisico's met zich mee. De wagens waarin deze vervoerd worden zijn dusdanig sterk en veilig dat daar niet zomaar iets mis mee kan gaan. Omdat deze wagens zo sterk zijn, worden er ook geen extra maatregelen genomen ten opzichte van het vervoeren van andere goederen. Het kan wel voorkomen dat men deze wagens ruikt, door de sterke geur. Dit is niet prettig, maar niet schadelijk voor de gezondheid.

Er zijn wat dat betreft weinig veiligheidsrisico's voor passagierstreinen als het gaat om goederentreinen die gebruik maken van hetzelfde spoor. Op dit moment hebben passagiers het meeste last van goederentreinen in de vorm van vertragingen. De dienstregeling is bijna tot de seconde nauwkeurig ingedeeld. Zoals eerder is benoemd is het rijden met een goederentrein minder voorspelbaar dan met een passagierstrein. Als deze goederentrein zijn opening niet mist, betekent dit dat passagierstreinen vertraging oplopen omdat zij hier achter rijden. ATO kan deze 'gaten' in de dienstregeling, die bedoeld zijn voor goederentreinen, vergroten. Hierdoor wordt de kans op vertragingen kleiner en gaat de betrouwbaarheid omhoog.

Om nu te zeggen dat er GEEN veiligheidsrisico's zijn, is lastig. Er zal altijd een kleine kans bestaan dat er toch iets misgaat. Wel kan het beschouwd worden als een uitzonderlijke situatie.

Het volledige interview kan gelezen worden in bijlage C.3.

5

Conclusie & Aanbevelingen

In dit onderzoek is gezocht naar een antwoord op de vraag: *'Wat is de veiligheidsperceptie van Nederlandse reizigers op het implementeren van ATO onder GoA3 en GoA4?'*. Om deze vraag te beantwoorden zijn er interviews afgenomen en is een enquête opgesteld die door reizigers is beantwoord. Er zal eerst antwoord worden gegeven op de gestelde subvragen, waarna het antwoord op de hoofdvraag volgt. Het hoofdstuk wordt afgesloten met aanbevelingen.

Het digitaliseren van voorspelbare situaties zal niet erg ingewikkeld zijn, in tegenstelling tot wat veel reizigers denken. De veiligheidsrisico's komen vooral om de hoek kijken bij het digitaliseren van onvoorziene situaties, wat terecht is opgemerkt door de Nederlandse reizigers. Situaties op (onbewaakte) overwegen worden onder het huidige systeem al aangeduid als risicovol.

Cybersecurity wordt door vervoerders gezien als een van de grootste veiligheidsrisico's. Hoewel dit risico wel benoemd wordt door reizigers, beschouwen zij dit niet als een van de meest belangrijke risico's. Op dit moment is het op orde hebben van cyber security een randvoorwaarde voor het implementeren van ATO. Om ook na implementatie vinger aan de pols te houden kan er bijvoorbeeld een speciale afdeling komen die specifiek cyber security in de gaten houdt.

Op gebied van sociale veiligheid is het ontbreken van een conducteur, die de sociale veiligheid kan waarborgen, de meest frequent benoemde reden voor een onveilig gevoel in de trein. Opdringerige mensen, dronkenschap of grote groepen supporters kunnen reizigers een vervelend gevoel geven en wordt daarom ook gerekend tot een veiligheidsrisico. Zonder conducteur kan het in uitzonderlijke situaties onduidelijk worden hoe een reiziger moet handelen en wordt dan ook aangegeven als reden voor een onveilig gevoel. Het systeem moet de onveilige situatie kunnen herkennen en de juiste stappen zetten om deze informatie aan reizigers te vermelden.

Metro's maken gebruik van veel ondergrondse infrastructuur, in tegenstelling tot treinen. Hier komen veiligheidsrisico's bij kijken waar de treininfrastructuur geen last van heeft. Een derde van de reizigers geeft aan zich onveilig te voelen door de ondergrondse infrastructuur en merken dit dus terecht op. Het verschil tussen heavy rail en light rail is dat metro's relatief korte afstanden afleggen. Mocht een reiziger een onprettig gevoel ervaren en op een SOS knop drukken, kan een BOA binnen vijf minuten instappen bij de volgende halte. De trein heeft langere trajecten. Om deze reden speelt sociale veiligheid een grotere rol bij heavy rail.

Een kwart van de reizigers geeft aan zich minder veilig te voelen op het moment dat er goederentreinen over hetzelfde traject rijden. Dit zijn echter grotendeels reizigers die zelden gebruik maken van de trein. Er gaat (bijna) nooit iets verkeerd met een goederentrein wat veiligheids-gevolgen heeft voor passagierstreinen. Als reizigers vaker de trein gebruiken, kunnen zij vanuit ervaring beamen dat er daadwerkelijk zelden iets misgaat met een goederentrein. Het meest onaangename waar zij last van hebben is vertraging. ATO kan hierin positief bijdragen door vertragingen voor passagierstreinen te verminderen.

Nu volgt het antwoord op de hoofdvraag. Het huidige passagiersvervoer krijgt op gebied van veiligheid gemiddeld een 8,3. Dit cijfer daalt op het moment dat er zonder machinist wordt gereden, namelijk

naar een 7,2. Op het moment dat de conducteur ook van de trein af wordt gehaald daalt dit cijfer naar een 5,9. Uit de resultaten van dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat reizigers die aangeven meer verstand te hebben van de werking van veiligheid in treinen, een hogere veiligheid ervaren onder alle automatiseringsniveau's. Kennis draagt dus bij aan een hoger cijfer als het gaat om het veiligheidsgevoel. Daarnaast kan er ook geconcludeerd worden dat reizigers die frequenter reizen of wel eens in een automatisch rijdende metro hebben gezeten, ook een hogere veiligheid ervaren. Niet alleen kennis, maar ook eigen ervaring draagt bij aan een hogere veiligheidsperceptie.

Kortom, de veiligheidsperceptie van Nederlandse reizigers daalt per hoger niveau van automatisering. De grootste veiligheidsrisico's worden ervaren als sociale risico's en hebben betrekking op taken van de conducteur. Ook hebben reizigers veel twijfels over de werking van ATO als het gaat om onvoorziene en bijzondere situaties, waardoor zij zich minder veilig voelen dan onder het huidige systeem.

Op basis van deze conclusies, worden er een aantal aanbevelingen gedaan. Allereerst is uit het onderzoek gebleken dat het rijden met ATO onder GoA4 het laagste cijfer heeft verkregen van reizigers. Zij voelen zich het meest onveilig als er geen conducteur meer aan boord is. In de heavy rail sector is het daarom verstandig om eerst alleen naar GoA3 te kijken. Door de kleinere afstanden is dit in de light rail sector een kleiner probleem.

Verder toont dit onderzoek aan dat kennis een belangrijke rol speelt bij de veiligheidsperceptie van reizigers. Uit de enquête is duidelijk geworden dat voorlichting bij een groot deel van de reizigers een positieve invloed heeft, als wordt gekeken naar de veiligheidsperceptie. In aanloop naar het implementeren van ATO onder hogere niveau's moet er daarom veel aandacht worden besteed aan goede voorlichting. Het is daarnaast essentieel dat deze voorlichting ook wordt verstrekt aan reizigers die minder frequent gebruik maken van de trein, aangezien zij veiligheid niet kunnen baseren op eigen ervaringen.

6

Discussie

De resultaten van dit onderzoek zijn gebaseerd op de interviews en op de antwoorden van de enquête. De interviews zijn gebaseerd op de eigen mening van de bevroegde en de visie van de vervoerder, waardoor het zo kan zijn dat bepaalde meningen niet overeenkomen. Als meningen of visies niet overeenkomen, betekent dit niet er maar één mening juist is. De interviews waren wel nodig om een goed beeld te krijgen van de veiligheidsrisico's, wat met een literatuuronderzoek lastiger was geweest.

De interviews zijn onafhankelijk van elkaar afgenomen. Hierdoor kan het voorkomen dat de geïnterviewden andere aspecten hebben benoemd rondom het besproken onderwerp. Waar de een zich meer vastknoopt aan het sociale aspect, vertelt de ander meer over het technische aspect. Hierdoor zijn bepaalde punten bij het heavy rail interview met meer diepgang besproken, maar deze zijn niet aan bod geweest bij het light rail interview en vice versa.

De enquête is uiteindelijk ingevuld door 256 respondenten. Er waren 384 reizigers nodig om voor de steekproef een betrouwbaarheid van 95% en een foutmarge van 5% te halen, wat gebruikelijk is voor een dergelijke enquête. [2] Er is gebruik gemaakt van een sneeuwbalsteekproef. De enquête is verspreid door respondenten te vragen de enquête weer door te sturen in hun kringen. Het is bij dit onderzoek lastig te zeggen in hoeverre dit effect heeft gehad op de resultaten. Er zijn geen vragen gesteld over de leeftijd, werksector, woonplaats et cetera van de respondenten en daarom is er ook geen bewijs dat dit gevolgen heeft op de bevindingen. Wel is er gevraagd naar de frequentie van het treingebruik. Respondenten die zelden met de trein reizen kunnen antwoorden van het onderzoek aantasten. Bij sommige vragen is het gunstig dat zij meedenken en hoeft dit niet noodzakelijk tot een ander einduitkomst te leiden. Echter zijn sommige vragen meer gebaseerd op ervaringen. Bij deze vragen was er daarom ook een verschil te zien tussen de antwoorden van frequentie en niet frequente reizigers.

In de enquête zijn er per vraag een aantal antwoord opties gegeven. Dit is een beperking van het onderzoek. Zo is bij de reisfrequentie het woord 'zelden' als optie gegeven, wat de resultaten kan hebben aangetast. De andere opties waren: elke (werk)dag, 1-3 keer per week en om de week. Zelden kan dus betekenen één keer per maand, maar dit zou net zo goed één keer per jaar kunnen zijn. Hierin is geen onderscheid gemaakt. Ook bij de vraag waar reizigers redenen voor een onveilig gevoel konden aankruisen, zijn maar een beperkt aantal opties. Er was ruimte om een eigen mening toe te voegen, maar er kon niet onderzocht worden of andere reizigers deze mening ook deelden.

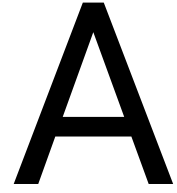
Er is nog niet veel onderzoek gedaan naar de reizigersperceptie onder de hogere automatiseringsniveaus GoA3 en GoA4. Er wordt op dit moment nog onderzoek gedaan naar wat ATO, onderverdeeld in niveau 2, 3 en 4, precies kan bieden. Op dit moment wordt er pas getest met het rijden onder GoA2 [10]. De hogere niveau's komen in de toekomst pas ter sprake, zeker in de heavy rail. Acceptatie is overigens wel genoemd als een belangrijk punt in aanloop naar automatisering.

Verder onderzoek naar oplossingen zou moeten worden uitgevoerd. Deze oplossingen moeten worden teruggekoppeld naar reizigers, om te bepalen welke oplossingen de acceptatie van automatisering verhogen. Er zal ook gekeken moeten worden of effectieve oplossingen eveneens haalbaar zijn.

Een vervolgonderzoek zou kunnen focussen op de technische aspecten. Het is nu duidelijk waar reizigers zich onveilig over voelen. Dit kan worden meegenomen in het ontwerpen van bijvoorbeeld sensoren of het besturingssysteem.

Bibliografie

- [1] M. Bartholomeus. Ertms & hl3 & ato [powerpoint slides], z.d.
- [2] checkmarket. steekproefcalculator, z.d. URL <https://nl.checkmarket.com/steekproefcalculator/>.
- [3] M. Cheong. A train announcement at chinatown station showing an additional travelling time of about 15 minutes in both directions due to a train fault, 11 2016.
- [4] D. P. Connor and P. F. Schmid. train protection, z.d. URL <http://www.railway-technical.com/signalling/train-protection.html>.
- [5] H. Hastie. 'world's largest robot' operational as pilbara driverless rail goes live. *The Sydney Morning Herald*, 12 2018. URL <https://www.smh.com.au/business/companies/world-s-largest-robot-fully-operational-in-the-pilbara-as-rail-network-goes-live-20181228-p50omh.html>.
- [6] T. Jansen and R. Driessen. Automating our railways - lessons learned from bold automotive innovators. *IRSE News*, 11 2020.
- [7] P. Jorritsma. Vervoersprestatie openbaar vervoer, 11 2020. URL <https://www.clo.nl/indicatoren/nl2145-vervoersprestaties-openbaar-vervoer>.
- [8] D. Keevill. Implications of increasing grade of automation[powerpoint slides], 6 2017. URL https://www.apta.com/wp-content/uploads/RC17-Keevill_Dave.pdf.
- [9] B. Kwee. Obstacles of implementing automatic train operation in the netherlands, 4 2021.
- [10] ProRail. Resultaten tests automatisch bestuurdde trein, 9 2020. URL <https://www.prorail.nl/nieuws/resultaten-tests-automatisch-bestuurde-trein>.
- [11] RailUK. Main line ato evaluated, 4 2017. URL <https://railuk.com/rail-news/main-line-ato-evaluated/>.
- [12] Resourc.ly. Mining's biggest robot wins top engineering award, 10 2020. URL <https://resourc.ly/index.php/2020/09/22/minings-biggest-robot-wins-top-engineering-award/>.
- [13] G. R. Review. Alstom to conduct world-first ato tests on regional trains in germany, 5 2020. URL <https://www.globalrailwayreview.com/news/101133/alstom-ato-tests-regional-trains-germany/>.
- [14] Rijksoverheid. Routes voor goederentreinen, z.d. URL <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/goederenvervoer/routes-voor-goederentreinen>.
- [15] R. Technology. Singapore northeast line, z.d. URL <https://www.railway-technology.com/projects/sing-ne/>.
- [16] J. van Meijeren and P. van de Lande. Ato, gamechanger voor de toekomst van het spoor: position paper automatic train operation, 12 2020.



Reizigersenquête vragen

Algemene vragen

1. Hoe vaak maak je gebruik van de trein?
 - (a) Bijna elke dag
 - (b) 1-3 keer per week
 - (c) Om de week
 - (d) Zelden
2. Heb je, op dit moment, enig idee hoe de veiligheid van treinen in elkaar zit? Dus hoe het systeem werkt of welke acties er nu worden ondernomen bij complicaties?
 - (a) Ja, ik snap (grotendeels) hoe het werkt
 - (b) Nee, ik weet er (bijna) niks vanaf
3. Als je een cijfer zou moeten geven aan hoe veilig je de trein nu vindt, wat zou dat dan zijn?
 - (a) 0-10

ATO

Stel nu dat treinen zullen gaan rijden zonder machinist, maar nog mét een conducteur; Het besturen wordt dus door een machine gedaan gebaseerd op sensoren en camera's;

4. Hoe veilig zou je je nu voelen in de trein?
 - (a) 0-10

Nu halen we ook de conducteur uit de trein; alles gaat dus volledig automatisch op basis van sensoren, camera's en digitale omroep;

5. Hoe veilig zou je je nu voelen in de trein?
 - (a) 0-10

Extra informatie: Als de machinist wordt vervangen, gaat de trein rijden door middel van sensoren en camera's. Deze sensoren moeten de omgeving van de trein in de gaten houden en hierop anticiperen. Deze sensor zou bijvoorbeeld opvangen als er bewegingen zijn op het spoor (dit kunnen mensen, dieren etc. zijn). Als ook de conducteur wordt vervangen, zullen mededelingen worden gedaan via speakers en is de conducteur dus niet meer fysiek aan boord.

6. Wat is de reden dat je je onveiliger voelt? (Je kunt meerdere dingen aankruisen)

- (a) Dat de sensoren hun werk niet doen in normale situaties, dus dat zij obstakels niet waarnemen of juist wel waarnemen terwijl ze er niet zijn (normale rit van station naar station zonder speciale omstandigheden zoals extreem weer of gevaarlijke overwegen).
 - (b) Dat de sensoren op een route hun werk niet doen in uitzonderlijke situaties, dus dat zij in dit geval obstakels onterecht wel/niet waarnemen of dat het signaal van de noodrem niet doorkomt (normale rit van station tot station onder bijvoorbeeld extreem weer, brand of als je zelf aan de noodrem trekt tijdens een rit).
 - (c) de juiste stappen worden gezet om het probleem op te lossen (brand, ontsporing, aanrijding wordt niet juist waargenomen)
 - (d) Dat overwegen en stations onveiliger worden en er niet geanticipeerd kan worden als er auto's/mensen op of langs het spoor staan.
 - (e) Ik mis sociale veiligheid omdat er geen conducteur aan boord is om alles te overzien.
 - (f) In- en uitstappen vind ik minder veilig.
 - (g) In extreme situaties (brand, bom etc.) is het nu onduidelijk wat ik moet doen.
 - (h) Ik kan geen verantwoordelijke aanstellen in het geval dat er iets misgaat.
 - (i) Ik ben bang dat de trein op afstand gehackt kan worden.
 - (j) Als ik een ongeluk op het nieuws zou zien over een automatische trein zou ik me minder veilig voelen.
 - (k) Ik vind het niet onveilig.
 - (l) Anders, namelijk
7. Als er nu iets misgaat in de trein houd ik verantwoordelijk:
- (a) De machinist;
 - (b) De conducteur
 - (c) De vervoerder (NS, ProRail etc.)
 - (d) Niemand
8. Zou je, in geval van gevaarlijke en uitzonderlijke situaties (brand, bom, stilstaan in tunnel of algemeen), luisteren naar de instructies die via een speaker worden gegeven?
- (a) Ja, maar zou het wel minder fijn vinden
 - (b) Ja
 - (c) Nee
9. Zou je minder met de trein gaan reizen in het geval van ATO?
- (a) Ja
 - (b) Weet ik niet
 - (c) Nee
10. Zou meer informatie over ATO, hoe het werkt en wie er allemaal meekijken je een beter veiligheidsgevoel geven?
- (a) Ja
 - (b) Nee

Metro's

Metro's maken geen gebruik van conducteurs. Dit is anders dan met de trein. Daarnaast heeft de metro ook veel ondergrondse infrastructuur.

11. Geeft het feit dat er geen conducteurs aan boord zijn van metro's een onveiliger gevoel?

- (a) Nee, ik was me er niet eens bewust van
 - (b) Nee
 - (c) Ja
12. Geeft het feit dat metro's veel gebruik maken van ondergrondse infrastructuur een onveilig gevoel?
- (a) Nee
 - (b) Ja

Goederenvervoer

Naast passagierstreinen rijden er ook goederentreinen over het spoor. Dit zijn vooral routes tussen zeehavens en buurlanden. Stel: deze goederentreinen gaan ook automatisch rijden over hetzelfde spoor als de passagierstreinen;

13. Heeft dit nog extra invloed op het veiligheidsgevoel aangegeven bij vragen 4 en 5?
- (a) Ja, ik zou me nog minder veilig voelen
 - (b) Nee, het heeft geen invloed

Overig

Een lijst van alle metro's die automatisch rijden is te vinden op: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_automated_train_systems#GoA4_%E2%80%93_Asia. Onder de kopjes GoA3 en GoA4.

14. Heb je wel eens in een automatische metro gereden? (zie lijst hierboven)
- (a) Ja
 - (b) Nee
15. Voelde u zich minder veilig in deze zelf rijdende metro?
- (a) Nee, ik wist ook niet dat deze zonder machinist en conducteur reden
 - (b) Nee
 - (c) Ja

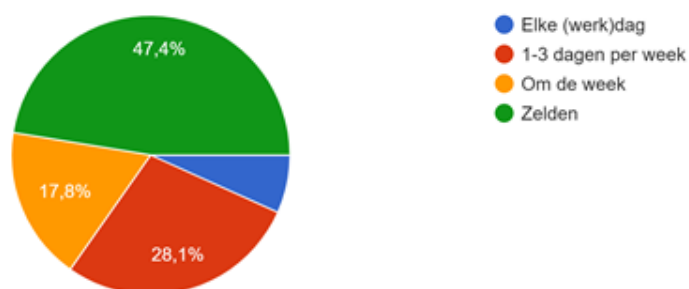
B

Antwoorden reizigersenquête

Algemene vragen

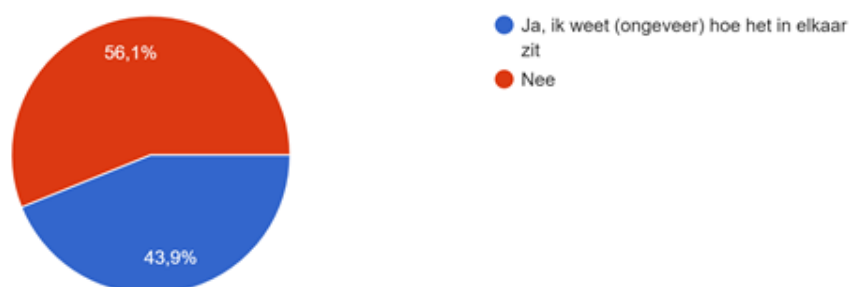
1. Hoe vaak maak je gebruik van de trein?

253 antwoorden



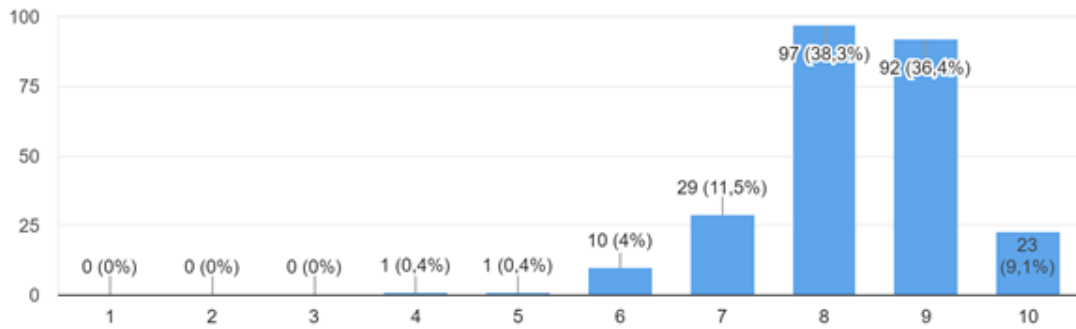
2. Heb je, op dit moment, enig idee hoe de veiligheid van treinen in elkaar zit? Dus hoe het systeem werkt of welke acties er nu worden ondernomen bij complicaties?

253 antwoorden



3. Als je een cijfer zou moeten geven aan hoe veilig je de trein nu vindt, wat zou dat dan zijn?

253 antwoorden

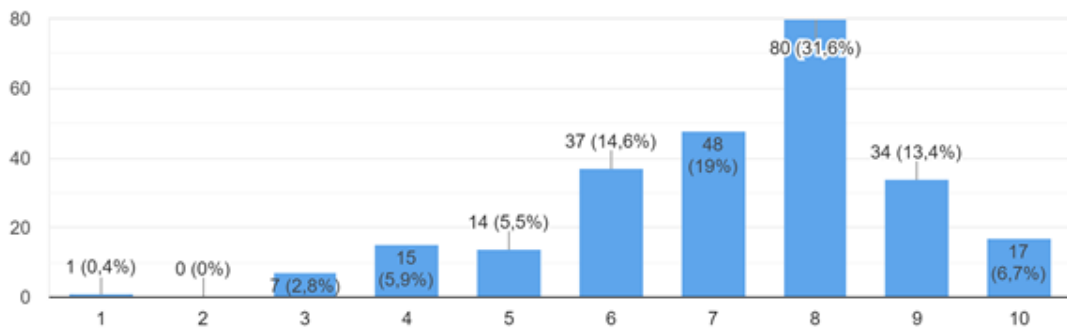


ATO

Stel nu dat treinen zullen gaan rijden zonder machinist, maar nog mét een conducteur; Het besturen wordt dus door een machine gedaan gebaseerd op sensoren en camera's;

4. Hoe veilig zou je je nu voelen in de trein?

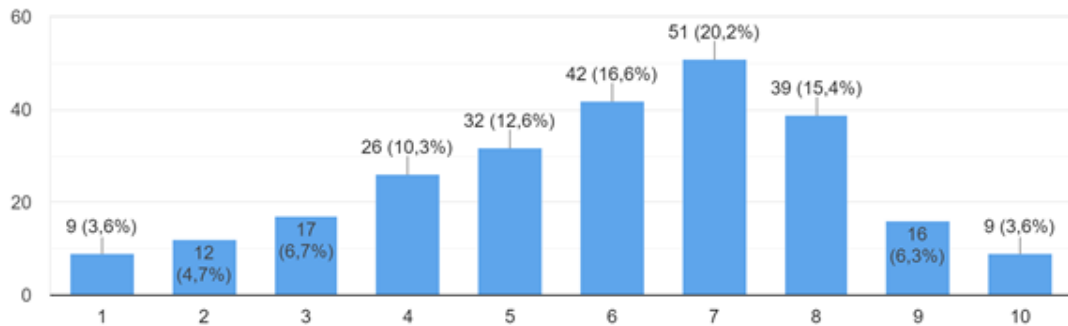
253 antwoorden



Nu halen we ook de conducteur uit de trein; alles gaat dus volledig automatisch op basis van sensoren, camera's en digitale omroep;

5. Hoe veilig zou je nu voelen in de trein?

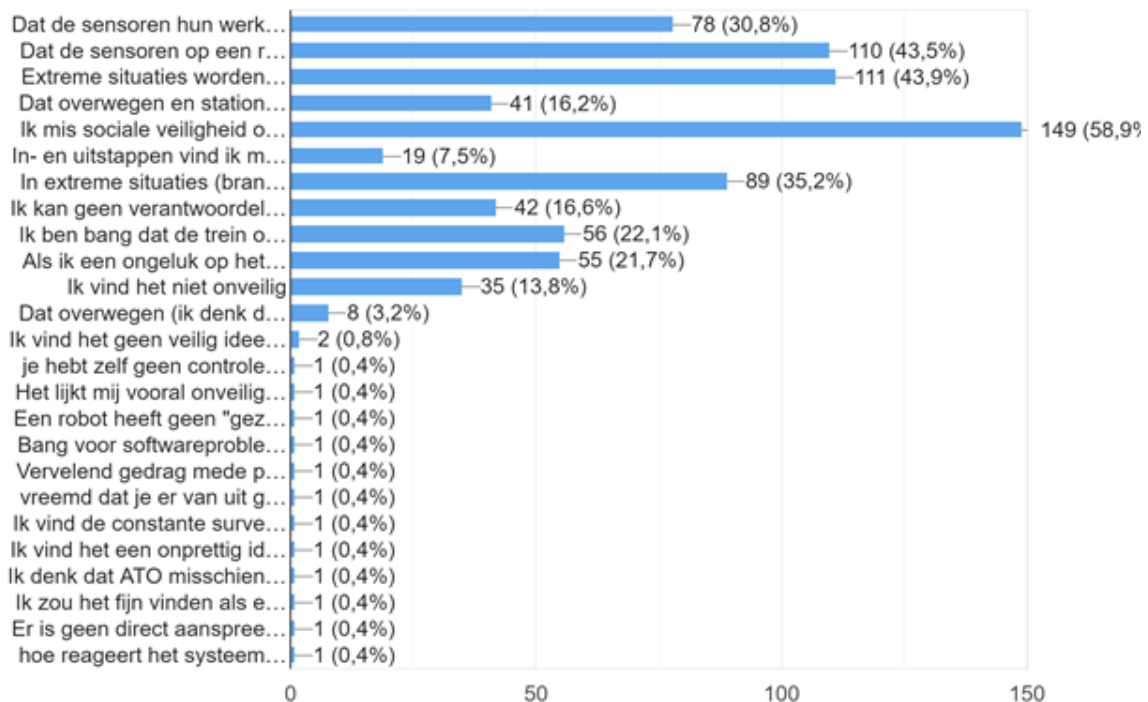
253 antwoorden



Extra informatie: Als de machinist wordt vervangen, gaat de trein rijden door middel van sensoren en camera's. Deze sensoren moeten de omgeving van de trein in de gaten houden en hierop anticiperen. Deze sensor zou bijvoorbeeld opvangen als er bewegingen zijn op het spoor (dit kunnen mensen, dieren etc. zijn). Als ook de conducteur wordt vervangen, zullen mededelingen worden gedaan via speakers en is de conducteur dus niet meer fysiek aan boord.

6. Wat is de reden dat je je onveiliger voelt? (Je kunt meerdere dingen aankruisen)

253 antwoorden

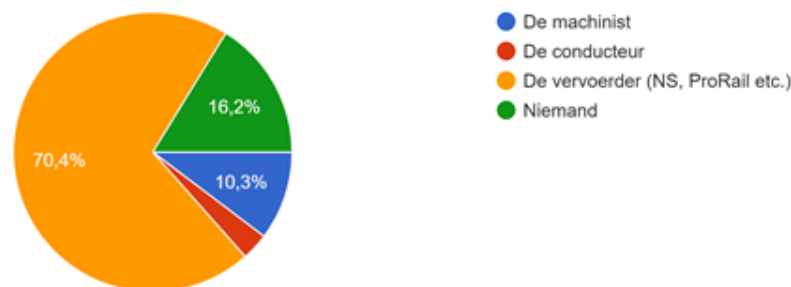


Omdat de helft van de tekst bovenstaand is weggefallen, staan hieronder alle redenen uitgeschreven op dezelfde volgorde:

- (a) Dat de sensoren hun werk niet doen in normale situaties, dus dat zij obstakels niet waarnemen of juist wel waarnemen terwijl ze er niet zijn (normale rit van station naar station zonder speciale omstandigheden zoals extreem weer of gevaarlijke overwegen).
- (b) Dat de sensoren op een route hun werk niet doen in uitzonderlijke situaties, dus dat zij in dit geval obstakels onterecht wel/niet waarnemen of dat het signaal van de noodrem niet doorkomt (normale rit van station tot station onder bijvoorbeeld extreem weer, brand of als je zelf aan de noodrem trekt tijdens een rit).
- (c) De juiste stappen worden gezet om het probleem op te lossen (brand, ontsporing, aanrijding wordt niet juist waargenomen)
- (d) Dat overwegen en stations onveiliger worden en er niet geanticipeerd kan worden als er auto's/mensen op of langs het spoor staan.
- (e) Ik mis sociale veiligheid omdat er geen conducteur aan boord is om alles te overzien.
- (f) In- en uitstappen vind ik minder veilig.
- (g) In extreme situaties (brand, bom etc.) is het nu onduidelijk wat ik moet doen.
- (h) Ik kan geen verantwoordelijke aanstellen in het geval dat er iets misgaat.
- (i) Ik ben bang dat de trein op afstand gehackt kan worden.
- (j) Als ik een ongeluk op het nieuws zou zien over een automatische trein zou ik me minder veilig voelen.
- (k) Ik vind het niet onveilig.
- (l) Deze is hetzelfde als (d).
- (m) Anders, namelijk...
- Ik vind het geen veilig idee totaal afhankelijk te zijn van techniek.
 - Je hebt zelf geen controle over de situatie omdat er geen menselijk aanknopingspunt is.
 - Het lijkt mij vooral onveilig als de sensoren iets waarnemen als onterecht gevaar, het systeem zal dan heftig reageren op iets wat eigenlijk helemaal geen gevaar is. Dit zou voor gevaarlijke situaties kunnen zorgen en vooral voor oponthoud.
 - Een robot heeft geen "gezond en logisch" verstand.
 - Bang voor softwareproblemen.
 - Vervelend gedrag van medepassagiers.
 - Vreemd dat je ervan uit gaat dat reizigers zich onveiliger gaan voelen.
 - Ik vind de constante surveillantie die dan door camera's uitgevoerd worden niet echt fijn. Dat je ten alle tijden in de gaten gehouden kan worden is best angstaanjagend.
 - Ik vind het een onprettig idee dan ik geen 'menselijk' aanspreekpunt heb, waar ik kan vragen, moeilijkheden of andere zaken kwijt kan. Robotisering zonder enig menselijk aspect zorgt voor meer afstand.
 - Ik denk dat ATO misschien wel veiliger is, het is een mindset die tijd kost.
 - Ik zou het fijn vinden als er op zijn minst 1 iemand van NS aanwezig is om eventueel in te kunnen grijpen.
 - Er is geen direct aanspreekpunt bij calamiteiten.
 - Hoe reageert het systeem op situaties die niet waren voorspeld?

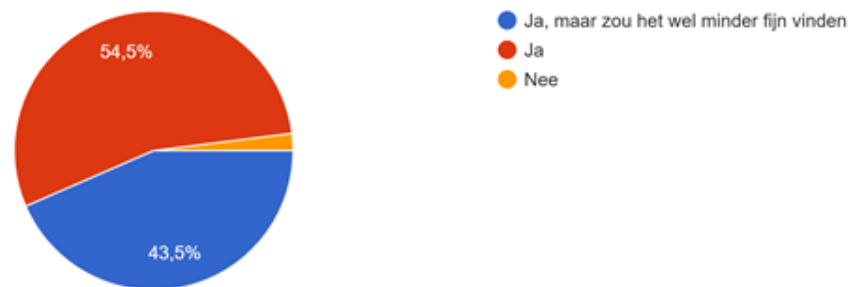
7. Als er nu iets misgaat in de trein houd ik verantwoordelijk:

253 antwoorden



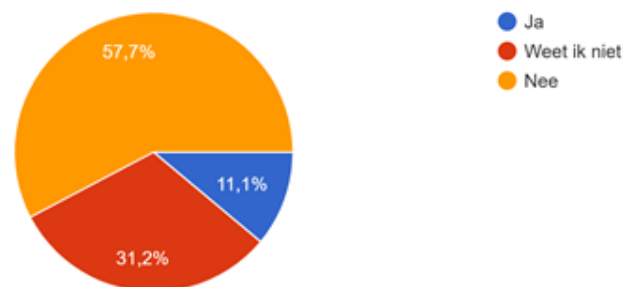
8. Zou je, in geval van gevaarlijke en uitzonderlijke situaties (brand, bom, stilstaan in tunnel of algemeen) luisteren naar de instructies die via een speaker worden gegeven?

253 antwoorden



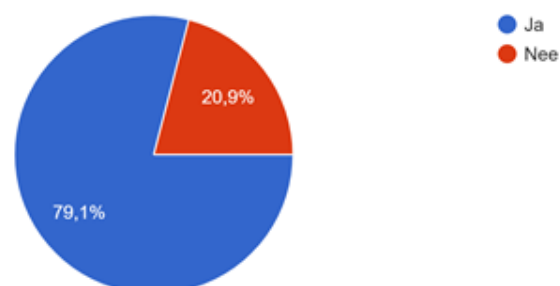
9. Zou je minder met de trein gaan reizen op het moment dat treinen onbemand gaan rijden?

253 antwoorden



10. Zou meer informatie over ATO, hoe het werkt en wie er allemaal meekijken je een beter veiligheidsgevoel geven?

253 antwoorden

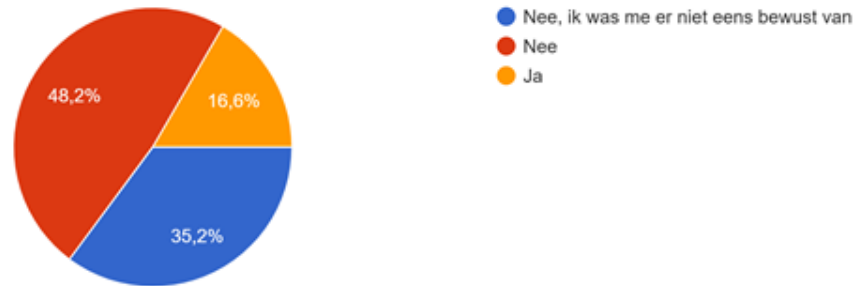


Metro's

Metro's maken geen gebruik van conducteurs. Dit is anders dan met de trein. Daarnaast heeft de metro ook veel ondergrondse infrastructuur.

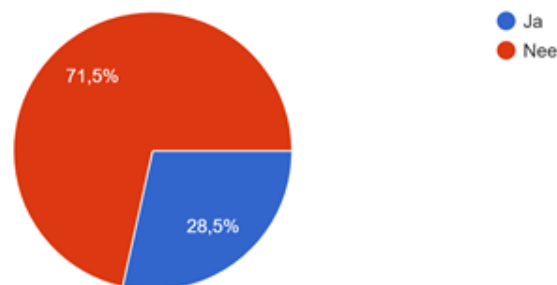
11. Geeft het feit dat er geen conducteurs aan boord zijn van metro's een onveilig(er) gevoel?

253 antwoorden



12. Geeft het feit dat metro's veel gebruik maken van ondergrondse infrastructuur (tunnels) een onveilig(er) gevoel?

253 antwoorden

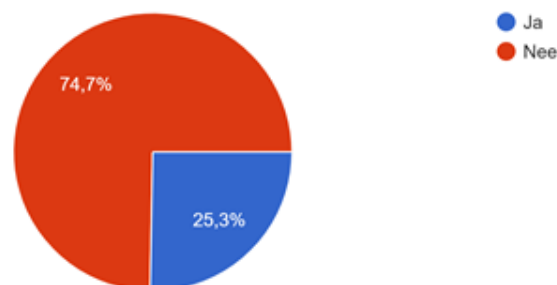


Goederenvervoer

Naast passagierstreinen rijden er ook goederentreinen over het spoor. Dit zijn vooral routes tussen zeehavens en buurlanden. Stel: deze goederentreinen gaan ook automatisch rijden over hetzelfde spoor als de passagierstreinen;

13. Heeft dit nog extra invloed op het veiligheidsgevoel aangegeven bij vraag 4 & 5 (onbemand rijden)?

253 antwoorden

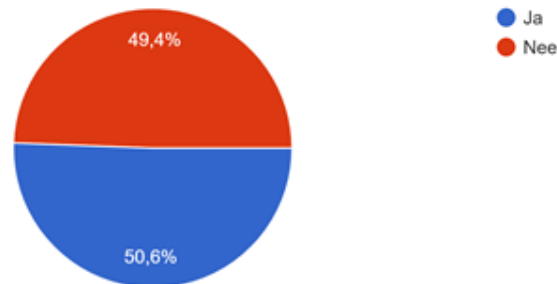


Overig

Een lijst van alle metro's die automatisch rijden is te vinden op: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_automated_train_systems#GoA4_%E2%80%93_Asia. Onder de kopjes GoA3 en GoA4.

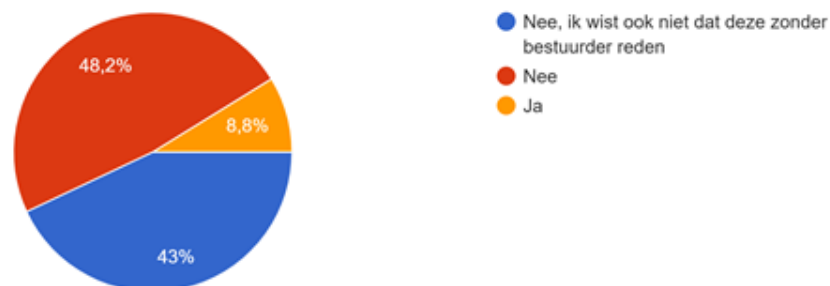
14. Heb je wel eens in een automatische metro gereden? (zie lijst hierboven)

253 antwoorden



15. Voelde je je minder veilig in deze zelf rijdende metro?

228 antwoorden



Tot slot zijn er ook nog nuttige opmerkingen geplaatst:

- ATO is zinvol, maar wakend oog van de mens blijft nodig.
- ATO lijkt me op onderdelen juist veiliger; menselijke factor is er niet meer. Een STS passage lijkt dus uitgesloten.
- Als ik exact zou weten hoe deze besturing in zijn werking gaat en hoe de veiligheid wordt gewaarborgd dan zou ik zeker geruster zijn.
- Automatisch rijdende metro's zijn niet vergelijkbaar met automatisch rijdende treinen.
- De snelheid van metro's ligt lager en deze zouden dus eerder zelfstandig kunnen rijden.
- Heb deze enquête ingevuld alsof het voor corona was, nu maak ik bijna geen gebruik van de trein.
- Ik ben nu bij de vraag voor hoe vaak ervan uitgegaan dat ik nog 5 dagen in de week naar de universiteit reisde.
- Ik denk dat automatisering deel is van de toekomst.
- Op zich zou ik het niet erg vinden om met een zelfrijdende trein te reizen als de voorlichting maar goed is wat betreft de veiligheid.

- Ik zou het wel gek vinden zonder machinist, maar mensen maken ook fouten dus ik vertrouw eigenlijk een computer evenveel.

C

Interviews

C.1. Light rail (RET)

1. **Wat zijn op dit moment de grootste veiligheidsrisico's op het spoor als wordt gekeken naar de technologieën?**

Op dit moment zijn de grootste veiligheidsrisico's:

- aanrijdgevaar tussen metro's
- risico's op overwegen, wat specifiek is voor RET aangezien zij wel nog gelijkwaardige kruispunten hebben
- risico's in ondergrondse infrastructuur (tunnels)

2. **Wat zijn op dit moment de grootste veiligheidsrisico's als wordt gekeken naar sociale veiligheid?**

Bij metro's gaat het hier met name om mensen die last hebben van geweld. Aangezien de metro niet meer met conducteurs werkt, is er een BOA regeling. Op dit moment zijn er BOA beveiligingstypes die op verschillende trajecten staan. Zij reageren op beelden die binnenkomen via de camera's die in de metro hangen en op het station. Ook kunnen passagiers gebruik maken van de SOS knop, waar de BOA's dan op kunnen reageren. Bij een geautomatiseerd systeem zou je deze mensen nog steeds kunnen inzetten. Mensen denken dat als metro's volledig geautomatiseerd, er niemand meer op het station is. Dat hoeft echter niet waar te zijn.

3. **In welke situaties speelt human error een rol in verstoringen (onnodig stoppen e.d.)?**

Human error heeft effect op de stabiliteit van de dienstregeling. In- en uitstappen blijft een risico. Dit hanteringsproces duurt erg lang. Vaak is er eerder sprake van technische verstoringen. De menselijke factor zie je wel terug in variatie in metrobesturing: de ene bestuurder rijdt nu eenmaal defensiever dan een ander.

De noodrem wordt niet vaak gebruikt.

4. **Hoe zit het met cyber security? Is het mogelijk om een trein te hacken? Zo ja, wordt deze kans vergroot door ATO?**

Cyber security is een belangrijk onderdeel. Zo ver is het proces echter nog niet. Het is een gegeven dat dit veilig moet zijn. Er is voor ATO (onder GoA3/4) nog niet uitgewerkt welk systeem er gebruikt gaat worden, dus het is nog lastig om te zeggen hoe het hier mee staat. Op dit moment is het haast niet mogelijk om een trein te hacken. Het liefst zeg je natuurlijk dat het niet mogelijk is, maar die 100% zekerheid kan niet gegarandeerd worden.

Met ATO wordt er gebruik gemaakt van radioverbindingen, wat op dit moment glasvezel is. Het zal wel lastiger worden. Het onderwerp cyber security komt wel steeds vaker in beeld. Mocht het zo ver zijn, kan er misschien een 'cyber security office' komen, wat zich hier gericht mee bezig houdt.

5. Onder welke GoA rijden de metro's op dit moment?

Op dit moment rijden metro's met een ATB systeem. Dit houdt in: GoA1.

6. Hoe kijkt u aan tegen het implementeren van ATO GoA3? Dus het weghalen van de metrobestuurder; Welke risico's ziet u hier m.b.t. veiligheid?

De risico's benoemd bij vraag 1 komen dan beter in beeld. Automatisering is bedoeld voor het verhogen van de frequentie.

- In het geval van tunnels en brandveiligheid houdt dit in dat er zich meer metro's in de tunnels bevinden, doordat de frequentie omhoog gaat. De kans bestaat dan dat bij een verstoring de metro niet door kan rijden (dus uit de tunnel). Er moet dan goed gekeken worden naar vluchtroutes van passagiers of andere maatregelen zoals brandpreventiemaatregelen. Daarnaast is het op dit moment de bestuurder die doorrijdt in dit soort situaties. Als je de bestuurder weghaalt moet er voor gezorgd worden dat deze handeling goed wordt opgepakt door het systeem. De vraag naar automatisering, en dus het verhogen van de frequentie, is door het toenemende aantal reizigers. Dit houdt in dat er ook meer reizigers tegelijkertijd op het station zijn. De vluchtcapaciteit van (ondergrondse) stations zal dan ook moeten worden aangepast.
- Het is ook belangrijk dat overwegen ongelijkvloers worden. Metro's rijden al erg vaak. Als de frequentie omhoog gaat, dan staan de overwegen bijna altijd dicht. Op het moment dat overwegen ongelijkvloers worden, is het ook veiliger als er wordt gekeken naar aanrijdingen met auto's.
- Aanrijdingen tussen voertuigen liggen bijna altijd aan het spoorbeveiligingssysteem.
- Nog een veiligheidsrisico betreft mensen op de baan. Dit zou je eventueel kunnen oplossen door perrondeuren toe te passen, waardoor de rijbaan onbereikbaar is voor passagiers.

Extra maatregelen in tunnels leidt wel weer tot extra investeringen.

Met GoA2 kun je de capaciteit al laten groeien. Kijk je naar GoA3 en GoA4, dan gaat het over dienstregelingsvoordelen.

7. Hoe kan het dat in andere landen ATO wel al succesvol is geïmplementeerd, maar dat we in Nederland pas aan het testen zijn onder GoA2?

Vanuit Rotterdam was de behoefte er nog niet om vaker te gaan rijden. Het capaciteitsprobleem zit er nu echter wel aan te komen en daarom wordt er op dit moment wel georiënteerd. Er wordt ook gekeken naar hoe het in andere landen is gegaan. Het ombouwen van al bestaande lijnen is namelijk moeilijker dan het aanleggen van een nieuwe metrolijn die direct onder ATO rijdt.

8. Welke voorbereidingen zouden naar uw mening getroffen moeten worden als aanloop naar ATO GoA3?

Er is nog niet besloten welke GoA zou worden toegepast. Wel moet er gekeken worden naar:

- Het spoorbeveiligingssysteem (dit is het belangrijkste)
- Het aanpassen van voertuigen
- Het installeren van perrondeuren
- De energievoorziening (meer rijden betekent dat er meer energie nodig is)
- Het uitbreiden van werkplaatsen & opstelreinen
- Het ongelijkvloers maken van overgangen
- Het aanpassen van remises

Het bovenstaande heeft meer te maken met de techniek. Dit zijn echter niet de enige voorbereidingen die nodig zijn. Metrobestuurders zijn bang dat zij hun baan kwijtraken. Binnen de organisatie en daarbuiten moet er goed worden gecommuniceerd. Er moet uitleg komen over hoe alles in zijn werking zal gaan.

De metrobestuurder kun je weghalen en technieken zullen delen gaan overnemen, maar de verkeersleiding zal ook een grotere rol moeten gaan aannemen. Storingen moeten sneller worden verholpen; de aanrijtijd moet worden verkleind. Dit heeft allemaal betrekking tot organisatie. Er moet optijd worden begonnen en mensen moeten worden meegenomen in deze voorbereidingen.

Daarnaast spelen er nog meer vragen op:

- Welke kwaliteit van sociale veiligheid gaan we leveren?
- Welke lijn gaat eerst? Welk deel van deze lijn gaat eerst?
- Hoe gaat dit getest worden?
- In hoeverre veranderen de opleidingen in deze sector?

9. Heeft u nog inzichten op ATO, m.b.t. veiligheid, die tot nu toe nog niet ter sprake zijn geweest?

Er is nog niet veel gekeken naar reizigersbeleving. Met goede communicatie kun je waarschijnlijk heel ver komen, ook omdat het in het buitenland al veel wordt toegepast. Er zitten ook nog verschillen tussen het veranderen van een al bestaande lijn en het aanleggen van een compleet nieuwe metrolijn.

C.2. Heavy rail (NS)

NS is op dit moment alleen bezig met experimenteren en is er nog geen implementatie-uitgangspunt. Alles wat is gezegd in het interview, zeker over hogere niveaus, is niet gezegd vanuit het perspectief van NS, maar alleen als hulpmiddel op dit onderzoek.

1. **Wat zijn op dit moment de grootste veiligheidsrisico's op het spoor als wordt gekeken naar de technologieën?**

In Nederland is op dit moment sprake van een ATB systeem. Dat is een treinbeïnvloedingssysteem (en geen trein beveiligingssysteem). Dat ATB systeem is niet waterdicht. De machinist heeft nog een belangrijke rol om de veiligheid te bewaren.

Er zijn ook rode seinen. Er wordt wel regelmatig zo'n rood sein gepasseerd. Wat ook een veiligheidsrisico is. Door zo'n roodseinpassage kunnen botsingen tussen treinen optreden. Op het moment dat een rood sein gepasseerd wordt, kom je op een stuk te staan waar potentieel al een andere trein aanwezig is en zo ontstaat dat botsingsgevaar.

Onbewaakte spoorwegovergangen geven ook veiligheidsrisico's. Laatst was er een ernstig ongeluk, waarbij een machinist is overleden door een botsing met een landbouwvoertuig.

2. **Wat zijn op dit moment de grootste veiligheidsrisico's als wordt gekeken naar sociale veiligheid?**

Er is een speciaal whatsappnummer in het leven geroepen waarbij mensen die zich onveilig voelen in de trein, dat nummer kunnen appen. Zo sta je direct in contact met de veiligheidscentrale die weer contact op kan nemen met de conducteur of met veiligheid & service personeel, zelfs politie. Dit kan dronkenschap zijn, opdringerige mensen, grote groepen supporters die overlast veroorzaken.

Mensen staan meteen in contact met de veiligheidscentrale. Er hoeft ook niet gebeld te worden, wat meer op zou vallen. Met de telefoon in de hand kan direct contact worden gelegd. Het nummer is wijdverspreid en wordt vaak weergegeven op de monitoren in de trein.

3. **In welke situaties speelt human error een rol in verstoringen (onnodig stoppen e.d.)?**

In het rijden van een trein, zit op dit moment een marge bedoeld voor deze errors. Bijvoorbeeld bij sneeuw: er worden hier met minder treinen gereden om een marge in te bouwen om rekening te houden met fouten. Dat wordt op dit moment ook gedaan op het gebied van human error. In de dienstregeling wordt deze marge ingebouwd.

Dit is ook het idee met ATO. Dat deze marges kleiner kunnen worden en dat er daardoor meer treinen kunnen worden gereden.

4. **Hoe vaak komt dit voor?**

Dit is lastig om te zeggen. De vraag is namelijk of dit wel echt human error is. NS is aan het onderzoeken of ATO iets kan betekenen, als contact met andere treinen centraler geregeld kan worden. Op dit moment heeft de machinist alleen de informatie die hij voor zich ziet en heeft deze niet het overkoepelende plaatje. Misschien is het gewoon een beperking van het systeem waarbij de machinist het maar met bepaalde informatie moet doen.

5. **Hoe zit het met cyber security? Is het mogelijk om een trein te hacken? Zo ja, wordt deze kans vergroot door ATO?**

Het wordt steeds digitaler. Hoe meer er wordt gedigitaliseerd, hoe meer impact het heeft op de cyber security. Dit is ook een van de grootste uitdagingen voor ATO. Als het gaat om de veiligheid van het rijden van de trein staat het onderwerp cyber security wel op 1. Als er ook maar een kans bestaat dat het ATO systeem gehackt kan worden, dan wordt het niet ingevoerd. Goede cyber security is randvoorwaardelijk voor het implementeren van ATO.

6. **Onder welke GoA rijden de treinen op dit moment?**

Op dit moment rijden treinen onder GoA1 met een ATB systeem.

7. Hoe kijkt u aan tegen het implementeren van ATO GoA3? Dus het weghalen van de machinist; Welke risico's ziet u hier m.b.t. veiligheid?

Het gaat hier vooral om onvoorziene situaties. Alle voorziene situaties kunnen relatief makkelijk worden gedigitaliseerd en kan het rijden van de trein kun je zonder machinist regelen. Het probleem ligt hem meer bij het digitaliseren van onvoorziene situaties. Dit is maar een paar procent van de situaties die voorkomen bij het rijden van een trein, maar dit is wel het meest ingewikkeld.

Als wordt gekeken naar zelf rijdende auto's, zie je daar vragen ontstaan over het rijden in de stad. Voetgangers kunnen daar elk moment oversteken. Zou je hier een zelf rijdende auto willen? Het is ontzettend complex, om in een systeem waar constant van alles gebeurt, het goed in te richten en een systeem te ontwikkelen dat 100% veilig is. Op de snelweg is het bijvoorbeeld veel makkelijker om te reguleren.

Dit is ook een beetje het lastige van het inrichten van ATO GoA3 in Nederland. Dit soort varianten kunnen ergens ver in de toekomst plaatsvinden, maar het is nog ver weg. In Rusland wordt zo'n niveau nu wel ingevoerd, maar dit lijkt wel meer op een metro-systeem. De langere en grotere trajecten (in Nederland) zullen niet zo snel richting dit niveau van automatisering gaan, omdat het open is en omdat het complexer is om in te richten.

8. Hoeveel invloed heeft een machinist die zelf nog kan anticiperen op een eventueel ongeluk op een overweg?

Met name bij overwegen die niet beveiligd zijn, is het ontzettend lastig om nog te reageren. Hier spelen ook andere omstandigheden mee zoals begroeiing en zichtlijnen. ATO kan hier wellicht wel mee helpen door obstakel-detectie toe te voegen. Het wordt op dit moment wel nog gezien als 'aanvulling op ...'

Op het moment dat de machinist wordt weggehaald, zouden dit soort situaties compleet afhankelijk worden van sensoren en detectiesystemen. Op dat moment is het rand voorwaardelijk dat dit systeem goed werkt. Er kunnen nog steeds ongelukken gebeuren, of dat nu menselijk of via het systeem is. Het gaat hier ook om een deel acceptatie. Als hetzelfde ongeluk gebeurt met een zelf rijdende trein, heeft dit dan een ander aanzicht dan als het zou gebeuren terwijl er nog een machinist inzit. De uitkomst is hetzelfde, maar er wordt misschien toch anders naar gekeken.

9. Hoe kijkt u aan tegen het implementeren van ATO GoA4? Als er ook geen conducteur meer aan boord is; Welke risico's ziet u hier m.b.t. veiligheid?

Qua treintechnieken ontstaan dezelfde risico's als bij GoA3. Er zijn vaak treinen met een aantal honderd mensen aanwezig. NS vindt het vanuit dienstverlening noodzakelijk dat er mensen aanwezig zijn op de trein om hier 'gastheer/gastvrouw' te zijn.

Er zit misschien nog wel verschil tussen de metro-achtige concepten (sprinters) en lange trajecten. Een mobiel team kan daar wellicht ook worden ingezet, waar bij lange trajecten het wel belangrijker is dat er iemand aan boord is.

Op dit moment heeft een conducteur ook technische verantwoordelijkheden. Het gaat hier om het sluiten van de deuren. Hij controleert of er geen mensen tussen de deuren zitten. Dit zou eventueel ook met camera's kunnen. Qua techniek moet dit kunnen, maar NS houdt de conducteurs op de treinen vanuit het service-aspect.

10. Hoe kan het dat in andere landen ATO wel al succesvol is geïmplementeerd, maar dat we in Nederland pas aan het testen zijn onder GoA2?

Het aantal landen waar ATO al succesvol is geïmplementeerd is juist niet hoog. Er wordt in andere landen ook nog steeds getest. Nu is NS wel relatief later ingestapt. Er wordt wel samengewerkt tussen landen in bijvoorbeeld het uniform maken van specificaties. Samenwerken wordt vooral gedaan op Europees niveau met onder andere ProRail, vervoerders uit andere landen en trein leveranciers.

11. **Welke voorbereidingen zouden naar uw mening getroffen moeten worden als aanloop naar ATO GoA3?**

Vorbereidingen die erg belangrijk zijn, zijn:

- Het juridische aspect: dit heeft vooral te maken met verantwoording op het moment dat er geen machinist meer in de trein zit.
- De ontwikkeling van de techniek: er is nog een weg te bewandelen voordat deze technieken aanwezig zijn.
- Acceptatie: dit is ook een belangrijk onderwerp.

12. **Welke voorbereidingen zouden naar uw mening getroffen moeten worden als aanloop naar ATO GoA4?**

Qua voorbereiding van de techniek komt hier niets extra's bij kijken. Voor GoA3 moet er al veel gereed zijn. Het opstapje naar GoA4 is dan niet heel groot meer.

Wel komt het sociale aspect hier meer naar boven. Het serviceconcept is bij NS in ieder geval erg belangrijk. Er zijn dus andere overwegingen om dit opstapje wel of niet te maken.

13. **Heeft u nog inzichten op ATO, m.b.t. veiligheid, die tot nu toe nog niet ter sprake zijn geweest?**

ATO en veiligheid wordt vaak aan de negatieve kant gekoppeld. ATO wordt niet vaak benaderd aan het perspectief: 'wat kan het ons aan veiligheid opbrengen'. Een voorbeeld is het eerdergenoemde obstakeldetectie. Het kan een hulpmiddel zijn voor de machinist. Deze systemen kunnen de veiligheid positief beïnvloeden. ATO kan namelijk ook nog veel veiligheid toevoegen.

C.3. Goederenvervoer (ProRail)

1. Hoe vaak rijden goederentreinen op een bepaald traject (laten we zeggen de drukste route)?

De Betuweroute is de meest bereden route vanwege de connectie van de Rotterdamse haven met Oost-Europa. Dit is vooral een natuurlijke stroom, maar door middel van wetgevingen en vanwege trillingen, gevaarlijke stoffen en geluidsoverlast zijn veel treinen de Betuweroute op gestuurd aangezien dat is waar de Betuweroute voor is aangelegd. Er zijn ook nog havens in Amsterdam, Groningen en Vlissingen. Dit zijn takken die uiteindelijk voor een groot deel richting Duitsland gaan. Zo gaat een route bijvoorbeeld van Amsterdam via Utrecht naar de Betuweroute. Er is ook nog de lijn vanuit Rotterdam via Roosendaal naar het zuiden toe (Antwerpen).

80% hiervan is internationaal georiënteerd vervoer. Het gaat hier met name om bulk zoals erts en kolen en intermodaal vervoer.

Er rijden ongeveer tussen de 50 en 70 treinen per dag over de Betuweroute. In de drukste periode rijdt er elk kwartier een trein.

2. Gaat er op dit moment vaak iets mis met een goederentrein?

Zaken die mankeren aan goederentreinen zijn over het algemeen:

- Slepde remmen
- Vaste remmen
- Storingen aan de locomotief

Het zijn systemen die met luchtdruk werken. Daar waar je luchtlekkage hebt of waar je door vulstoten een drukverhoging ontstaat kan er wel iets misgaan. Zo kan er een remblok blijven hangen. Het kan zelfs breken waardoor een trein ontspoord. Een trein rijdt soms door met een vaste rem en soms moet deze er even uit en dan leidt dat tot vertraging.

Als het echt gaat over ongelukken zoals: botsingen, ontsparingen, verlies van lading, gevaarlijke stoffen die ontsnappen, dit gebeurt zelden en kijkend naar het aantal treinen zijn dit grote uitzonderingen. De schade is dus zeer beperkt.

3. Waar zitten op dit moment de grootste veiligheidsrisico's?

Bij goederentreinen zitten de grootste veiligheidsrisico's bij het voorbereiden van het vertrek.

- (a) Er moet gecontroleerd worden of de lading goed vast zit. Als de trein uit elkaar geweest is moeten er remproeven worden gedaan en ook een technische controle. Hier kun je zaken missen die uiteindelijk gevolgen hebben voor de veiligheid.
- (b) De machinist moet ook beproevingen doen. Ook moet de machinist goed begrijpen met welk systeem hij aan het rijden is. Dit geldt vooral voor ERTMS. Er zijn een paar gevallen geweest van veiligheidsincidenten waarbij de treinen niet waren gestopt waar ze zouden moeten stoppen. Dit is in een aantal gevallen te wijten geweest aan de deskundigheid van de machinisten met het omgaan van de treinen. Dit gaat wel specifiek over ERTMS.

Stoptonende seinpassages (rood sein passeren) kunnen wel risicovolle situaties opleveren. Met name door het remsysteem van een goederentrein. Het is niet even op een rempedaal trappen; de machinist moet het goed inschatten aan de voorkant. Elke goederentrein remt ook weer anders. Het is daarnaast ook nog afhankelijk van meerdere factoren: ervaring; weersomstandigheden etc.

4. Wat is het ernstigste wat er kan gebeuren op gebied van veiligheid?

Je kunt rekenen in materiele schade, maar ook met sociaal economische impact. Zo verschilt de impact erg per situatie en hoe je 'ernstig' omschrijft.

Als er iets gebeurt in de tunnels van de Betuweroute dan komt de trein in een soort kommetje tot stilstand (of op een opgaande helling) en dan moeten achteropkomende treinen via een nevenspoor

om deze gestrande trein heenrijden. Er moet dus om de trein heen worden gereden door wissels te gaan bedienen. Deze wissels liggen niet dicht om de trein heen, waardoor treinen erg om moeten rijden. Dit leidt tot capaciteitsverlies en vertragingen. Deze vertraging is afhankelijk van: het gewicht en de lengte van de trein, de trekkracht van de locomotief, de beschikbaarheid van hulplocomotieven en nog meer factoren.

Als er op een druk bereden baanvak een trein ontspoord, ben je dagen verder voordat je weer in een herstelde situatie zit.

Passagiers hebben het meest last van de goederentrein als het gaat om vertragingen. In het grotere geheel is een goederentrein een trein met prioriteit. Regionale reizigerstreinen zitten laag in prioriteit. Echter geeft het wel een bepaald beeld voor de reizigers op het moment dat er vaak wordt gemeld dat zij vertraagd zijn door een goederentrein.

Grote calamiteiten zijn:

- ontsporingen
- verlies van lading
- Vrijkomen van gevaarlijke stoffen
- onsporing waarbij een nevenspoor wordt geraakt, waar andere treinen rijden

5. Worden er ook gevaarlijke stoffen vervoerd? Zo ja, welke extra risico's en maatregelen brengt dit met zich mee?

Er zijn zelden veiligheidsrisico's door het vervoeren van gevaarlijke stoffen. Vroeger is er in Nederland nog met chloortreinen gereden, die rijden nu haast niet tot nooit meer. Deze mochten niet harder rijden dan 60 km/h. Er zat continue bewaking op. Als hij ergens stilstond werd er meteen aan de bel getrokken. Dit stond vaak in de kijkers.

Er worden echter nog meer gevaarlijke stoffen vervoerd zoals acrylnitril, maar daar hoor je verder niks over. De constructie van de wagens zijn dermate sterk en crashproof dat er geen extra maatregelen nodig zijn bij het vervoeren van deze stoffen, alleen met chloor werkt het dus wel anders wat betreft het 'volgen' van de trein.

Wel kan het zijn dat er sprake is van een stinkende wagen. Van een stof als acrylnitril is maar één druppel nodig en dat kan op een kilometer afstand worden geroken. Het kan zijn dat resten van zo'n stof in de tank blijven zitten, waardoor je een stinkende wagen kunt ruiken.

Grote ongelukken, die in andere Europese landen zijn voorgekomen, zie je in Nederland niet. Maar deze zijn natuurlijk nooit uit te sluiten.

6. Wat zijn de gevolgen voor passagierstreinen als er iets misgaat met een goederentrein?

Het meest voorkomende gevolg voor passagierstreinen is vertraging. Dit is op de routes waar goederentreinen en passagierstreinen over hetzelfde spoor rijden. Het kan ook voorkomen dat een goederentrein ontspoord en een ander spoor raakt. In dit geval kan dit zorgen voor langdurige vertraging.

7. Worden de risico's groter op het moment dat ATO wordt geïmplementeerd? En welke risico's verwacht u?

Als ATO wordt geïmplementeerd moet er genoeg onderzoek worden gedaan en genoeg worden getest. Op het moment dat alles veilig is verklaard moet dit de human factor weghalen en zou het veiliger moeten zijn.

ATO wordt ten principale gevoed vanuit de beveiligingsinformatie. In dit geval wordt de veiligheid vanuit het onderliggende beveiligingssysteem geregeld. Als er geen snelheidsvertraging komt waar

het wel zou moeten, ben je wel weer afhankelijk van het onderliggende systeem. ATO moet wel goed werken anders kunnen de risico's erg groot zijn.

ATO brengt efficiëntie en verbeterd de veiligheid, maar het vergroot de druk op de safety & integrity levels die dan nodig zijn.

Human error speelt een kleinere rol in het goederenvervoer dan in het vervoer met personentreinen. Bij het reizigersvervoer heb je sneller het idee dat je later kan remmen en meer in de kleinere marges kan rijden. Bij goederentreinen heeft elke machinist het idee: ik ga nu weg met de trein, ik weet niet hoe deze reageert en hoe snel hij remt. Er is sprake van een defensievere houding. Daarnaast rijden goederentreinen op een lagere snelheid. Bij passagierstreinen ontstaat er een groter risico als een trein met vertraging met 140 km/h het station binnen komt rijden en de vertraging eruit wil remmen. Vertraging kun je er namelijk niet uit rijden, maar dit moet je er uit remmen. Als zo'n trein dan gaat glijden is dat een stuk gevaarlijker.

8. Lijkt het u nodig om ATO toe te passen op het goederenvervoer?

Op de Betuweroute is op dit moment geen capaciteitsprobleem. Op de zijtakken wel. Dit omdat ook 's nachts aan het spoor wordt gewerkt om de passagierstreinen niet in de weg te zitten, wat voor de goederentreinen die in de nacht rijden weer leidt tot omrijden.

Het gevoel voor de trein is bij goederenvervoer zo belangrijk dat het enorm lastig is om dit met ATO over te nemen. Je zou ook kunnen gaan nadenken over het op de markt brengen van treinen onder ATO met een ander remsysteem. Hier wordt het erg interessant.

(a) Welke voordelen worden hieruit gehaald?

Met ATO kun je een stukje veiligheid kan verhogen, ervan uitgaand dat ATO de dienst bied die noodzakelijk is. Daarnaast levert het ook meer capaciteit en betrouwbaarheid op.

(b) Verschillen deze voordelen van het passagiersvervoer?

De voordelen die hieruit worden gehaald verschillen niet van de passagierstreinen. Dit op het omrijden na. In het passagiersvervoer worden snel alternatieve routes aangeboden op het moment dat een spoor tijdelijk afgesloten is. Dit is vaak omreizen via andere bestaande routes. Bij een goederentrein moet er echt worden omgereden.

(c) Wegen de voordelen de eventuele risico's af?

Als je bij een personentrein aan een remhendel trekt, worden vaak, via een elektrisch commando, alle remstations in 1 keer bediend en deze gaan de trein geleidelijk remmen.

Bij een goederentrein heb je een grote doorgaande luchtleiding, die wordt gevoed met een druk van 5 bar vanuit een compressor in de locomotief. Deze gaat iedere wagen apart voorzien van luchtdruk. Op het moment dat deze hele trein op 5 atmosfeer staat en ook alle remstations en remreservoirs op 5 bar staan, dan zit er een klep in iedere wagen die de hoeveelheid lucht opslaat en afsluit. Op het moment dat de machinist door het bedienen van een remkanaal een klein beetje lucht uit de leiding laat lopen ontstaat er een evenwichtsverschil. Er komt dan een klep om en gaat er lucht stromen van het remreservoir naar de bediening van de remblokken. De remming van de trein wordt langzaam opgebouwd naar achter. Als een trein gaat remmen dan gebeurt dat namelijk eerst aan de voorkant.

Als de trein dan eenmaal remt, moet hij ook weer worden gelost. Daar zit een risico. Als de machinist de remkanaal weer in de losstand zet, wordt er een vulstoot gegeven van ongeveer 7 bar in de treinleiding. Die ervoor moet zorgen dat al die kleppen in de leiding omklappen en de lucht weer wordt aangevuld in elk reservoir. Dit begin weer aan de voorkant. Op het moment dat de machinist te vroeg gaat gasgeven, en de achterkant van de trein nog aan het remmen is, kan de trein in twee breken. Het wordt nog erger als de remming niet wordt afgemaakt. Stel er wordt geremd, gelost en weer geremd, voordat de trein helemaal gelost is, en wordt er weer gelost, dan ontstaan er langskrachten in de trein die er zelfs voor kunnen zorgen dat de trein in meerdere stukken breekt.

ATO moet wel goede waarneming hebben op het remgedrag van de wagens achter de trein, want dit is namelijk iets wat een machinist normaliter echt ‘voelt’. Elke trein heeft een ander remgedrag. Dit bepaalt voor elke trein hoe een machinist gaat remmen. ATO moet hier wel een antwoord op hebben.