



Universiteit Utrecht



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Universiteit Utrecht
Faculteit der Sociale Wetenschappen

*In opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu,
agentschap Rijkswaterstaat, dienst Water, Verkeer en Leefomgeving*

Roodlichtnegatie door langzaam verkeer bij bruggen

Onderzoek naar de mate van roodlichtnegatie bij een brug in Nederland, de bijbehorende factoren, de proportie bewuste roodrijders en de invloed van waarschuwendende borden.

Thesis (27.5 ECTS) ter afronding van de masteropleiding Toegepaste Cognitieve Psychologie (2015/2016)

<i>Auteur</i>	Dhr. BSc. Rietkerk, G.J.	3837017		
<i>Begeleiders RWS</i>	Mevr. drs. Merkx, C.	Dhr. ir. Beumer, S.	Dhr. ir. Bokma, H.	
<i>Beoordelaars UU</i>	Mevr. dr. Donker, S. F.	Dhr. dr. Janssen, C. P.		
<i>Datum</i>	22 augustus 2016			

Inhoudsopgave

SAMENVATTING	3
AANLEIDING.....	3
INLEIDING	4
STUDIE I	
METHODEN	8
RESULTATEN	11
STUDIE II	
METHODEN	14
RESULTATEN	16
DISCUSSIE	19
CONCLUSIE.....	21
REFERENTIES	23
BIJLAGE I. HET PROCES VAN HET OPENEN VAN EEN BRUG	25
BIJLAGE II. SITUATIE KONINGSBRUG	26

Samenvatting

Uit onderzoek blijkt dat roodlichtnegatie bij bruggen voor komt in ongeveer een derde van de gevallen. Verschillende factoren zijn van invloed op roodlichtnegatie, waaronder geslacht, leeftijd, weersomstandigheden en het gedrag van overige weggebruikers. Ook aandacht kan van invloed zijn op de waarneming van een weggebruiker, en daarmee wellicht op roodlichtnegatie. Huidig onderzoek is in twee studies opgesplitst waarin roodlichtnegatie met behulp van camerabeelden is geanalyseerd. In *studie I* is onderzocht wat de mate is van roodlichtnegatie bij een brug in Nederland, welke factoren hier van invloed op zijn en hoe groot de proportie bewuste roodrijders is. In *studie II* is middels voor- en nameting gekeken of verplichte borden, waarmee geïmpliceerd wordt om te stoppen voor de slagbomen, zorgen voor minder roodlichtnegatie. Uit de eerste studie blijkt dat 31% van de weggebruikers het rode licht negeert, waarvan minimaal drie op de vijf weggebruikers dit bewust doen. Logistische regressieanalyse toont aan dat de kans op roodlichtnegatie groter is voor mannen, voor jongeren, op maandag t/m vrijdag en wanneer andere weggebruikers het rode licht negeren. Daarnaast verkleint de kans op roodlichtnegatie naarmate de tijd dat het licht brandt verstrijkt. De tweede studie toont aan dat roodlichtnegatie niet verschilt na het plaatsen van de borden. Een nadere analyse wees echter uit dat er, na controle voor overige variabelen, een grotere kans is op roodlichtnegatie in de nameting ten opzichte van studie I. Dit verschil is niet gevonden tussen de voormeting en studie I. Geconcludeerd kan worden dat roodlichtnegatie ook bij bruggen veel voor komt en dat factoren overeenkomen met bestaande literatuur. Hoewel nader onderzoek dit moet uitwijzen, lijkt de invloed van de verplichte borden negatief te zijn en voor meer roodlichtnegatie te zorgen.

Aanleiding

Naar aanleiding van een eerste onderzoek door Hooijdonk (2016) voor Rijkswaterstaat naar roodlichtnegatie bij bruggen, is door samenwerking tussen Universiteit Utrecht en Rijkswaterstaat een nieuw onderzoek opgezet naar roodlichtnegatie. Het rapport van de Onderzoeksraad voor Veiligheid (2016) over het ongeval bij de Den Uylbrug te Zaandam gaf reden om onderzoek te doen naar de invloed van een akoestisch signaal tijdens het rode licht op roodlichtnegatie. Nadat een mogelijke aanpassing van dit signaal was toegezegd bij de Koningsbrug in Harlingen is er gekozen om zo spoedig mogelijk camera's te installeren voor een voormeting. Na verloop van tijd bleek het echter niet meer mogelijk om het akoestisch signaal aan te passen binnen aanzienbare tijd. Omdat er echter al veel tijd, geld en energie in de Koningsbrug was gestoken, is er gekozen om een andere interventie te plegen. Huidig onderzoek kijkt daarom naar de mogelijke invloed van bebording bij de brug op roodlichtnegatie. Deze was bij de brug uit het onderzoek namelijk niet volgens de richtlijnen (Beumer & Bokma, 2014). Daarnaast is niet bekend of de implicatie van de verplichte borden (stop op tijd voor de slagbomen) daadwerkelijk invloed heeft op het gedrag van de weggebruiker. Naast de interventie die onderzocht is, was het interessant om te weten hoe groot de proportie onbewuste en bewuste roodlichtnegatie is en is het onderzoek van Hooijdonk (2016) met een andere methode gerepliceerd. Hiermee is de mate van en factoren die van invloed zijn op roodlichtnegatie onderzocht.

Inleiding

Probleemstelling

Roodlichtnegatie bij bruggen komt in Nederland veelvuldig voor. Verschillende brugbedienaars klagen over het grote aantal fietsers en voetgangers dat het rode licht passeert vlak voor het openen van de brug¹. Naar aanleiding van deze klachten is door Rijkswaterstaat onderzoek gedaan naar de mate van dit probleem (Hooijdonk, 2016). Hieruit bleek dat in 9% van de brugopeningen het rode licht genegeerd werd door langzaam verkeer (fietsers en voetgangers) wanneer het rode licht 0-5 seconden brandde en dat in maar liefst 25% van de bestudeerde brugopeningen roodlichtnegatie werd vertoond nadat het licht 5 seconden of langer brandde. Dit resultaat is consistent met de verhalen van brugbedienaars die aangeven dat vele fietsers door rood rijden of zich zelfs onder de slagboom door begeven.

Het bewust of onbewust negeren van het rode licht vlak voordat een brug wordt geopend kan zeer ernstige gevolgen hebben voor de weggebruiker zelf. In 2015 overleed een fietsster toen zij de Den Uylbrug in Zaandam op reed terwijl het licht op rood stond. Uit het rapport van de Onderzoeksraad voor Veiligheid over dit ongeval komt naar voren dat het hier zeer waarschijnlijk ging om onbewuste roodlichtnegatie. Dit had uiteindelijk tot gevolg dat de 57-jarige vrouw zich op het brugdek bevond toen deze open ging, waarna zij een dodelijke val maakte (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2016).

Roodlichtnegatie

Als er in het algemeen wordt gekeken naar oorzaken van verkeersongevallen, wordt roodlichtnegatie als één van de grote oorzaken genoemd (American Traffic Solutions, 2013; Insurance Institute for Highway Safety, 2011; Retting et al., 2008; Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid, 2011). In Nederland was in 2009 roodlichtnegatie de hoofdoorzaak bij 5.3% van de dodelijke verkeersongevallen (33 verkeersdoden) en bij 3.7% van de verkeersongevallen met ernstig gewonden als gevolg (Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid, 2011). Ook blijkt uit verschillende onderzoeken dat een groot deel van verkeersongevallen bij kruispunten gebeurt en dat bij veel van deze ongevallen sprake is van roodlichtnegatie (Retting et al., 1995; Retting & Williams, 1996; Retting et al., 1999; Porter & England, 2000; Al-Ghamdi, 2003).

Uit cijfers over verkeersveiligheid in Amsterdam blijkt dat in de periode 2007-2009 het negeren van het rode licht goed was voor 13% van de fiets- en 10% van de voetgangersslachtoffers (Dienst Infrastructuur Verkeer en Vervoer, 2012). Ondanks dat het negeren van het rode licht vooral voor fietsers en voetgangers dus erg gevaarlijk is, trekken veel van dit soort weggebruikers zich hier niets van aan. Wu, Yao & Zhang (2012) stellen dat ongeveer 60% van de dodelijke ongevallen met tweewielers in China komt door het negeren van verkeersregels, waaronder roodlichtnegatie bij kruispunten. Daarnaast vonden zij dat 56% van de geobserveerde weggebruikers met een (elektrische) fiets bij kruispunten door rood reed. Johnson en collega's (2011) bestudeerden 4225 fietsers in Melbourne (Australië); in deze studie negeerde 6.9% het rode licht. In Nederland lijkt

¹ Zie bijlage I voor een toelichting op het proces van het openen van een brug

het percentage zich tussen bovenstaande cijfers te bevinden; onderzoek naar roodlichtnegatie op tien verschillende kruispunten in Den Haag wees uit dat ongeveer één op de vier fietsers door rood reden (Meel, 2013). Zelfrapportages wijzen uit dat ongeveer een derde van de ondervraagden door het rode licht fietst (Greven & Bosveld, 2013, Johnson et al., 2013).

Factoren

Er zijn verschillende studies gedaan om te onderzoeken wat de factoren zijn die roodlichtnegatie door fietsers en voetgangers kenmerken. Zo wordt geslacht vaak als een significante factor gevonden, waarbij mannen vaker het rode licht negeren dan vrouwen (Johnson et al., 2013¹; Meel, 2013²; Rosenbloom, 2009³; Zhang & Wu, 2013⁴). Daarnaast lijken jongeren (Meel, 2013; Johnson et al., 2011⁵) en weggebruikers tussen 30 en 50 jaar oud (Wu, Yao & Zhang, 2012⁶) vaker roodlichtnegatie te vertonen dan 50-plussers. Ook voor het gemotoriseerd verkeer geldt dat mannen en jongvolwassenen vaker het rode licht negeren (Porter & Berry, 2001⁷; Retting et al., 1996⁸; Retting et al., 1999⁹). Ook het overig aanwezige verkeer kan invloed hebben op vertoonde roodlichtnegatie. Zo verkleint de aanwezigheid van andere wachtenden de kans op roodlichtnegatie (Rooij & Dam, 2010¹⁰; Rosenbloom, 2009; Wu, Yao & Zhang, 2012). Daarentegen vergroot de kans op roodlichtnegatie wanneer geen andere weggebruiker aanwezig is of wanneer anderen het rode licht negeren (Meel, 2013; Wu, Yao & Zhang, 2012). Ook bij slecht weer (Meel, 2013; Zhang & Wu, 2013) wordt meer roodlichtnegatie gevonden. Dit zou zowel bewust als onbewust kunnen gebeuren. Logischerwijs zal een fietser of voetganger liever niet in de regen willen wachten, waardoor bewuste roodlichtnegatie meer voor komt bij slecht weer. Een weggebruiker zou echter ook de blik af willen wenden van wat er voor hen is wanneer er sprake is van regen en/of tegenwind. Hierdoor zou waarneming van de situatie kunnen verminderen, wat een stijging in onbewuste roodlichtnegatie betekent. Zo was er sprake van krachtige tegenwind bij de (zeer waarschijnlijk) onbewuste roodlichtnegatie bij het ongeval in Zaandam (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2016).

Naast persoonlijke factoren en het gedrag van overig verkeer kan de omgeving een rol spelen in de mate van roodlichtnegatie. Bovengenoemde factoren zijn gevonden bij kruispunten, terwijl Hooijdonk (2016) heeft gekeken naar roodlichtnegatie bij bruggen en de bijbehorende infrastructurele factoren. In dit onderzoek werd een grotere proportie roodlichtnegatie gevonden bij bruggen met dubbele ten opzichte van enkele slagbomen. Daarnaast werd er meer roodlichtnegatie geobserveerd bij bruggen met goede belijning (stopstreep en kruismarkering onder de slagboom). Er is echter niet kwantitatief gekeken naar de mogelijke menselijke factoren van weggebruikers die door rood rijden bij bruggen. Daarnaast verschilde de bebording in de directe omgeving van de verschillende geobserveerde bruggen, maar ook hier is niet naar gekeken. Zo kan ook de plaatsing van de bruglichten verschillen. Zo is bij de brug waar het huidige onderzoek is uitgevoerd het bruglicht voor langzaam verkeer aan de ene zijde van de brug links van de weg geplaatst en aan de andere zijde van de brug aan de rechterkant van de weg geplaatst.

Bovenstaande onderzoeken met superscript zijn uitgevoerd in de volgende landen en periodes [# land, periode]:

¹ Australië, feb - mei 2010 | ² Nederland, 2013 | ³ Israël, 2008 | ⁴ China, jul - sep 2011 | ⁵ China, 2010 | ⁶ VS, 1999 | ⁷ VS, 1994 | ⁸ VS, 1992 - 1996 | ⁹ Australië, okt 2008 - apr 2009 | ¹⁰ Nederland, 2010 |

Aandacht

Wanneer duidelijk is welke factoren gelinkt zijn aan een grotere kans op roodlichtnegatie kunnen met behulp hiervan passende maatregelen bedacht worden. Om de effectiviteit van deze maatregelen te optimaliseren is het belangrijk om, naast de bovengenoemde factoren, te kijken naar een ander aspect van roodlichtnegatie: weggebruikers doen dit namelijk bewust, maar ook onbewust (Bonneson, Brewer & Zimmerman, 2001). Voor deze twee verschillende soorten roodrijders zijn verschillende maatregelen nodig. Technische maatregelen met betrekking tot de infrastructuur hebben bijvoorbeeld het grootste effect op onbewuste roodrijders. Voorbeelden hiervan zijn een groter stopsein, meerdere lichten, een geluidsignaal of extra borden. Zo stelt de Onderzoeksraad voor Veiligheid (2016) over het dodelijke ongeval in Zaandam dat een akoestisch signaal tijdens het rode licht de attentiewaarde van het stopsignaal had vergroot en dat er wellicht geen sprake was geweest van onbewuste roodlichtnegatie. In dit geval gaat het om het waarnemen van een signaal doordat deze opvallend is. Dit wordt ook wel *bottom-up processing* genoemd. Hierbij wordt informatie dus niet waargenomen omdat deze op een bepaalde plek verwacht wordt (zoals bij *top-down processing* het geval is) maar omdat de waarneembaarheid van het signaal groot genoeg is om aandacht te trekken. Aandacht kan op deze manier ook naar een nieuw object getrokken worden (Pashler, Johnston & Ruthruff, 2001). Een recent geplaatst bord met nieuwe informatie kan dus aandacht trekken en weggebruikers van informatie voorzien. Voor de bewuste roodrijders is het effectiever om gebruik te maken van handhaving zoals roodlichtcamera's voor gemotoriseerd verkeer of een andere manier van controle (Bonneson, Brewer & Zimmerman, 2001). Zo blijkt uit verschillende onderzoeken dat roodlichtnegatie vermindert na installatie van roodlichtcamera's (Retting, Ferguson & Farmer, 2008; Lum & Wong, 2003; McCartt & Hu, 2014) of bij aanwezigheid van politiecontrole (Oei et al., 1997). Voor het langzaam verkeer kwam uit onderzoek dat een bord waarmee sociale controle wordt uitgeoefend op mogelijke roodrijders zorgt voor minder roodlichtnegatie (Rooij & Dam, 2010). Dat weggebruikers na plaatsing van een dergelijk bord of roodlichtcamera's vaker stoppen lijkt te wijzen op een grote proportie bewuste roodrijders. Over de grootte van deze groep zijn echter geen statistieken of onderzoeken gevonden. Hoewel sommige interventies (roodlichtcamera's) zeer effectief blijken, kan het toch van belang zijn om een indicatie te hebben van de proportie bewuste en onbewuste roodlichtnegatie. Toekomstige maatregelen voor bijvoorbeeld langzaam verkeer (voetgangers, fietsers) kunnen wellicht hierop gebaseerd of hiermee geoptimaliseerd worden.

Huidig onderzoek

Huidig onderzoek is opgesplitst in twee verschillende studies. De eerste studie is een descriptief onderzoek waarbij gekeken wordt naar verschillende factoren van zowel de weggebruikers die het licht negeren als ook de weggebruikers die stoppen voor het licht. In dit onderzoek gaat het specifiek om roodlichtnegatie en roodlichtopvolging bij een brug en de factoren die hier mogelijk van invloed op zijn. Op basis van bovengenoemde literatuur is de verwachting dat leeftijd, geslacht, weersomstandigheden en gedrag van andere weggebruikers van invloed zijn op roodlichtnegatie. Zo wordt er een grotere kans op roodlichtnegatie verwacht bij mannen, jongeren, slecht weer, wanneer er geen andere weggebruikers aanwezig zijn en wanneer anderen het rode

licht negeren. Daarnaast wordt in deze studie getracht om een indicatie te geven van de proportie bewuste roodlichtnegatie. Op basis van afname in roodlichtnegatie na plaatsing van bepaalde borden of roodlichtcamera's in de eerder genoemde onderzoeken wordt er verwacht dat er meer bewuste dan niet-bewuste roodlichtnegatie plaatsvindt. Tot slot wordt onderzocht of bewuste roodlichtnegatie een functie is van bepaalde weersomstandigheden of één van de brugzijden. Zo zou bewuste roodlichtnegatie vaker voor kunnen komen bij regenachtig weer. Daarnaast kan een weggebruiker naar informatie zoeken op basis van verwachting en op deze manier waarnemen: *top-down processing* (Pashler, Johnston & Ruthruff, 2001). In Nederland worden borden, lichten en andere informatie meestal aan de rechterkant van de weg geplaatst. Op het moment dat informatie zich bevindt op een plek waar een weggebruiker dit niet verwacht, zal de informatie minder waargenomen worden. Aangezien aan één brugzijde het bruglicht aan de linkerkant van de weg is geplaatst (tegen verwachting in), kan er worden verwacht dat onbewuste roodlichtnegatie vaker voor komt bij de brugzijde waar het licht aan de linkerkant van de weg is geplaatst.

Als tweede studie is een toegepast onderzoek uitgevoerd waarbij is gekeken of roodlichtnegatie vermindert door een maatregel te implementeren. Volgens het kader *Veilig Onderbreken van Landverkeer bij Brugopeningen* moet er bij iedere beweegbare brug een bord staan welke waarschuwt voor de aanwezigheid van een brug die open kan (Beumer & Bokma, 2014). Daarnaast moet bij automatisch dalende slagbomen een onderbord aanwezig zijn waarop de tekst "slagbomen dalen automatisch" staat. Uit voorbeschouwing blijkt dat bij de geteste brug beide borden niet aanwezig waren en dat de brugbedienaar de slagboom vaak halverwege het dalen stopte zodat weggebruikers, het rode licht negerend, de overkant konden bereiken. Het is dus mogelijk dat de weggebruikers ervan uitgaan dat de brugbedienaar kiest wanneer de slagbomen naar beneden komen en dat dit dus niet automatisch gebeurt. Het plaatsen van een nieuw bord zal de aandacht trekken en de weggebruikers van informatie voorzien over de slagbomen. De informatie zal aangeven dat de slagbomen automatisch dalen en hiermee impliciet aangeven dat er gestopt moet worden voordat de slagbomen naar beneden komen. Op basis hiervan is de verwachting dat na plaatsing van de borden roodlichtnegatie vermindert. Voorwaarde is dat de weggebruikers de borden kunnen waarnemen, begrijpen en willen opvolgen. Voor het waarnemen kan een probleem zijn dat de borden kunnen zorgen voor *visual clutter*, ofwel visueel lawaai. Dit fenomeen beschrijft het gegeven dat het waarnemen van een stimulus moeilijker wordt wanneer er meer afleidende stimuli aanwezig zijn (Ho et al., 2001). Het rode licht – het expliciete teken om te stoppen voor de brug – zou wellicht minder opvallen door de nieuwe borden, omdat de aandacht van weggebruikers naar deze borden getrokken wordt. Dit zou dan ook kunnen zorgen voor meer roodlichtnegatie en specifiek een grotere proportie onbewuste roodlichtnegatie. Tot slot kan het een probleem zijn als de weggebruiker de implicatie van de borden niet begrijpt of de impliciet bedoelde actie (stoppen voor de slagboom) niet wil opvolgen. Een grotere proportie bewuste roodlichtnegatie zou op dit laatste kunnen wijzen. Omdat er in de tijd tussen studie I en de voormeting van studie II niets aan de brug wordt aangepast, wordt er verwacht dat roodlichtnegatie niet verschilt tussen de voormeting en studie I.

STUDIE I

Methoden

Om te onderzoeken welke factoren de kans op roodlichtnegatie vergroten is een descriptief onderzoek uitgevoerd. Er is bij een brug, toegankelijk voor langzaam verkeer, roodlichtnegatie gemeten met behulp van camerabeelden.

Omgevingskarakteristieken

De selectie van een brug was gebaseerd op een aantal criteria. Allereerst was het van belang dat er voldoende langzaam verkeer zich over de brug begaf en was het belangrijk om voldoende brugopeningen te kunnen meten. Daarnaast moest het mogelijk zijn om camera's te plaatsen aan beide kanten van de brug. De Koningsbrug in Harlingen (Nederland) voldeed aan deze voorwaarden. In Figuur I is een overzicht te zien van de omgeving (zie bijlage II voor een beschrijving van de situatie). De bruglichten (aangegeven met een L) staan bij beide zijden van de brug een aantal meter vóór de slagbomen. Data werd verzameld gedurende 37 ononderbroken dagen in mei en juni 2016, waarop brugopeningen plaatsvonden tussen 7:00 en 21:00 uur. In totaal zijn er 926 brugopeningen bestudeerd. Bij 231 brugopeningen was minimaal één weggebruiker aanwezig met de mogelijkheid om te stoppen voor het rode licht of het licht te negeren en zich toch over de brug te begeven.

Figuur I. Satellietbeeld van de Koningsbrug. Camera-locaties zijn aangegeven met een C, de locaties van de rode lichten met een L en de slagbomen met een S. De onderste rijstrook is de parallelrijbaan (onderzocht in deze studie), de bovenste twee rijstroeken vormen de hoofdrijbaan.



Participanten

Participanten in dit onderzoek zijn gedefinieerd als fietsers, voetgangers en scooters/brommers die zich op de parallelrijbaan begaven, bij aankomst bij de brug het rode licht te zien kregen en de mogelijkheid hadden om te stoppen. Uit vooranalyse bleek dat bijna iedere weggebruiker zich langs het bruglicht begeeft wanneer deze brandt, maar een groot deel stopt vervolgens wel voor de slagboom. In principe kan dit beschouwd worden als het negeren van het rode licht, maar omdat

dit een vertekend beeld zou geven, is voor dit onderzoek roodlichtnegatie als volgt gedefinieerd: wanneer een weggebruiker zich langs het brandende bruglicht begaf en zich vervolgens ook langs de slagboom begaf, werd dit gezien als roodlichtnegatie. Wanneer een weggebruiker zich langs het brandende bruglicht begaf, maar vervolgens stopte voor de slagboom, werd dit gezien als roodlichtopvolging. Weggebruikers die minder dan twee seconden na het aangaan van het bruglicht zich langs het licht begaven, bevonden zich te dicht bij het licht om te stoppen en zijn dus niet meegenomen als participanten. Omdat de slagbomen op de parallelrijbaan na 20 seconden dalen zijn weggebruikers die na meer dan 19 seconden na het aangaan van het bruglicht zich langs het bruglicht begaven niet meegenomen als participanten. Participanten zijn dus de weggebruikers die zich in de "risicoperiode" (2-19 seconden nadat het bruglicht aan ging) zich langs het licht begaven en vervolgens stopten voor de slagboom of zich hier langs begaven. Weggebruikers die binnen deze risicoperiode vóór het bruglicht stopten zijn ook meegenomen.

Tijdens de brugopeningen zijn in totaal 348 verkeersdeelnemers geobserveerd. Leeftijd van de participanten werd geschat in één van de leeftijdsgroepen "jong" (jonger dan 30 jaar), "middelbaar" (tussen 30 en 50 jaar) en "oud" (ouder dan 50 jaar). Van alle participanten zijn er 148 ingeschat als jong, 92 als middelbaar en 92 als oud. Van zeventien participanten (<5%) kon het geslacht niet met voldoende zekerheid geschat worden. Geslacht kon niet geschat worden voor zestien participanten (<5%); 174 werden ingeschat als man en 157 als vrouw. Bijna 90% van de participanten verplaatsten zich op de fiets.

Camerabeelden

Om de participanten te observeren is gebruik gemaakt van twee camera's. Aan beide zijden van de brug werd één camera gepositioneerd zonder dat deze het verkeer hinderde (zie Figuur I). Op de beelden waren de bruglichten, de slagbomen en de weggebruikers te zien (zie Figuur II). Van de camerabeelden is uitsluitend gebruik gemaakt voor dit onderzoek, waarvoor toestemming is gevraagd aan de betreffende privacy coördinator binnen Rijkswaterstaat. In totaal is er per brugzijde 574 uur aan beeldmateriaal verzameld.

Op basis van de camerabeelden zijn verschillende variabelen gecodeerd voor de participanten (Tabel I). Alleen bij duidelijke signalen zoals het harder gaan trappen of vluchtig om zich heen kijken werd roodlichtnegatie als bewust geschat.

Figuur II. Beelden van de geplaatste camera's. Boven een beeld van de camera aan de noordkant (rechts in Figuur I), onder een beeld van de camera aan de zuidkant (links in Figuur I)



Voor het proces van het coderen van de variabelen is de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid gemeten door een onafhankelijke onderzoeker 25 brugopeningen met in totaal 53 participanten te laten coderen. *Cohen's kappa* (voor categorische variabelen) en *intraclass correlatie coëfficiënten* (voor continue variabelen) lagen tussen 0.87 en 0.99, afgezien van de variabelen *leeftijdsgroep* ($\kappa=.786$) en *weer* ($\kappa=.675$). Voor het inschatten van het bewust of onbewust negeren van het rode licht – misschien wel de lastigste en meest subjectieve te coderen variabele – is een Cohen's kappa van $\kappa=.932$ berekend. Op basis van bovenstaande kan het codeerproces als betrouwbaar worden gezien (Landis & Koch, 1977).

Tabel I. Omschrijving van de gecodeerde variabelen.

Variabele	Omschrijving
Gegevens participant	
Geslacht	Geslacht van participant
Leeftijdsgroep	Geschatte leeftijdsgroep (jongeren, middelbare leeftijd of ouderen)
Vervoerswijze	Vervoerswijze van participant (fiets, lopend of scooter)
Brugzijde	De zijde van de brug waar de participant aankomt (noordoostzijde of zuidwestzijde)
Groepsgenoten	Het wel of niet hebben van groepsgenoten bij aankomst brug
Roodlichtnegatie	
Seconden licht	Aantal seconden tussen aangaan rode licht en passeren rode licht
Seconden slagboom	Aantal seconden tussen aangaan rode licht en passeren slagboom
Gedrag overig verkeer	Gedrag (roodlichtnegatie/opvolging) van andere weggebruikers (excl. groepsgenoten)
Aandacht	Schatting op basis van fysieke kenmerken of de participant bewust (harder fietsen, rennen, of vluchtig rondkijken) rood licht negeert of dat dit niet te schatten is.
Situatieve factoren	
Tijdstip	Tijdstip bij aankomst rode bruglicht
Dag	Dag waarop situatie plaatsvond
Weer	Weersomstandigheden tijdens aankomst bij het rode bruglicht (zonnig, neutraal of regenachtig)

Statistische toetsing

Om te onderzoeken welke variabelen invloed hebben op roodlichtnegatie is gebruik gemaakt van SPSS 20.0, waarmee een logistische regressieanalyse is uitgevoerd. Daarnaast is er met behulp van een chi-kwadraattoets gekeken naar de proportie bewuste roodlichtnegatie.

Resultaten

In totaal zijn er 348 participanten geobserveerd waarvan 108 (31%) het rode licht negeerden.

Beschrijvende statistieken

Onder de participanten waren meer jongeren dan mensen van middelbare leeftijd of ouderen, $\chi^2 = 18.892$, $p < .001$. Er waren niet significant meer mannen dan vrouwen en ook per brugzijde verschilde het aantal weggebruikers niet significant. In het weekend (zaterdag en zondag) waren in verhouding minder participanten dan doordeweeks ($\chi^2 = 20.385$, $p < .001$). Zonnig weer werd vaker geobserveerd dan bewolkt en regenachtig weer ($\chi^2 = 144.638$, $p < .001$). Het aantal roodlichtnegaties en de bijbehorende percentages per subcategorie is te zien in Tabel II. Er is een hoger percentage roodlichtnegatie geobserveerd bij mannen ten opzichte van vrouwen (33.9% vs. 24.8%), en bij jongeren ten opzichte van de andere leeftijdsgroepen (36% vs. 25.0% en 21.7%). Aan de zuidwestzijde van de brug is een lagere proportie roodlichtnegatie geobserveerd ten opzichte van de noordoostzijde (25.8% vs. 36.7%).

Tabel II. Aantal roodlichtnegaties en totaal aantal observaties per subcategorie.

	Roodlichtnegatie		Totaal observaties
	Aantal	Percentage	
<i>Geslacht</i>			
Man	59	33.9%	174
Vrouw	39	24.8%	157
onbekend	10	58.8%	17
<i>Leeftijdsgroep</i>			
Jongeren	54	36.5%	148
Middelbaar	23	25.0%	92
Ouderen	20	21.7%	92
onbekend	11	68.8%	16
<i>Vervoerswijze</i>			
Fiets	92	29.8%	309
Lopend	2	14.3%	14
Scooter	14	56.0%	25
<i>Brugzijde</i>			
Noord	61	36.7%	166
Zuid	47	25.8%	182
<i>Weersomstandigheid</i>			
Zonnig	59	29.4%	201
Bewolkt	43	33.6%	128
Regenachtig	6	31.6%	19
<i>Overig verkeer</i>			
Niet aanwezig	80	32.3%	248
Roodlichtopvolging	5	11.6%	43
Roodlichtnegatie	23	40.4%	57
<i>Deel van de week</i>			
Doordeweeks	97	33.8%	287
Weekend	11	18.0%	61
Totaal	108	31.0%	348

Aandacht

Van de 108 weggebruikers die het rode licht negeerden was bij 68 participanten (63%) zeer waarschijnlijk sprake van bewuste roodlichtnegatie en van 40 participanten (37%) was dit niet in te schatten. Er waren zoals verwacht significant meer bewuste roodrijders dan niet-bewuste roodrijders, $\chi^2 = 7.259$, $p = .007$.

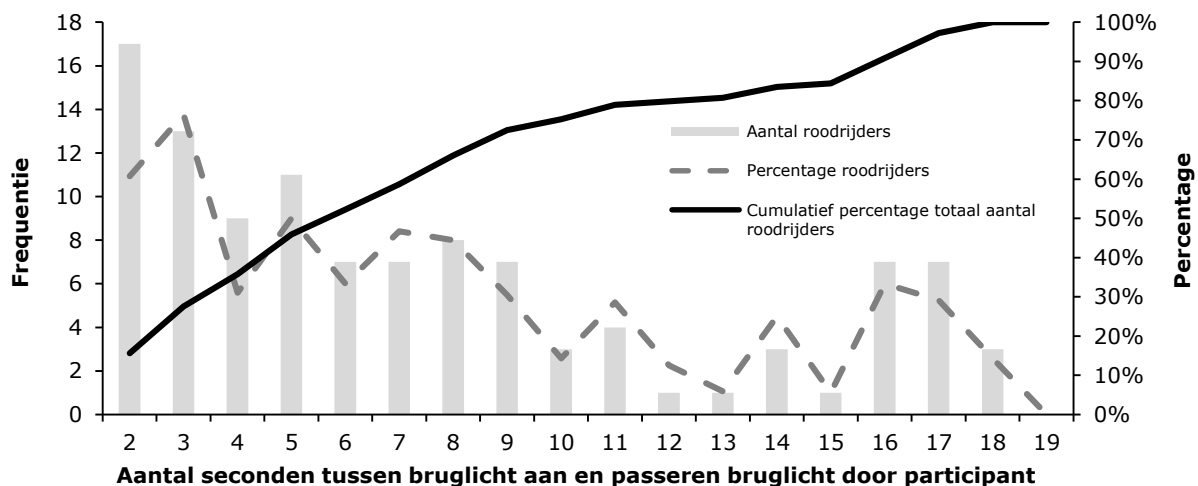
Weersomstandigheden waren niet van invloed op de aandacht van weggebruikers. De proportie bewuste roodlichtnegatie verschilde niet significant tussen zonnig weer (66.1%), bewolkt weer (58.1) en regenachtig weer (66.7%), $\chi^2 = .714$, $p = .700$.

Het aantal weggebruikers dat het rode licht bewust negeerde aan de noordzijde van de brug (62.3%), daar waar het licht aan de linkerkant van de weg staat, verschilde niet significant van het aantal bewuste roodrijders aan de zuidzijde van de brug (63.8%), $\chi^2 = .027$, $p = .870$.

Risicoperiode

Niet iedere roodlichtnegerende participant was op dezelfde afstand van het bruglicht op het moment dat deze ging brandden. Er waren bijvoorbeeld 28 participanten die het rode licht, twee seconden nadat deze aan ging, passeerden. Zeventien (60%) hiervan begaven zich ook langs de slagboom waardoor ze als roodrijders geïdentificeerd werden (Figuur III). Van de 24 participanten die 19 seconden na het aangaan van het licht (één seconde voor het dalen van de slagbomen) zich ter hoogte van het licht begaven, begaf geen enkele participant zich langs de slagboom. De kans op het langs de slagboom rijden vermindert naarmate er meer tijd zit tussen het aangaan van het licht en het passeren hiervan door de participant (donkergrijze stippellijn Figuur III). Ongeveer drie op de vier participanten die het rode licht negeerden begaven zich binnen 10 seconden langs het licht (zwarte lijn Figuur III). Van de participanten die zich binnen 2-9 seconden van de risicoperiode bevonden begaf 45% zich langs de slagboom; voor de participanten in de seconden 10-19 was dit 17%.

Figuur III. Aantal roodlichtnegaties per tijdsperiode. De x-as toont het aantal seconden tussen het aangaan van het licht en het passeren hiervan door de participant. De lichtgrijze balken tonen op de y-as het aantal roodlichtnegaties; de donkergrijze stippellijn toont het bijbehorende percentage roodrijders van het aantal participanten in die seconde; de zwarte lijn toont het cumulatieve percentage van het totaal aantal roodlichtnegaties. Na 20 seconden dalen de slagbomen.



Logistische regressieanalyse

Een logistische regressieanalyse was uitgevoerd om aan de hand van verschillende variabelen de kans te voorspellen dat een participant roodlichtnegatie zou vertonen. Predictor variabelen vanuit de literatuur (zie inleiding) waren geslacht, leeftijdsgroep, weersomstandigheden en het gedrag van overige weggebruikers. Daarnaast zijn deel van de week (weekend vs. doordeweeks), vervoerswijze (fiets vs. lopend vs. brommer/scooter), brugzijde (noord vs. zuid) en 'seconden licht' (het aantal seconden tussen het aangaan van het licht en het passeren van het licht door de participant) meegenomen in het model. Deze variabelen zijn meegenomen omdat chi-kwadraattoetsen tussen de individuele variabelen en roodlichtnegatie significant bleken. Met behulp van de logistische regressieanalyse is geanalyseerd of de variabelen, na te hebben gecontroleerd voor de overige variabelen, nog steeds een significante invloed hebben op roodlichtnegatie.

Het model was statistisch significant, $\chi^2(12, N = 328) = 68.057, p < .001$. Het model verklaarde 26.6% (*Nagelkerke R²*) van de variantie in roodlichtnegatie, en classificeerde 72.6% van de participanten correct. Specificiteit en sensitiviteit waren respectievelijk 90.0% en 30.9%. *Hosmer & Lemeshow* test laat zien dat het model goed past bij de data, $\chi^2 = 9.194, p = .326$.

Tabel III toont de *Wald* statistiek, de *odds ratio* (kansenverhouding) met bijbehorend significantieniveau en het betrouwbaarheidsinterval voor iedere voorspellende variabele. Bij de analyse werd een significantieniveau van $\alpha = .05$ gehanteerd. De odds ratio voor geslacht toont aan dat mannen iets meer dan 1.8 keer meer geneigd zijn om het rode licht te negeren. Omgezette kansenverhoudingen voor leeftijdsgroep laten zien er 2.2 keer meer kans is op roodlichtnegatie wanneer de weggebruiker een jongere is ten opzichte van zowel ouderen (OR: .446) als weggebruikers van middelbare leeftijd (OR: 0.455). Wanneer een weggebruiker bij het rode licht aankomt is de kans op roodlichtnegatie 4 keer zo groot wanneer een andere weggebruiker het rode licht negeert ten opzichte van wanneer een andere weggebruiker staat te wachten voor het rode licht. Er is geen verschil in kans gevonden tussen wanneer er geen overig verkeer aanwezig is en wanneer overige weggebruikers wachten voor het rode licht. Het weer blijkt uit deze analyse ook geen significante voorspeller.

Naast de verwachte variabelen is een aantal andere variabelen voorspellend gebleken. Bij elke seconde extra tussen het aangaan van het rode licht en het passeren van het licht door een weggebruiker verkleint de kans op het passeren van de slagboom (OR: 0.847). Opvallend is dat er een verschil is gevonden tussen beide brugzijden: de kans op roodlichtnegatie aan de noordzijde van de brug was ongeveer 1.8 keer hoger dan aan de zuidzijde. Daarnaast is er ongeveer 2.3 keer meer kans op roodlichtnegatie op een doordeweekse dag ten opzichte van een zaterdag of zondag (OR: .438). Tot slot is de kans bijna 5 keer zo groot (OR: .211) wanneer het om een fietser gaat ten opzichte van een voetganger. Dit verschil was echter marginaal significant ($p = .066$).

Tabel III. Logistische regressie waarden van de predictor variabelen

Predictor	Wald χ^2	Sign.	OR	95% BI
<i>Geslacht</i>				
Man vs. vrouw	4.413	.036	1.817	1.041-3.172
<i>Leeftijdsgroep</i>				
Middelbaar vs. jong	5.235	.022	0.455	0.231-0.893
Oud vs. jong	5.301	.021	0.446	0.224-0.887
<i>Vervoerswijze</i>				
Lopend vs. fiets	3.375	.066	.211	0.040-1.110
Brommer/scooter vs. fiets	.156	.693	1.300	0.354-4.772
<i>Brugzijde</i>				
Noord vs. zuid	4.878	.027	1.857	1.072-3.217
<i>Weer</i>				
Bewolkt vs. zonnig	.204	.652	1.140	0.646-2.011
Regenachtig vs. zonnig	.000	.992	0.994	0.282-3.507
<i>Deel van de week</i>				
Weekend vs. doordeweeks	4.272	.039	0.438	0.201-0.958
<i>Gedrag overig verkeer</i>				
Geen overig verkeer vs. wachtenden	1.330	.249	1.910	0.636-5.736
Overig verkeer RLN vs. wachtenden	5.131	.024	3.989	1.205-13.208
<i>Seconden licht</i>	32.396	.000	0.847	0.800-0.897

STUDIE II

Methoden

Er is een toegepast onderzoek uitgevoerd bij dezelfde brug als in studie I. In dit onderzoek is gekeken of, na het plaatsen van een bord ter waarschuwing van een beweegbare brug en onderbord met de tekst "slagbomen dalen automatisch", roodlichtnegatie vermindert.

Omgevingskarakteristieken

In deze studie is gebruik gemaakt van dezelfde brug als in studie I. In totaal is er op 23 dagen roodlichtnegatie gemeten. Er is geen data van de eerste studie gebruikt. Allereerst is er op 13 opeenvolgende dagen – vrijdag t/m woensdag – roodlichtnegatie gemeten, waarbij de brug zich in de "oude" situatie bevond; geen bebording. Na deze voormeting werden vier borden inclusief onderbord geplaatst (zie Figuur IV). Een aantal dagen na het plaatsen van de borden werd er in de "nieuwe" situatie op 10 dagen (vrijdag t/m zondag) roodlichtnegatie gemeten. Bij de voormeting is gebruikt gemaakt van een langere meetperiode om te voorkomen dat één van de condities significant meer participanten bevatte. Deze voor- en nameting zijn met elkaar vergeleken om het effect van de geplaatste borden te bepalen. In totaal zijn er 750 brugopeningen bestudeerd, waarvan bij 172 langzaam verkeer aanwezig was binnen de risicoperiode (passeren langs het rode licht 2 t/m 19 seconden nadat het licht aan ging). Dit was het geval bij 87 brugopeningen in de voormeting en bij 85 brugopeningen in de nameting.

Figuur IV. Beelden van de noordzijde (links) en de zuidzijde (rechts) van de brug in de nameting met de geplaatste borden J15 (beweegbare brug) en onderborden met de tekst "slagbomen dalen automatisch". Aan beide zijden van de brug zijn de borden tweemaal geplaatst; het bord met onderbord aan de rechterkant van de weg aan de noordzijde zijn net buiten beeld (links).



Camerabeelden

Om roodlichtnegatie te meten is gebruik gemaakt van de beelden van twee camera's, aan beide zijden van de brug opgezet zoals in studie I. In totaal is er 322 uur aan beeldmateriaal verzameld per brugzijde. Op basis van de camerabeelden zijn per participant dezelfde variabelen als in studie I gecodeerd en is meegenomen of de participant zich in de voormeting of nameting bevond.

Participanten

Roodlichtnegatie werd op dezelfde manier gedefinieerd als in studie I: wanneer een weggebruiker de mogelijkheid had om te stoppen voor het rode licht maar zich toch langs de slagboom begaf, werd dit gezien als roodlichtnegatie. Tijdens de brugopeningen zijn in totaal 270 weggebruikers geobserveerd, waarvan 138 in de voor- en 132 in de nameting. Leeftijd van de participanten werd net zoals in studie I geschat in één van drie leeftijdsgroepen: jongeren (jonger dan 30 jaar), middelbare leeftijd (tussen 30 en 50 jaar) en ouderen (ouder dan 50 jaar). In tabel IV zijn de participanten gecategoriseerd naar verschillende variabelen en de twee condities.

Tabel IV. Aantal participanten per subcategorie, opgesplitst naar de voormeting en nameting

	Conditie		Totaal
	Voormeting	Nameting	
Geslacht			
Man	87 (63.1%)	67 (50.8%)	154 (57.0%)
Vrouw	46 (33.3%)	57 (43.2%)	103 (38.2%)
Onbekend	5 (3.6%)	8 (6.0%)	13 (4.8%)
Leeftijdsgroep			
Jongeren	67 (48.6%)	41 (31.1%)	108 (40.0%)
Middelbaar	33 (23.9%)	50 (37.9%)	83 (30.7%)
Ouderen	33 (23.9%)	33 (25.0%)	66 (24.5%)
Onbekend	5 (3.6%)	8 (6.0%)	13 (4.8%)
Vervoerswijze			
Fiets	115 (83.3%)	89 (67.4%)	204 (75.6%)
Lopend	6 (4.4%)	18 (13.6%)	24 (8.9%)
Scoter	17 (12.3%)	25 (18.9%)	42 (15.6%)
Brugzijde			
Noordzijde	69 (50.0%)	82 (62.1%)	151 (44.1%)
Zuidzijde	69 (50.0%)	50 (37.9%)	119 (55.9%)
Totaal	138	132	270

Statistische toetsing

Om te kijken of de geplaatste borden effect hebben op de vertoonde roodlichtnegatie door het langzaam verkeer is er gebruik gemaakt van SPSS 20.0. Met een logistische regressieanalyse is gekeken of een weggebruiker significant vaker het rode licht negeert en de slagbomen passeert als deze zich bevindt in één van de condities. Hierbij is gecorrigeerd voor verschillende andere factoren die significant effect hebben op de kans op roodlichtnegatie zoals is gebleken uit studie 1. Daarnaast is er middels chi-kwadraat toetsen gekeken of de verhoudingen binnen verschillende subcategorieën significant verschilden tussen de twee condities en tussen de voormeting en de resultaten van studie I.

Resultaten

In totaal zijn er 270 weggebruikers geobserveerd. Van de 138 participanten in de voormeting vertoonden 58 (42.0%) roodlichtnegatie. In de nameting waren dit 60 van de 132 (45.5%) participanten.

Beschrijvende statistieken

In verhouding begaven zich meer participanten aan de noordzijde binnen de nameting ten opzichte van de voormeting, $\chi^2 = 4.021$ $p = .045$. Er waren niet significant meer mannen of vrouwen in één van de condities en ook weeromstandigheden verschilden niet. De verhoudingen tussen de verschillende leeftijdsgroepen verschilden tussen de voor- en nameting, $\chi^2 = 9.438$, $p = .009$. Dit komt door het feit dat er geen verschil was tussen leeftijdsgroepen binnen de nameting, maar wel meer jongeren waren ten opzichte van middelbare en oudere participanten in de voormeting, $\chi^2 = 17.383$, $p < .001$. Ook was er een verschil tussen de twee condities wat betreft het aantal participanten in het weekend, $\chi^2 = 9.679$ $p = .002$. Dit komt omdat binnen de nameting in verhouding minder participanten zich doordeweeks over de brug begaven, $\chi^2 = 10.680$, $p = .001$.

Het aantal roodlichtnegaties per conditie en de bijbehorende percentages per subcategorie is te zien in Tabel V. In de nameting is geen significant lagere proportie roodlichtnegatie (45.5%) gemeten dan in de voormeting (42.0%), $\chi^2 = .322$ $p = .571$.

Tabel V. Frequentie roodlichtnegatie in de voor- en nameting, opgesplitst naar verschillende subcategorieën. De zesde kolom toont de percentuele verandering van roodlichtnegatie in de nameting ten opzichte van de roodlichtnegatie in de voormeting.

	Conditie					Totaal
	Voormeting		Nameting			Geobserveerde roodlichtnegaties (%)
	Geobserveerde roodlichtnegaties	Totaal observaties	Geobserveerde roodlichtnegaties	Totaal observaties	$\Delta\%$ t.o.v. voormeting	
<i>Geslacht</i>						
Man	49 (52.9%)	87	40 (59.7%)	67	+ 12.9%	35 (30.4%)
Vrouw	7 (15.2%)	46	18 (31.6%)	57	+ 107.9%	28 (32.9%)
Onbekend	2 (40.0%)	5	2 (25.0%)	8	- 37.5%	
<i>Leeftijdsgroep</i>						
Jongeren	32 (47.8%)	67	23 (56.1%)	41	+ 17.4%	55 (50.9%)
Middelbaar	9 (27.3%)	33	21 (42.0%)	50	+ 53.9%	30 (36.2%)
Ouderen	15 (45.5%)	33	14 (42.4%)	33	- 6.8%	29 (43.9%)
Onbekend	2 (40.0%)	5	2 (25.0%)	8	- 37.5%	4 (30.8%)
<i>Vervoerswijze</i>						
Fiets	50 (43.5%)	115	37 (41.6%)	89	- 4.4%	87 (42.7%)
Lopend	2 (33.3%)	6	8 (44.4%)	18	+ 33.3%	10 (41.7%)
Scooter	6 (35.3%)	17	15 (60.0%)	25	+ 69.9%	21 (50.0%)
<i>Brugzijde</i>						
Noordoost	29 (42.0%)	69	39 (47.6%)	82	+ 13.3%	68 (45.0%)
Zuidwest	29 (42.0%)	69	21 (42.0%)	50	+/- 0.0%	50 (42.0%)
Totaal	58 (42.0%)	138	60 (45.5%)	132	+ 8.3%	118 (43.7%)

Aandacht

Van de 58 participanten die het rode licht negeerden in de voormeting is van 35 (60.3%) geschat dat dit bewust gebeurde. In de nameting waren dit 35 (58.3%) van de 60 participanten. De proportie bewuste roodlichtnegatie verschilde niet tussen de twee condities, $\chi^2 = .049$, $p = .824$. In totaal kon van 48 participanten niet met genoeg zekerheid geschat worden of vertoonde roodlichtnegatie bewust was.

Logistische regressieanalyse

Om te kijken of conditie significante invloed heeft op roodlichtnegatie is een logistische regressieanalyse uitgevoerd. Hiermee kan voorspeld worden dat een participant roodlichtnegatie vertoont op basis van verschillende predictor variabelen, waaronder conditie. Naast conditie zijn op basis van studie I de variabelen geslacht, leeftijdsgroep, brugzijde, deel van de week, gedrag van het overig verkeer en het aantal seconden tussen passeren licht en slagboom meegenomen in het model. Andere variabelen hadden geen significante invloed op het model en zijn daarom niet meegenomen. Het model was statistisch significant, $\chi^2(9, N = 257) = 105.532$, $p < .001$. Het model verklaarde 45.1% (*Nagelkerke R²*) van de variantie in roodlichtnegatie en classificeerde 75.1% van de participanten correct. Specificiteit en sensitiviteit waren respectievelijk 76.9% en 72.8%. *Hosmer & Lemeshow* test laat zien dat het model goed past bij de data, $\chi^2 = 10.047$, $p = .262$.

Tabel VI toont de *Wald* statistiek en het (kansenverhouding) en het betrouwbaarheidsinterval voor iedere voorspellende variabele. Bij de analyse werd een significantieniveau van $\alpha = .05$ gehanteerd. Conditie is niet als significante variabele gevonden voor het voorspellen van roodlichtnegatie. De odds ratio voor geslacht toont aan er bijna 5.8 keer meer kans is dat een weggebruiker het rode licht negeert wanneer deze mannelijk is. Omgezette kansenverhoudingen voor leeftijdsgroep laten zien dat de kans op roodlichtnegatie door een weggebruiker 4 keer groter is wanneer deze jonger dan 30 jaar is ten opzichte van middelbare leeftijd (0.252) en ongeveer 2.7 keer ten opzichte van wanneer de weggebruiker ouder is dan 50 jaar (0.376). Bij elke seconde extra tussen het aangaan van het rode licht en het passeren van het licht door een weggebruiker verkleint de kans op het passeren van de slagboom (0.775).

bijbehorende significantieniveau, de *odds ratio*

Tabel VI. Waarden van de logistische regressie per voorspellende variabele.

Predictor	Wald χ^2	Sign.	OR	95% BI
<i>Conditie</i>				
Nameting vs. voormeting	1.957	.162	1.603	0.828-3.104
<i>Geslacht</i>				
Man vs. vrouw	24.815	.000	5.764	2.894-11.483
<i>Leeftijdsgroep</i>				
Middelbaar vs. jong	11.839	.001	0.252	0.115-0.552
Oud vs. jong	5.462	.019	0.376	0.165-0.854
<i>Brugzijde</i>				
Noord vs. zuid	.225	.635	0.853	0.443-1.644
<i>Deel van de week</i>				
Weekend vs. doordeweeks	0.003	.959	0.982	0.489-1.970
<i>Gedrag overig verkeer</i>				
Geen overig verkeer vs. wachtenden	2.078	.149	0.407	0.120-1.382
Overig verkeer RLN vs. wachtenden	4.267	.039	4.684	1.082-20.274
Seconden licht	40.750	.000	0.775	0.717-0.838

Vergelijking met studie I

Roodlichtnegatie verschilt niet tussen de voor- en nameting. Opvallend is echter dat beide percentages hoger liggen dan het percentage roodlichtnegatie in studie I. Uit analyse blijkt dat roodlichtnegatie significant vaker voor kwam in de voormeting van studie II (42%) ten opzichte van roodlichtnegatie in studie I (31%), $\chi^2 = 5.311$, $p = .021$. Daarnaast is er een verschil in geslacht gevonden: er waren in verhouding meer vrouwen in studie I (47.4%) dan in de voormeting van studie II (34.6%), $\chi^2 = 6.362$, $p = .012$. Tot slot was het in studie I vaker zonnig weer (57.8%) ten opzichte van de voormeting in studie II (37.0%), $\chi^2 = 17.132$, $p = .000$. Overige variabelen verschilden niet tussen de twee metingen.

Bij bovenstaande analyses is niet gecontroleerd voor andere variabelen. Omdat dit wel wordt gedaan bij een logistische regressieanalyse is gekozen om deze uit te voeren over beide datasets (van zowel studie I als studie II). Het model in deze analyse was statistisch significant, $\chi^2(14, N = 585) = 166.080$, $p < .001$. Het model verklaarde 33.9% (*Nagelkerke R²*) van de variantie in roodlichtnegatie en classificeerde 73.8% van de participanten correct. Specificiteit en sensitiviteit waren respectievelijk 82.9% en 57.8%. *Hosmer & Lemeshow* test laat zien dat het model goed past bij de data, $\chi^2 = 8.486$, $p = .388$.

Als wordt gecontroleerd voor de overige variabelen verschilt roodlichtnegatie niet tussen studie I en de voormeting van studie II. Er is echter een bijna 2 keer zo grote kans dat een weggebruiker uit de nameting van studie II het rode licht negeert dan een weggebruiker uit studie I (OR: 1.952). De kans op roodlichtnegatie is 2.7 keer zo groot voor mannen ten opzichte van vrouwen. Jongeren negeren het licht vaker dan zowel oudere weggebruikers (OR: 0.448) als weggebruikers van middelbare leeftijd (OR: 0.365). Een weggebruiker op de brommer of scooter heeft 2.4 keer meer kans op roodlichtnegatie ten opzichte van fietsers. Daarnaast is de kans op roodlichtnegatie 4 keer zo groot als andere weggebruikers het rode licht negeren ten opzichte van als andere weggebruikers staan te wachten voor het licht. Tot slot is wederom gevonden dat de kans op het passeren van de slagboom verkleint bij elke seconde extra tussen het aangaan van het rode licht en het passeren van het licht door een weggebruiker (OR: 0.819).

Tabel III. Logistische regressie waarden van de predictor variabelen

Predictor	Wald χ^2	Sign.	OR	95% BI
<i>Conditie</i>				
Voormeting (II) vs. studie I	2.228	.135	1.466	.887-2.421
Nameting (II) vs. studie I	6.484	.011	1.952	1.166-3.266
<i>Geslacht</i>				
Man vs. vrouw	21.509	.000	2.694	1.772-4.096
<i>Leeftijdsgroep</i>				
Middelbaar vs. jong	15.379	.000	0.365	0.221-0.604
Oud vs. jong	9.656	.002	0.448	0.270-0.743
<i>Vervoerswijze</i>				
Lopend vs. fiets	1.852	.174	.563	0.246-1.288
Brommer/scooter vs. fiets	5.256	.022	2.392	1.135-5.041
<i>Brugzijde</i>				
Noord vs. zuid	2.657	.103	1.401	0.934-2.101
<i>Weer</i>				
Bewolkt vs. zonnig	.401	.527	1.145	0.752-1.744
Regenachtig vs. zonnig	.174	.676	1.213	0.490-3.003
<i>Deel van de week</i>				
Weekend vs. doordeweeks	1.995	.158	0.703	0.430-1.147
<i>Gedrag overig verkeer</i>				
Geen overig verkeer vs. wachtenden	.002	.964	1.018	0.468-2.217
Overig verkeer RLN vs. wachtenden	10.109	.001	4.110	1.720-9.822
<i>Seconden licht</i>	74.527	.000	0.819	0.783-0.857

Discussie

Studie I

In de eerste studie van dit onderzoek is gekeken naar de mate van roodlichtnegatie bij een brugopening, de verschillende factoren die hier van invloed op kunnen zijn en is er getracht te schatten hoe groot de proportie bewuste roodrijders is. Uit analyse van camerabeelden van de brug is gevonden dat roodlichtnegatie voor kwam bij 31% van de fietsers, voetgangers en weggebruikers op een brommer of scooter op de parallelbaan. Deze weggebruikers bevonden zich in de risicoperiode en konden dus redelijkerwijs stoppen voor de slagbomen (roodlichtopvolging). Hoewel de mate van roodlichtnegatie in de literatuur verschilt komt het in deze studie redelijk overeen met wat er gevonden is in eerdere studies in Nederland.

Naar aanleiding van de in de inleiding genoemde literatuur werd verwacht dat een aantal factoren de kans op roodlichtnegatie vergroten. Binnen deze factoren is gevonden dat er meer kans is op roodlichtnegatie wanneer een weggebruiker mannelijk is ten opzichte van vrouwelijk, wanneer een weggebruiker jonger is dan 30 jaar ten opzichte van ouder dan 30 jaar en wanneer andere weggebruikers het rode licht negeren ten opzichte van wanneer andere weggebruikers wachten voor het rode licht. Er zijn geen verschillen gevonden in roodlichtnegatie tussen de verschillende weersomstandigheden of tussen wanneer er geen andere weggebruikers aanwezig ten opzichte van wanneer er andere weggebruikers zijn die wachten. Een opvallend resultaat is het verschil in roodlichtnegatie tussen de brugzijden. Wellicht dat weggebruikers de slagboom aan de zuidkant van de brug minder vaak passeren na het aangaan van de rode lichten omdat het brugwachtershuisje - waar de brugbediener aanwezig is - zich aan deze zijde van de brug bevindt.

Daarnaast verschillen de brugzijden van elkaar wat betreft de plaatsing van de bruglichten. Zo is het bruglicht aan de noordzijde (waar meer roodlichtnegatie voor komt) aan de linkerkant van de weg geplaatst. Dit is tegen de verwachting van de weggebruiker in. Van tevoren werd verwacht dat dit zou kunnen zorgen voor meer onbewuste roodlichtnegatie. Uit de resultaten blijkt dat het aantal bewuste roodlichtnegaties niet verschilde tussen de twee brugzijden, echter kan er met behulp van deze data niets gezegd worden over de proportie onbewuste roodlichtnegatie. Het is dus mogelijk dat onbewuste roodlichtnegatie vaker voor komt bij de noordzijde van de brug en dat dit zorgt voor het verschil in algehele roodlichtnegatie tussen de brugzijden. Het verschil tussen brugzijden is niet gevonden in studie II.

Naast een verschil tussen de brugzijden is er gevonden dat er op doordeweekse dagen (maandag t/m vrijdag) in verhouding vaker roodlichtnegatie voor komt dan in het weekend. Dit kan echter ook het gevolg zijn van het feit dat er in het weekend in verhouding minder participanten zich over de brug begaven ten opzichte van doordeweeks.

Er werd verwacht dat het grootste deel van de weggebruikers die het rode licht negeren dit bewust doen, omdat maatregelen die inspelen op bewuste roodlichtnegatie (roodlichtcamera's en borden) zeer effectief blijken. Uit de resultaten blijkt dat bewuste roodlichtnegatie inderdaad vaker voor komt: 63% van de roodrijders passeerde de slagboom zeer waarschijnlijk bewust, meestal te zien

aan een plotselinge versnelling. Bij ongeveer 37% kon niet met genoeg zekerheid aangegeven worden of het rode licht bewust of onbewust genegeerd werd, wat betekent dat de groep bewuste roodrijders nog veel groter zou kunnen zijn. De proportie bewuste roodlichtnegatie verschilde niet tussen beide brugzijden en ook het weer was niet van invloed op de hoeveelheid bewuste roodlichtnegatie.

Tot slot is gevonden dat de kans op het passeren van de slagboom bij deze brug verkleint naarmate er meer seconden zitten tussen het aangaan van het licht en het passeren van het licht. Van de roodrijders in deze studie negeerde ongeveer 75% het rode licht binnen 9 seconden, gemiddeld 11 seconden voordat de slagbomen voor de parallelbaan dalen. Een mogelijke verklaring hiervoor zou zijn dat ongeveer 8 seconden na het aangaan van de lichten de slagbomen van de hoofdrijbaan beginnen te dalen. Dit verklaart wellicht waarom er vaker roodlichtnegatie voor komt voor dit moment (45%) ten opzichte van na dit moment (17%).

Studie II

De tweede studie van dit onderzoek is gedaan om te kijken of roodlichtnegatie beïnvloed kan worden door geplaatste (verplichte) borden met informatie over de brug en slagbomen. Uit de analyse waarbij voormeting en nameting met elkaar vergeleken zijn blijkt conditie niet als significante variabele, wat betekent dat de borden niet hebben gezorgd voor meer of minder roodlichtnegatie. Een eerste mogelijke verklaring hiervoor was dat de borden zouden zorgen voor *visual clutter* en dat de rode lichten minder goed opgemerkt zouden worden. Deze verklaring gaat echter niet op omdat er geen verschil is gevonden in aandacht tussen de condities; er was niet significant meer bewuste roodlichtnegatie in één van de metingen. Een andere mogelijke verklaring is dat meer weggebruikers bewust worden door de borden, maar dat ook meer weggebruikers hierdoor bewust het rode licht negeren. Dit zou moeten resulteren in een hoger percentage bewuste roodlichtnegatie in de nameting. Dit was niet het geval en dus ook deze mogelijke verklaring gaat niet op.

Omdat er niets is veranderd aan de brug in de tijd tussen studie I en de voormeting van studie II, werden gelijke resultaten wat betreft roodlichtnegatie verwacht. Opvallend is dat in zowel de voormeting (42.0%) als in de nameting (45.5%) roodlichtnegatie vaker voor kwam dan in studie I (31.0%). Het feit dat er significant minder vrouwen in studie II waren ten opzichte van studie I is een mogelijke verklaring hier voor; studie I toont immers aan dat de kans op roodlichtnegatie kleiner is als de weggebruiker vrouwelijk is. Als met behulp van een logistische regressieanalyse wordt gecontroleerd voor andere variabelen (waaronder geslacht), wordt duidelijk dat de kans op roodlichtnegatie gelijk is tussen studie I en de voormeting van studie II. De kans op roodlichtnegatie is echter 2 keer zo groot in de nameting van studie II vergeleken met studie I. Omdat studie I in zekere zin ook beschouwd kan worden als "nulmeting" of "voormeting" lijkt het er op dat de borden voor meer roodlichtnegatie zorgen. Een harde conclusie is hier echter niet aan te verbinden, omdat dit dus niet blijkt uit de vergelijking tussen voor- en nameting in studie II.

Conclusie

Roodlichtnegatie is duidelijk een groot probleem en het komt dan ook veel voor bij verschillende bruggen in Nederland. Ook bij de Koningsbrug in Harlingen negeert bijna één op de drie weggebruikers het rode licht wanneer ze deze tegenkomen, waarna ze hun weg vervolgen over de brug die op het punt staat geopend te worden. Vooral mannen en jongeren hebben een verhoogde kans op dit gedrag en ook het moment van aankomst heeft invloed: hoe langer het licht brandt, des te minder kans er is op roodlichtnegatie. Hierbij lijkt het dalen van de slagbomen op de hoofdrijbaan te zorgen voor een daling in roodlichtnegatie op de parallelrijbaan.

Om de effectiviteit van toekomstige maatregelen tegen roodlichtnegatie te optimaliseren is het, naast bovenstaande conclusies, belangrijk om mee te nemen dat roodlichtnegatie vaak bewust gebeurt. Minimaal drie op de vijf weggebruikers die het rode licht negeren kijken vluchtig om zich heen, trappen extra hard door of gaan rennend i.p.v. lopend de brug over om zo op tijd aan de overkant te komen. Ook in de tweede studie lagen in beide condities de percentages bewuste roodlichtnegatie rond 60%. Deze proportie zou echter nog hoger kunnen liggen, omdat van de overige weggebruikers niet met zekerheid was te schatten of zij bewust of onbewust het licht negeerden. Dat er geen duidelijke indicatie was bij weggebruikers van bewuste roodlichtnegatie (harder trappen bijvoorbeeld) betekent niet dat al deze weggebruikers onbewust het rode licht passeerden. Dit betekent voor studie I dat onbewuste roodlichtnegatie 0-37% van de totale roodlichtnegatie bedraagt.

In dit onderzoek is getracht om roodlichtnegatie te verminderen door borden te plaatsen die verwijzen naar een mogelijke brugopening en het feit dat de slagbomen automatisch dalen. Dit heeft echter geen invloed gehad op vertoonde roodlichtnegatie bij de huidige brug. Nadere analyse spreekt dit echter tegen, omdat er – tegen verwachting in – meer kans op roodlichtnegatie bleek in de nameting van studie II ten opzichte van studie I. Hier zijn echter geen harde conclusies aan te verbinden omdat de voor- en nameting binnen studie II niet verschillen. Wellicht dat een grotere dataset in een vervolgstudie een representatiever beeld kan geven dan de huidige studie.

Volgens Langland-Orban en collega's (2011) hebben roodlichtcamera's en andere vormen van controle (zoals borden) invloed op weggebruikers die bewust het rode licht negeren, maar helpen deze maatregelen niet tegen onbewuste roodlichtnegatie. Ondanks dat uit dit onderzoek blijkt dat bewuste roodlichtnegatie vaker voor komt dan onbewuste roodlichtnegatie, zijn de onbewuste roodrijders misschien wel prioriteit voor een beheerder van verkeersveiligheid als Rijkswaterstaat. Onbewuste roodlichtnegatie betekent namelijk dat een weggebruiker zich niet bewust is van de situatie en haar bijbehorende gevaren, terwijl iedere weggebruiker adequaat geïnformeerd zou moeten zijn door de (weg)beheerder over de situatie waarin diegene zich bevindt.

Vervolgonderzoek

Omdat onbewuste roodlichtnegatie de eerste prioriteit zou moeten zijn voor Rijkswaterstaat is het van belang om methoden te ontwikkelen en testen die onbewuste roodlichtnegatie tegen gaan. Zo kan het interessant zijn om bijvoorbeeld, naar aanleiding van het genoemde ongeval bij de Den Uylbrug in Zaandam, te onderzoeken of een akoestisch signaal tijdens het rode licht de attentiewaarde van het stopsignaal vergroot en daarmee onbewuste roodlichtnegatie vermindert.

Het is echter erg lastig om specifiek onbewuste roodlichtnegatie te meten. Wellicht zou een longitudinaal onderzoek kunnen uitwijzen of deze interventie invloed zou kunnen hebben op algehele roodlichtnegatie en zou een kwalitatief of fundamenteel onderzoek kunnen aantonen dat onbewuste roodlichtnegatie vermindert met behulp van een akoestisch signaal. Het gegeven dat in dit onderzoek niet met zekerheid roodlichtnegatie als onbewust bestempeld kon worden ligt misschien aan het feit dat bij deze brug al tijdens het rode licht een akoestisch klonk. Hierdoor wordt naast visueel ook auditief de aandacht van de weggebruiker getrokken, waardoor er wellicht helemaal geen onbewuste roodlichtnegatie bij deze brug voor kwam. Vandaar dat het voor Rijkswaterstaat van grote waarde kan zijn om dit te onderzoeken.

Het opmerkelijke verschil in roodlichtnegatie tussen de twee zijden van de brug zou verder onderzocht moeten worden. De verklaring dat de brugbedienaar aanwezig is aan de kant waar minder roodlichtnegatie voor kwam kan tegengesproken worden door het onderzoek van Hooijdonk (2016). In dit onderzoek is alleen gebruik gemaakt van bruggen die op afstand bestuurd werden (en waar dus geen bedienaar aanwezig was) en ook in dat onderzoek gebeurde roodlichtnegatie in ongeveer één op de drie gevallen. De methoden verschillen echter van dit onderzoek. Onderzoek bij meerdere bruggen met verschillende manieren van bedienen zou een uitkomst zijn. Daarnaast zou de proportie onbewuste roodlichtnegatie groter kunnen zijn aan de noordzijde van de brug, echter was het niet mogelijk om in dit onderzoek roodrijders te classificeren als "onbewust". Omdat onbewuste roodlichtnegatie juist van belang is voor een wegbeheerder als Rijkswaterstaat is het goed om een methode te ontwikkelen waarmee dit gemeten kan worden.

Het is van belang om bij onderzoek naar een mogelijke maatregel de omgeving bij de brug op de interventie na zo gelijk mogelijk te houden in verschillende condities. In dit onderzoek zijn bijvoorbeeld tijdens de nameting de bosjes naast het bruglicht aan de noordkant gesnoeid en is een gat gegraven een aantal meter voor het bruglicht aan de zuidkant. Deze ongeplande aanpassingen hebben wellicht invloed gehad op het wel of niet opmerken van de stopsignalen en daarmee de roodlichtnegatie. Daarnaast is de brug uit dit onderzoek een uitzondering op de standaard qua ontwerp. Naast afwezige belijning bevinden de slagbomen zich namelijk meerdere meters voorbij de bruglichten, terwijl bij veel bruggen in Nederland de lichten direct voor de slagbomen staan. Dit maakte het definiëren van roodlichtnegatie enigszins ambigu voor dit onderzoek, wat in de toekomst wellicht beter voorkomen kan worden. Door deze beperkingen is de vraag hoe representatief de brug uit het onderzoek is voor overige bruggen in Nederland. Hierdoor is het veralgemeniseren van de resultaten enigszins beperkt.

Referenties

- Al-Ghamdi, A. S. (2003). Analysis of Traffic Accidents at Urban Intersections in Riyadh. *Accident Analysis & Prevention*, 35, 717-724.
- American Traffic Solutions (2013). *Red-Light Running Dangers in the United States* [Factsheet]. Opgehaald op 24 maart 2016 van <http://www.atsol.com/wp-content/uploads/2013/10/ATS-RLR-Dangers-Cutsheet-201309-v03.pdf>
- Beumer, S., & Bokma, H. (2014). *Specificatie Veilig Onderbreken van Landverkeer bij Brugopeningen. Onderdeel Landelijke brug- en sluisstandaard*. Utrecht, Nederland: Rijkswaterstaat.
- Bonneson, J. A., Brewer, M. A., & Zimmerman, K. (2001). *Review and Evaluation of Factors that affect the Frequency of Red-Light-Running* (Rapport FHWA/TX-02/4027-1). College Station, TX: Texas Transportation Institute.
- Dienst Infrastructuur Verkeer en Vervoer Gemeente Amsterdam (2012). *Meerjarenplan Verkeersveiligheid 2012-2015*. Opgehaald op 22 maart 2016 van https://www.amsterdam.nl/publish/pages/417743/mjp_verkeersveiligheid_2012-2015_april.pdf
- Greven, J., & Bosveld, W. (2013). *Fietsergernissen, Omnibus 91*. Amsterdam, Nederland: Bureau Onderzoek en Statistiek.
- Ho, G., Scialfa, C. T., Caird, J. K., & Graw, T. (2001). Visual search for traffic signs: The effects of clutter, luminance, and aging. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 43, 194-207.
- Hooijdonk, I. E. M. van (2016). *Stoppen voor rood licht? Dat is een brug te ver! Onderzoek naar mogelijke invloeden op roodlichtnegatie door langzaam verkeer bij bruggen*. Utrecht, Nederland: Rijkswaterstaat.
- Insurance Institute for Highway Safety (2011). *Red light running kills; red light camera's save lives*. [Status Report]. Vol. 46, No. 1. Opgehaald op 24 maart 2016, van <http://www.iihs.org/iihs/sr/statusreport/article/46/1/1>
- Johnson, M., Charlton, J., Oxley, J., & Newstead, S. (2013). Why do cyclists infringe at red lights? An investigation of Australian cyclists' reasons for red light infringement. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 840-847.
- Johnson, M., Newstead, S., Charlton, J., & Oxley, J. (2011). Riding through red lights: the rate, characteristics and risk factors of non-compliant urban commuter cyclists. *Accident Analysis & Prevention*, 43, 323-328.
- Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-174.
- Langland-Orban, B., Large, J. T. & Pracht, E. E. (2011). An Update on Red Light Camera Research: The Need for Federal Standards in the Interest of Public Safety. *Florida Public Health Review*, 8, 1-9
- Lum, K. M., & Wong, Y. D. (2003). Impacts of red light camera on violation characteristics. *Journal of transportation engineering*, 129, 648-656.
- McCartt, A. T., & Hu, W. (2014). Effects of red light camera enforcement on red light violations in Arlington County, Virginia. *Journal of safety research*, 48, 57-62.
- Meel, E. van der (2013). *Red Light Running by Cyclists: Which factors influence the red light running by cyclists?* (Proefschrift, Technische Universiteit Delft). Opgehaald op 24 maart 2016 van <http://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:1242ee85-a041-44c5-b291-2b0dddc82ed0/datastream/OBJ/download>
- Oei, H.-L., Catshoek, J.W.D., Bos, J.M.J. & Varkevisser, G.A. (1997). *Project Roodlicht en Snelheid PROROS; Evaluatie van het toezicht op snelheids- en roodlicht-overtredingen in Amsterdam in het kader van PROROS (1993-1997)*. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV; Leidschendam.
- Onderzoeksraad voor Veiligheid. (2016). *Ongeval Den Uylbrug, Zaandam. Meer dan de som der delen*. Opgehaald op 2 maart 2016 van <http://www.onderzoeksraad.nl/uploads/phasedocs/1167/4dfc09f32e65rapport-den-uylbrug-nl-interactief.pdf>
- Pashler, H., Johnston, J. C., & Ruthruff, E. (2001). Attention and performance. *Annual review of psychology*, 52, 629-651.
- Porter, B. E., & England, K. J. (2000). Predicting red-light running behavior: a traffic safety study in three urban settings. *Journal of Safety Research*, 31, 1-8.

- Porter, B. E., & Berry, T. (2001). A nationwide survey of self-reported red light running: measuring, prevalence, predictors, and perceived consequences. *Analysis and prevention, 33*, 735-741.
- Retting, R. A., Ferguson, S. A., & Farmer, C. M. (2008). Reducing red light running through longer yellow signal timing and red light camera enforcement: results of a field investigation. *Accident Analysis & Prevention, 40*, 327-333.
- Retting, R. A., Ulmer, R. G., & Williams, A. F. (1999). Prevalence and Characteristics of Red Light Running Crashes in the United States. *Accident Analysis & Prevention, 31*, 687-694.
- Retting, R. A., & Williams, A. F. (1996). Characteristics of Red Light Violators: Results of a Field Investigation. *Journal of Safety Research, 27*, 9-15.
- Retting, R. A., Williams, A. F., Preusser, D. F., & Weinstein, H. B. (1995). Classifying urban crashes for countermeasure development. *Accident Analysis & Prevention, 27*, 283-294.
- Rooij, N. de, & Dam, B. van (2010). *Een kijk op roodlichtrijders: De ontwikkeling van een communicatieve interventie voor de vermindering van roodlichtnegatie door fietsers in Amsterdam*. Amsterdam, Nederland: Tabula Rasa.
- Rosenbloom, R. (2009). Crossing at a red light: behavior of individuals and groups. *Transportation research part F: traffic psychology and behavior, 12*, 389-394.
- Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (2011). *Effecten van Politietoezicht op het gebruik van beveiligingsmiddelen, bromfietshelmen en op roodlichtovertredingen*. [Factsheet]. Leidschendam, Nederland: SWOV.
- Wu, C., Yao, L., & Zhang, K. (2012). The red-light running behavior of electric bike riders and cyclists at urban intersections in China: an observational study. *Accident Analysis & Prevention, 49*, 186-192.
- Zhang, Y., & Wu, C. (2013). The effects of sunshields on red light running behavior of cyclists and electric bike riders. *Accident Analysis & Prevention, 52*, 210-218.

Bijlage I. Het proces van het openen van een brug

Omdat er binnen het vaar- en wegennetwerk zoveel mogelijk wordt gestreefd naar uniformiteit, is ook voor het openen van bruggen en het bijbehorende stoppen van het landverkeer een kader opgesteld: *Veilig Onderbreken Landverkeer bij Brugopeningen*. In dit kader staat het gehele proces van het openen van een brug beschreven. Voordat een brug geopend kan worden moeten een aantal stappen voltooid zijn.

- *Het landverkeer dient gewaarschuwd te worden voor het naderen van een beweegbare brug*. Dit gebeurt door middel van het bord J15 bij wegen zonder matrixborden. Dit bord staat er dus altijd, ook als de brug niet open gaat of staat. Bij wegen met matrixborden is dit niet het geval.
- *Voorwaarschuwen ten behoeve van brugopening*. Dit gebeurt op wegen met MTM door middel van "verschijndisplays J15", en op wegen zonder MTM door middel van voorwaarschuwingssignalen (lichten boven bord J15). Wegen binnen bebouwde kom kennen geen dynamisch voorwaarschuwingssysteem.
- *Waarschuwen voor filevorming*: door een brugopening kan een file ontstaan. Voor deze file wordt gewaarschuwd door middel van de MTM, gele lampen van de voorwaarschuwingssignalen of door lokale filebeveiliging.
- *Stoppen van het landverkeer*: het tot stoppen brengen van het landverkeer gebeurt middels de rode bruglichten, de stopstreep en de lichten op de slagbomen. De fase waarin dit gebeurt wordt ook wel de Rood Voor Afsluitingsfase (RVA) genoemd.
- *Afsluiten van de brug*: dit gebeurt met behulp van slagbomen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen aanrijbomen, die de brug afsluiten vanuit de naderingsrichting, en afrijbomen, die de brug afsluiten na het passeren van de brug. De aanrijboom sluit als eerste, daarna sluiten de afrijbomen. Een gecombineerde aan- en afrijboom sluit het gehele weggedeelte af (bijvoorbeeld bij voetpad). Bij fietspaden wordt gebruikt gemaakt van aparte aan- en afrijbomen om zo op tijd de fietsers te laten stoppen en zich nog op de brug begevende fietsers de mogelijkheid te geven om veilig de brug te verlaten.
 - o Om het verkeer te laten weten dat de slagbomen in beweging gezet worden klinkt vanaf twee seconden vóór tot twee seconden ná het bewegen van de slagbomen een akoestisch signaal.
 - o Om het bewegen van de slagbomen aan te geven zijn ook lichten op de slagbomen geplaatst.
 - o Kruismarkeringen op het wegdek attenderen het verkeer op het bereik van de slagbomen.

Nadat bovenstaande stappen zijn voltooid wordt de brug geschouwd (bekeken door de bedienaar). Als de gehele brug vrij van verkeer is wordt het brugdek in beweging gezet. Zie voor het proces van het openen van de Koningsbrug Bijlage II.

Bijlage II. Situatie Koningsbrug

De Koningsbrug bevindt zich in de N31 tussen Harlingen en Midlum (Nederland). De weg bestaat uit een hoofdrijbaan met twee rijstroken (elk één kant op) en een parallelweg voor langzaam verkeer. In het onderzoek is enkel naar roodlichtnegatie op de parallelweg gekeken.

Figuur 1. Bovenaanzicht Koningsbrug. Boven de rode streep bevinden zich de twee rijstroken van de hoofdrijbaan, onder de rode streep bevindt zich de parallelweg. Plaatsen van de bruglichten zijn aangegeven met een L, plaatsen van de slagbomen zijn aangegeven met een S.



Het proces van het openen van de Koningsbrug

- Voorwaarschuwingssignalen aan (n.v.t. op parallelweg)
- *Rode bruglichten aan.* Deze duurt ongeveer 8 seconden voor de hoofdrijbaan en 20 seconden voor de parallelweg. Tijdens deze RVA-fase klinkt het akoestisch signaal.
- *Sluiten gecombineerde slagbomen hoofdrijbaan.* Dit gebeurt 8 seconden na aangaan bruglichten en duurt ongeveer 10 seconden.
- *Sluiten gecombineerde slagbomen parallelweg.* Dit gebeurt 20 seconden na aangaan bruglichten en duurt ongeveer 6 seconden.
- *Schouwen brugdek.* Nadat zeker is dat geen weggebruiker zich op het brugdek begeeft wordt de brug geopend.

Bij de Koningsbrug waren een aantal zaken niet volgens de richtlijnen.

- Het akoestisch signaal volgens oude richtlijnen geïnstalleerd, waardoor het tijdens de gehele RVA-fase klonk.
- Er waren geen kruismarkeringen en stopstreep aangebracht op de parallelweg.
- Langzaam verkeer wordt niet gewaarschuwd door bord J15 en onderbord "slagbomen dalen automatisch"; deze zijn niet geplaatst aan de parallelweg.

Daarnaast bevinden de slagbomen zich relatief ver van de bruglichten, wat er voor zorgt dat bijna iedere weggebruiker zich langs het brandende licht begeeft waarna men (niet altijd) stopt voor de slagboom. Tot slot werd het zicht op de openstaande slagbomen belemmerd door lantaarnpalen.